

**ANA PISANI DE FREITAS**

**Investindo na Sustentabilidade Operacional: Melhores Práticas na Tomada de Decisão em Projetos de Sustentação de Capital**

Trabalho de formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do diploma  
de Engenheira de Produção.

**São Paulo  
2023**



**ANA PISANI DE FREITAS**

**Investindo na Sustentabilidade Operacional: Melhores Práticas na Tomada de Decisão em Projetos de Sustentação de Capital**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para a obtenção do diploma  
de Engenheira de Produção.

Orientador: Prof. Doutor Mauro  
Zilbovicius

**São Paulo  
2023**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Pisani de Freitas, Ana**

**Investindo na Sustentabilidade Operacional: Melhores Práticas na Tomada de Decisão em Projetos de Sustentação de Capital / A.P. Freitas -- São Paulo, 2023.**

**127 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Sustaining CapEx 2. Decisão de Investimento 3. Priorização de projetos 4. Gestão de CapEx. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.**

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me apoiaram durante a minha jornada acadêmica. Cada um de vocês teve um papel crucial em me ajudar a chegar até aqui.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Henrique e Dani, que proporcionaram todas as oportunidades que tive e apoiaram os meus sonhos, além de me ensinarem, através de exemplos, a importância e felicidade em ser curiosa sobre o mundo e buscar sempre aprender mais.

Aos meus irmãos, Pedro e Maria, que me acompanham desde sempre, e me orgulham cada dia mais. Vocês tiveram um papel fundamental em construir a Ana de hoje.

Ao Pedro, que rapidamente tornou-se a minha maior referência e admiração, além do companheiro com quem tive a sorte de poder escolher dividir a vida. Pe, você fez com que esses anos fossem leves, divertidos e gostosos, me apoiando em todos os momentos e comemorando minhas conquistas como se fossem suas – saiba que elas são.

À Marina, que esteve comigo em todas as etapas, compartilhando sonhos, preocupações, conquistas e responsabilidades. Ma, sem você isso não teria nem começado.

À Barbara, Carolina e Gabrielle, que me reensinaram o que é ser atleta e o que é ser amiga. Obrigada por todos os momentos dentro e fora d'água. Sem vocês a Poli não teria graça.

Ao resto da minha família na Poli, os Wetrats: vocês uniram minhas duas paixões de maneira indescritível. Obrigada por todos os treinos, risadas, conversas e competições. Que a natação continue sendo uma segunda casa e família para todos que passem por lá. Um agradecimento especial ao Caio, que me apresentou esse mundo e ao Henrique, que compartilhou comigo a responsabilidade por essa equipe tão querida.

Às minhas irmãs francesas, Kaká e Luiza, que me acolheram e fizeram parte de um dos anos mais especiais da minha vida. Que bom que vocês estavam lá.

Ao professor Mauro, que orientou esse trabalho com atenção e dedicação, me ajudando a encontrar um caminho claro em um tema tão amplo e complexo. Espero ter conseguido refletir um pouco desse aprendizado nas próximas páginas.

Ao Rafael e à Marianne, que me ensinaram o que é CapEx e sua relevância para a sustentabilidade operacional das empresas, além de tornarem a minha estadia nas terras francesas mais familiar e desafiadora.

Ao Capitano, por acreditar nesse trabalho desde o início e me ajudar a estruturá-lo, além de ensinar um pouco todos os dias um pouco mais sobre o tema de operações.

Por fim, obrigada a todos os meus professores. Vocês foram fundamentais para que eu pudesse seguir o caminho que eu escolhi.



## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é analisar e comparar as abordagens e critérios usados na tomada de decisão para investimentos em *sustaining* CapEx. Especificamente, busca-se entender como as organizações identificam e selecionam projetos essenciais para manter sua capacidade produtiva e atender à regulações. Diferente dos projetos de investimento tradicionais, os de *sustaining* CapEx frequentemente apresentam ganhos indiretos ou retornos a longo prazo, o que desafia a mensuração direta de seu impacto financeiro.

A metodologia empregada inclui uma revisão bibliográfica sobre investimentos de capital, classificação de projetos de investimento e critérios de decisão. O estudo foca principalmente em indústrias de capital intensivo, com atenção especial à mineração, tendo em vista a maior maturidade das práticas de gestão de *sustaining* CapEx nessa indústria. O diagnóstico foi enriquecido com entrevista com consultor especializado no tema e experiência prática na área, resultando em uma metodologia proposta para cada fase de tomada de decisão - orçamentação, avaliação de projetos alternativos e gestão de portfólio.

Este trabalho contribui para o campo de *sustaining* CapEx ao fornecer uma metodologia consistente para as etapas de tomada de decisão, trazendo discussões acerca das suas melhores práticas para a gestão eficiente. Entre elas estão critérios para a orçamentação eficaz, métodos adequados para a avaliação de projetos alternativos e uma abordagem para a seleção e priorização de projetos de *sustaining* CapEx. Esta pesquisa preenche uma lacuna na literatura acadêmica de CapEx, que até o momento direcionou pouco o foco a esse tipo de investimento.

**Palavras-chave:** *Sustaining* CapEx, Decisão de Investimento, Priorização de projetos, Gestão de CapEx



## ABSTRACT

The primary objective of this study is to analyze and compare the various approaches and criteria used in the decision-making process for sustaining CapEx investments. Specifically, it aims to understand how organizations identify and select critical projects that are essential for maintaining their productive capacity and complying with regulatory requirements. Unlike traditional investment projects, sustaining CapEx projects often yield indirect gains or long-term returns, posing a challenge in directly measuring their financial impact.

The employed methodology includes a literature review of capital investments, the classification of investment projects, and decision-making criteria. The study is particularly focused on capital-intensive industries, with a special emphasis on the mining sector, due to its more advanced practices in sustaining CapEx management. This diagnostic approach was further enriched through an interview with a consultant specialized in this area and practical experience in the field, culminating in a proposed methodology for each phase of the decision-making process. This includes budgeting, the evaluation of alternative projects, and portfolio management.

This research makes contributes to the field of sustaining CapEx by offering a coherent methodology for decision-making phases, incorporating discussions on best practices its efficient management. These include criteria for effective budgeting, methods for evaluating alternative projects, and strategies for the selection and prioritization of sustaining CapEx projects. This study addresses a gap in the academic CapEx literature, which has so far given limited attention to this type of investment.

**Keywords:** Sustaining Capital Expenditure, Investment decision, Project prioritization, Capital Expenditure Management



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 - Estrutura do trabalho .....   | 21  |
| Figura 2 - Matriz de Risco .....   | 25  |
| Figura 3 - Método de alocação de recursos em um portfólio de projetos .....                                    | 30  |
| Figura 4 - Mapa mental do método de priorização através do gráfico bolha.....                                  | 32  |
| Figura 5 - Metodologia de seleção de portfólio de projetos.....  | 33  |
| Figura 6 - Posicionamento do risco de incêndio na matriz de risco.....   | 83  |
| Figura 7 - Posicionamento do risco de incêndio após a aquisição de um sistema de<br>prevenção de incêndio..... | 84  |
| Figura 8 - Posicionamento do risco de incêndio após a aquisição de um sistema de<br>combate a incêndios .....  | 85  |
| Figura 9 - Posicionamento do risco de incêndio após a aquisição de um sistema de<br>alarme de incêndio .....   | 85  |
| Figura 10 - Árvore de decisão para classificação de projetos de <i>Sustaining</i> CapEx                        | 100 |
| Figura 11 - Segmentação dos projetos de <i>sustaining</i> CapEx .....  | 101 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1 - Investimentos de capital nas principais empresas de mineração (2000 - 2022).....   | 62  |
| Gráfico 2 - Segmentação dos investimentos de capital da Vale S.A. (2009 - 2022) [R\$ bilhões] .....  | 63  |
| Gráfico 3 - Proporção dos investimentos de capital de manutenção da Vale S.A (2009-2022) [%] .....   | 64  |
| Gráfico 4 - Proporção dos investimentos de <i>sustaining</i> CapEx das principais empresas de mineração (2009 - 2022) [%].....                               | 65  |
| Gráfico 5 - Proporção dos Investimentos de Capital de Manutenção da Vale S.A em relação ao seus Ativos Totais (2009-2022) [%] .....                          | 66  |
| Gráfico 6 -Proporção dos Investimentos de <i>Sustaining</i> Capex das principais empresas de mineração em relação ao seus Ativos Totais (2009-2022) [%]..... | 67  |
| Gráfico 7 - Relação entre índice de preços de metais do ano Y-2 e investimento total em CapEx .....  | 71  |
| Gráfico 8 - Relação entre índice de preços de metais do ano Y-2 e investimento total em CapEx de expansão.....   | 72  |
| Gráfico 9 - Relação entre índice de preços de metais do ano Y e investimento em <i>sustaining</i> CapEx no mesmo ano .....                                   | 73  |
| Gráfico 10 - Investimento necessário por redução de risco para os diferentes projetos analisados .....   | 89  |
| Gráfico 11 - Curva de investimento necessário para a redução de risco em cada projeto avaliado .....   | 91  |
| Gráfico 12 - Matriz de priorização de projetos regulatórios .....  | 104 |
| Gráfico 13 - Priorização de projetos de <i>Sustaining</i> CapEx .....  | 109 |



## LISTA DE TABELAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 - Quadro comparativo entre gestão de portfólio, programas e projetos .....                              | 27  |
| Tabela 2 - Nota Orientativa sobre métricas não GAAP – All-in <i>Sustaining</i> Costs e All-in Costs .....        | 43  |
| Tabela 3 - Critérios de segmentação dos investimentos .....  | 56  |
| Tabela 4 - Questionário para entrevista com consultor .....  | 58  |
| Tabela 5 - Coeficiente de Determinação entre índice de preços de metais e nível de investimento de capital ..... | 70  |
| Tabela 6 - Exemplo do cálculo de redução de risco .....  | 86  |
| Tabela 7 - Análise de investimento necessário para a redução de risco.....                                       | 89  |
| Tabela 8 - Análise de investimento necessário para a redução de 1% de risco .....                                | 90  |
| Tabela 9 - Exemplo de portfólio de projetos de <i>Sustaining</i> CapEx .....                                     | 102 |
| Tabela 10 - Avaliação de projetos regulatórios.....  | 103 |
| Tabela 11 - Priorização de projetos regulatórios.....  | 105 |
| Tabela 12 - Priorização de projetos mitigadores de risco .....   | 106 |
| Tabela 13 - Priorização de projetos de substituição ou reposição.....  | 107 |
| Tabela 14 - Priorização geral dos projetos de <i>Sustaining</i> CapEx.....                                       | 108 |



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |   |
|-------|---|
| AIC   | <i>All In Costs</i>   |
| AISC  | <i>All In Sustaining Costs</i>  |
| CAE   | Custo Anual Equivalente   |
| CapEx | Gastos de capital ( <i>Capital Expenditures</i> )                             |
| FC    | Fluxo de Caixa  |
| FMCG  | Bens de consumo de giro rápido ( <i>Fast Moving Consumer Goods</i> )          |
| FMI   | Fundo Monetário Internacional   |
| IRR   | <i>Internal Return Rate</i> (TIR)   |
| MDCA  | Avaliação multicritério de decisão ( <i>Multicriteria Decision Analysis</i> ) |
| NFPA  | National Fire Protection Association  |
| OpEx  | Despesas Operacionais ( <i>Operating Expenses</i> )                           |
| P&D   | Pesquisa e Desenvolvimento  |
| PCPS  | <i>Primary Commodity Price System</i>   |
| ROI   | Retorno sobre investimento ( <i>Return on investment</i> )                    |
| TIR   | Taxa de Retorno do Investimento   |
| VF    | Valor Futuro  |
| VP    | Valor Presente  |
| VPL   | Valor Presente Líquido  |
| VSJ   | Valor estatístico de uma lesão ( <i>Value of Statistical Injury</i> )         |
| VSL   | Valor estatístico de uma vida ( <i>Value of Statistical Life</i> )            |
| WGC   | World Gold Council  |

## SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | INTRODUÇÃO .....  | 19 |
| 1.1     | Motivação.....  | 19 |
| 1.2     | Objetivos .....   | 20 |
| 1.3     | Estrutura .....   | 20 |
| 2       | REVISÃO DA LITERATURA.....  | 23 |
| 2.1     | Gestão de Projetos.....   | 23 |
| 2.1.1   | Definição de projeto.....   | 23 |
| 2.1.2   | Análise de Cenários.....  | 24 |
| 2.1.3   | Matriz de Risco .....   | 24 |
| 2.2     | Gestão de Portfólio.....  | 26 |
| 2.3     | Investimentos de Capital (CapEx) .....  | 33 |
| 2.3.1   | Gestão de CapEx.....  | 34 |
| 2.3.2   | Investimento de Capital de Sustentação ( <i>Sustaining CapEx</i> ).....             | 35 |
| 2.3.3   | Dilema Contábil do <i>Sustaining CapEx</i> .....                                    | 38 |
| 2.3.3.1 | <i>All in Sustaining Costs (AISC)</i> .....   | 40 |
| 2.4     | Decisões de investimento de capital .....   | 44 |
| 2.4.1   | Valor Presente Líquido .....  | 44 |
| 2.4.2   | Índice de Retorno .....   | 45 |
| 2.4.3   | Taxa Interna de Retorno (TIR).....  | 45 |
| 2.4.4   | Recuperação de Capital (Payback).....   | 46 |
| 2.4.5   | Recuperação de Capital Descontada ( <i>Discounted Payback</i> ) .....               | 47 |
| 2.4.6   | Considerações sobre o Fluxo de Caixa .....  | 48 |
| 2.4.7   | Custo de Capital .....  | 48 |
| 2.5     | Visão Geral das Operações em Mineração .....  | 49 |
| 2.5.1   | Principais Equipamentos e Infraestruturas.....                                      | 49 |
| 2.5.2   | Operações fundamentais e ciclos .....   | 51 |
| 3       | METODOLOGIA .....   | 53 |
| 3.1     | Etapas da pesquisa.....   | 53 |
| 3.2     | Coleta de dados .....   | 55 |
| 3.2.1   | Ativos Totais e CapEx .....   | 55 |
| 3.2.2   | <i>Sustaining e Growth CapEx</i> .....  | 56 |
| 3.2.3   | Índice de Preço dos Metais ( <i>Metals Price Index, IMF</i> ) .....                 | 57 |
| 3.2.4   | Entrevista com consultor.....   | 57 |
| 3.2.5   | Experiência de estágio.....   | 58 |
| 4       | RESULTADOS.....   | 59 |
| 4.1     | Orçamento e Alocação de investimentos de <i>sustaining Capex</i> .....              | 59 |
| 4.1.1   | <i>Sustaining CapEx</i> e depreciação dos ativos .....                              | 59 |
| 4.1.2   | Análise Histórica do <i>Sustaining CapEx</i> no setor da Mineração .....            | 61 |
| 4.1.3   | Impacto do Preço das Commodities nos Investimentos em <i>Sustaining CapEx</i> ..... | 69 |
| 4.2     | Avaliação de Projetos de <i>Sustaining CapEx</i> .....                              | 76 |
| 4.2.1   | Avaliação de Cenários em Projetos de <i>Sustaining CapEx</i> .....                  | 76 |
| 4.2.2   | Avaliação de projetos com ganhos financeiros mensuráveis.....                       | 78 |
| 4.2.3   | Avaliação de projetos com ganhos qualitativos .....                                 | 82 |
| 4.2     | Gestão de Portfólio de Projetos de <i>Sustaining CapEx</i> .....                    | 94 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.2.1 | Análise Comparativa sobre a gestão de portfólio de Projetos de <i>Sustaining</i> CapEx95  |     |
| 4.2.2 | Proposta de metodologia para gestão de portfólio de projetos de <i>sustaining</i> CapEx98 |     |
| 5     | CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES .....  | 111 |
| 6     | PRÓXIMOS PASSOS.....  | 113 |
|       | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 115 |
|       | APÊNDICE A – Ativos Totais e CapEx (2000 – 2022) .....                                    | 121 |
|       | APÊNDICE B – <i>Sustaining</i> e <i>Growth</i> CapEx (2009 – 2022) .....                  | 125 |
|       | APÊNDICE C – <i>Metals Price Index</i> (IMF PCPS) .....                                   | 127 |

## 1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta de maneira resumida, o escopo do trabalho, incluindo as razões que motivaram a pesquisa, seus principais objetivos e estrutura.

### 1.1 Motivação

A motivação para a realização desta pesquisa surgiu durante um estágio na área de gestão de CapEx em uma grande empresa multinacional do setor de bens de consumo de giro rápido (FMCG). Essa experiência foi realizada em um contexto de intercâmbio internacional, a autora teve a oportunidade de trabalhar diretamente com a equipe global responsável pela definição do orçamento de CapEx destinado a diferentes zonas geográficas, bem como na avaliação de projetos de investimento. Uma de suas principais responsabilidades foi a elaboração de um modelo de previsão das necessidades de *sustaining* CapEx para o ano seguinte. Este projeto teve o intuito de garantir a manutenção da capacidade produtiva e a sustentabilidade das operações das múltiplas fábricas e centros de distribuição da empresa.

Essa experiência despertou interesse em compreender as abordagens de gestão de *sustaining* CapEx em outras organizações. A curiosidade direcionou-se para a forma como os orçamentos são definidos, as metodologias de avaliação de projetos são aplicadas, e como é realizada a gestão do portfólio e a priorização de projetos de sustentação. Constatou-se, através de uma análise exploratória inicial, que, apesar da necessidade fundamental desses investimentos para a manutenção da capacidade operacional e para a sustentabilidade das operações, as metodologias de gestão de *sustaining* CapEx frequentemente não são tão robustas ou bem estruturadas quanto aquelas empregadas no orçamento e na avaliação de projetos de CapEx voltados para a expansão de capacidade.

Esse contraste estabeleceu o principal impulso para este estudo: investigar como as diferentes práticas de gestão de CapEx podem se aplicar no contexto específico de *sustaining* CapEx, tendo em vista a natureza complexa desse tipo de investimento se comparado aos investimentos tradicionais: a dificuldade em medir seus benefícios a longo prazo torna complexa a avaliação e priorização dos seus projetos, em comparação com projetos com ganhos claros. A pesquisa se propõe, portanto, a compreender as melhores práticas e a formular recomendações que possam otimizar o processo de decisão e gestão desses investimentos essenciais, mas muitas vezes subestimados, dentro do planejamento estratégico corporativo.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal do trabalho é comparar e analisar as abordagens e critérios utilizados na tomada de decisões de investimento em projetos de sustentação (*sustaining* CapEx), ou seja, o investimento necessário para manter sua capacidade produtiva e se adequar às regulações existentes nos países em que atua, a fim de identificar as melhores práticas que possam auxiliar as organizações na identificação e seleção adequada dos projetos. Isso inclui principalmente projetos de manutenção, obsolescência e conformidade.

A proposta é abordar uma área de pesquisa que recebeu menos atenção na literatura acadêmica, em comparação com projetos de investimento mais tradicionais. Enquanto há uma quantidade significativa de estudos sobre metodologias financeiras quantitativas para avaliar projetos que resultam em ganhos imediatos de capacidade e eficiência, como *payback*, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), existe uma lacuna em relação à decisão de investimento em projetos de sustentação de capital. Esses projetos frequentemente apresentam ganhos indiretos ou retornos a longo prazo, o que torna mais desafiador mensurar seu impacto financeiro de forma direta. Ainda que mensurar o impacto seja desafiador, adiar ou não concretizar investimentos de CapEx para sustentação traz consigo custos de oportunidade que poderiam prejudicar tanto a integridade quanto a lucratividade do negócio.

Para alcançar o objetivo proposto, o presente trabalho realizará uma revisão da literatura existente sobre os diferentes tipos de investimentos de capital, a classificação dos projetos de investimento de capital e os critérios mais comumente utilizados para a tomada de decisões de investimento. Com base nessa revisão, será proposta uma metodologia de gestão de *sustaining* CapEx, a partir das melhores práticas adotadas para as etapas de orçamentação, seleção e avaliação de projetos de sustentação de capital.

## 1.3 Estrutura

O presente trabalho está estruturado conforme apresentado na figura a seguir:

Figura 1 - Estrutura do trabalho

| <b>Capítulo</b> | <b>Tópico</b>              |
|-----------------|----------------------------|
| Capítulo 1      | Introdução                 |
| Capítulo 2      | Revisão da literatura      |
| Capítulo 3      | Metodologia                |
| Capítulo 4      | Resultados                 |
| Capítulo 5      | Conclusões e contribuições |
| Capítulo 6      | Próximos passos            |
| Capítulo 7      | Referências                |

Fonte: Elaborado pela autora



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre os principais temas abordados durante a pesquisa. Entre eles, se encontram: gestão de projetos, gestão de portfólio, CapEx, decisões de investimento de capital e por fim, uma visão geral das operações na indústria de mineração.

### 2.1 Gestão de Projetos

#### 2.1.1 Definição de projeto

Um projeto é um empreendimento ou conjunto de atividades com características temporárias, início e término bem definidos, que visa alcançar um resultado, produto ou serviço específico. Ao longo dos anos, diferentes autores e organizações ofereceram diversas definições para o termo "projeto". Carvalho e Rabechini (2018) reúnem em seu livro algumas dessas definições:

- Tuman (1983) sugere que um projeto é uma estrutura de pessoas comprometidas com a realização de um objetivo específico. Ele destaca que os projetos possuem elementos únicos associados a riscos elevados, recursos definidos e uma data de conclusão.
- Segundo a ISO 21500 (2012), um projeto é uma sequência de processos, com começo e fim delimitados, realizados com o propósito de alcançar metas preestabelecidas, resultando em entregas específicas.
- Para o PMI (2017), um projeto é entendido como um esforço com duração limitada, voltado para a criação de algo singular, seja um produto, serviço ou resultado.

As definições acima realçam a natureza temporária dos projetos, onde todos têm um início e um término bem estabelecidos. Além disso, enfatiza-se a singularidade dos projetos, onde cada um resulta em algo que é, de certa forma, único.

### **2.1.2 Análise de Cenários**

A análise de cenários é uma técnica que permite identificar e analisar diferentes cenários futuros e seus impactos na organização (Schoemaker, 1995). Com ela, torna-se mais fácil entender como as decisões tomadas hoje podem afetar o futuro. Ela é utilizada em planejamento estratégico, gestão de riscos e tomada de decisões em geral (Schoemaker, 1995).

A análise de cenários é útil porque permite que as organizações se preparem para diferentes futuros e tomem decisões mais informadas. Ao considerar diferentes cenários, é possível identificar riscos e oportunidades que podem não ser óbvios em uma análise mais simplista. (Duinker e Greig, 2007)

### **2.1.3 Matriz de Risco**

A Matriz de Risco é a principal ferramenta para análises qualitativas de riscos. Ela possibilita a classificação dos riscos com base em sua criticidade, utilizando a combinação das escalas de probabilidade e impacto. Geralmente, essa matriz é dividida em zonas que representam a criticidade dos riscos identificados, sendo que o tamanho dessas zonas reflete o limiar de risco aceitável pela corporação. A matriz mais difundida se divide em três zonas de severidade de risco (alto, médio e moderado) e possui 25 células. (Carvalho, M. e Rabechini Jr, 2018)

Figura 2 - Matriz de Risco

|               |             | Impacto     |         |          |        |              |
|---------------|-------------|-------------|---------|----------|--------|--------------|
|               |             | Desprezível | Pequeno | Moderado | Grande | Catastrófico |
| Probabilidade | Quase certo |             |         |          |        |              |
|               | Provável    |             |         |          |        |              |
|               | Possível    |             |         |          |        |              |
|               | Improvável  |             |         |          |        |              |
|               | Raro        |             |         |          |        |              |

Fonte: Adaptada de Carvalho, M. e Rabechini Jr (2018)

Em relação a cada risco, é possível atribuir uma avaliação tanto para o seu impacto quanto para a sua probabilidade, o que permite posicionar o risco em zonas específicas da matriz. Para realizar essa avaliação, é essencial estabelecer critérios bem definidos para classificar os diferentes graus de impacto. Como exemplo, um impacto que resulta em um aumento de custo inferior a 5% pode ser considerado pequeno, entre 5% e 10% moderado, entre 10% e 20% grande, e superior a 20% catastrófico. Os critérios para categorizar o impacto na matriz e seus intervalos devem ser adaptados à natureza de cada risco.

Em relação à probabilidade, também é necessário estabelecer intervalos para quantificar a chance de o evento indesejado ocorrer. Por exemplo, um evento com probabilidade inferior a 10% pode ser classificado como raro, até 30% como improvável, menor que 50% como possível, e assim por diante. Os intervalos de probabilidade associados a cada zona da matriz dependem da disposição da empresa em aceitar níveis de risco.

Multiplicar as avaliações de probabilidade e impacto oferece um indicador do nível de risco associado a cada risco específico.

## 2.2 Gestão de Portfólio

Sebbag (2018) define portfólio como “uma coleção de programas, projetos, subportfólios e operações gerenciado como um grupo para atingir objetivos estratégicos”. Ele ressalta que esses componentes são quantificáveis, podendo ser avaliados e priorizados. Além disso, podem ser relacionados entre si ou não e podem ser independentes ou não. Outra característica importante é que pode-se haver mais de um portfólio, mas para isso, todos os componentes do mesmo precisam ter o mesmo objetivo final.

Carvalho e Rabechini Junior (2019) definem gestão de portfólio de projetos como um conjunto de modelos, procedimentos e processos que visam administrar um conjunto de projetos de forma sistêmica. Segundo os autores, a gestão de portfólio estrutura e coordena os componentes do portfólio de projetos, com o intuito de atingir as metas das empresas.

A tabela a seguir apresenta uma comparação entre a administração de portfólios e a de programas e projetos, baseando-se na estrutura fornecida pela norma do PMI (Sebbag, 2018):

Tabela 1 - Quadro comparativo entre gestão de portfólio, programas e projetos

|                                 | <b>Projeto</b>  | <b>Programa</b>   | <b>Portfólio</b>   |
|---------------------------------|---|---|--|
| <b>ESCOPO</b>                   | Objetivos/resultados definidos e escopos progressivamente elaborados  | Escopo amplo e variável; benefícios incrementais são o foco                                     | Escopo do portfólio variável conforme mudam os componentes e as estratégias                                |
| <b>MUDANÇA</b>                  | Mudança é esperada, gerida e controlada por meio de processos implementados   | Mudanças esperadas tanto internas quanto externas visando otimizar benefícios                   | Continuamente monitoram mudanças no ambiente externo   |
| <b>PLANEJAMENTO</b>             | Gestores elaboram e revisam planos detalhados   | Gestores elaboram um plano global e macro para guiar os planos dos projetos                     | Gestores criam e mantêm processos e comunicação relativa ao portfólio                                      |
| <b>GESTÃO</b>                   | Gerenciam equipe para atingir objetivos do projeto  | Coordenam componentes visando assegurar benefícios como planejado                               | Gerenciam seu staff, se existir e gerenciam a informação reportada pelos gestores dos programas e projetos |
| <b>MONITORAMENTO E CONTROLE</b> | Trabalho  | Objetivos globais, cronogramas, orçamentos e benefícios   | Mudanças em estratégias, alocação de recursos, desempenho e risco  |
| <b>SUCESSO</b>                  | Medido pela: qualidade do produto e do projeto, cumprimento de prazos, aderência ao orçamento e satisfação do cliente | Medido pelo grau que o programa fornece benefícios, e pela eficiência e efetividade da execução | Medido em termos do desempenho do investimento agregado e pela realização dos benefícios do portfólio      |

Fonte: Adaptado de Sebbag (2018)

A gestão de portfólio de projetos é importante porque permite que as empresas gerenciem seus projetos de forma mais eficiente e eficaz, garantindo que os recursos estejam sendo alocados de forma adequada e que os projetos estejam alinhados com a estratégia da empresa (Carvalho e Rabechini Junior, 2008).

As organizações se deparam com diversas oportunidades de investimentos de capital, mas possuem recursos limitados, formalizados pela determinação de um orçamento. Com isso, um dos principais desafios no planejamento do portfólio de projetos torna-se decidir quais projetos serão conduzidos em um período específico

(Lock, 2018). Outro desafio importante é a alocação dos recursos necessários, garantindo que aqueles mais importantes e urgentes sejam feitos a tempo.

Além disso, Pinto (2010) ressalta que a chave para o gerenciamento de portfólio é perceber que os projetos da empresa compartilham um objetivo comum e os mesmos recursos escassos. Assim, não se deve gerenciar projetos como entidades diferentes, mesmo que eles tenham vários objetivos, mas sim, considerar o portfólio ativos unificados, já que possuem um objetivo comum, ou seja, maximizar o ganho da organização.

Diante disso, torna-se essencial fazer escolhas entre diferentes projetos e são usados diferentes critérios de priorização (Pinto, 2010).

- *Custo*: Projetos com custos de desenvolvimento mais baixos são prioritários devido ao menor risco inicial.
- *Oportunidade*: A possibilidade de um grande retorno é um forte incentivo para o financiamento.
- *Pressão da Alta Administração*: Pressões políticas ou de gestores com projetos preferidos podem influenciar decisões.
- *Risco*: Os retornos do projeto devem justificar um nível aceitável de risco; projetos muito arriscados devem ser descartados.
- *Encaixe Estratégico*: Todos os projetos são avaliados em termos de complementaridade em relação aos demais projetos do portfólio.
- *Desejo de Equilíbrio do Portfólio*: As empresas podem querer equilibrar iniciativas arriscadas financiando outros projetos. O equilíbrio do portfólio permite que as empresas equilibrem ou neutralizem riscos, explorem oportunidades de mercado alternativas e financiem inovações em outras linhas de produtos.

Na gestão de portfólio de projetos, é importante que todos os projetos sejam avaliados com base no esquema de priorização estabelecido pela empresa. Dentre os variados projetos analisados, os que são eventualmente selecionados para integrar o portfólio são justamente aqueles que prometem oferecer o máximo retorno, sempre levando em consideração as prioridades preestabelecidas (Pinto, 2010).

Determinar prioridades entre os projetos não é uma tarefa fácil. Diferentes stakeholders possuem visões distintas do que é prioridade para a empresa, de acordo com sua função e incentivos. Se questionados sobre as prioridades dos projetos, pode

ser que todos eles sejam classificados como de alta prioridade. Assim, é imperativo que o sistema de priorização estabeleça classificações distintas. Lock (2018) acredita que seja fundamental que o sistema de priorização estabeleça classificações distintas para cada projeto, garantindo uma clara hierarquização, e possibilitando que os projetos sejam comparados com aqueles de mesma natureza. Tendo isso em vista, o autor propõe um método para a alocação de recursos entre os diferentes projetos das organizações.

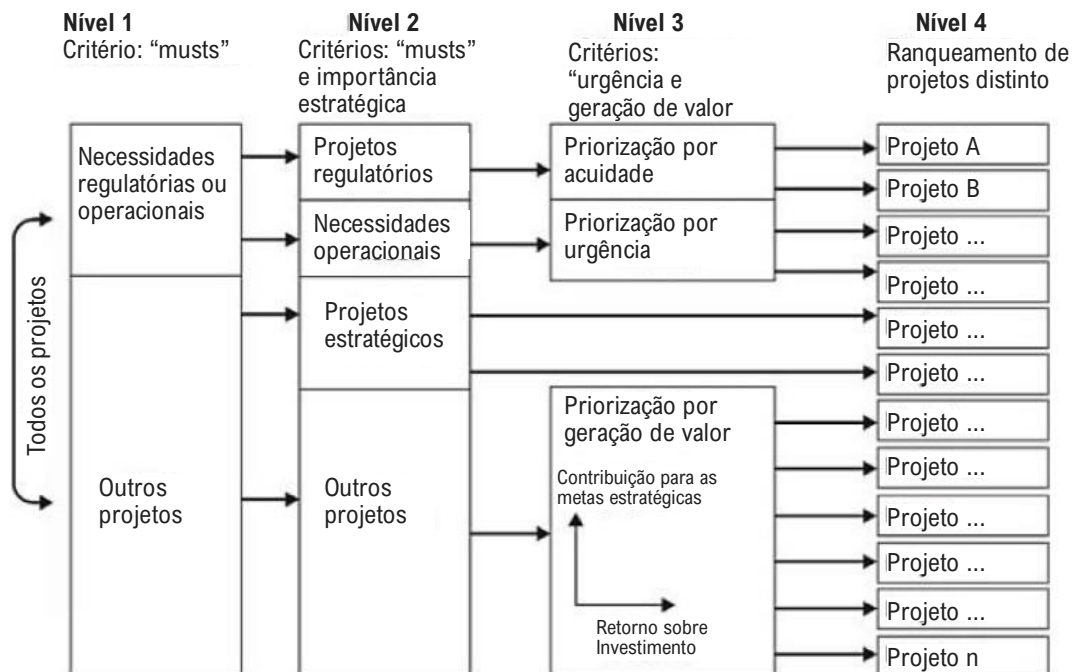
O modelo proposto por Lock (2018) divide inicialmente o portfólio em duas categorias principais: projetos obrigatórios e os demais. Os projetos obrigatórios, de natureza essencial, são aqueles cuja implementação não pode ser evitada ou adiada. Estes, por sua vez, são subclassificados entre projetos regulatórios, que se referem àqueles necessários para cumprir com leis ou regulamentações, e projetos de necessidades operacionais, que visam atender requisitos funcionais ou operacionais essenciais da organização. Esses projetos são tratados necessariamente como prioritários.

Paralelamente, os demais projetos são diferenciados em estratégicos, que estão alinhados com os objetivos a longo prazo da organização, e não-estratégicos, que, embora importantes, não possuem um impacto direto na visão ou missão organizacional.

Esse método pode ser mais claramente ilustrado na figura a seguir:

Figura 3 - Método de alocação de recursos em um portfólio de projetos

### Alocação de Recursos no Portfólio



Fonte: Adaptado de Lock (2018)

No que diz respeito à alocação de recursos, o modelo sugere a utilização de diferentes critérios de priorização, de acordo com o grupo em que o projeto se classifica. Entre eles, menciona-se a acuidade (*acuteness*), a urgência e a contribuição de valor.

A acuidade refere-se à importância imediata ou necessidade crítica de um projeto. O autor sugere que ela seja usada para a priorização entre os projetos que se classificam como regulatórios.

Já a urgência considera o prazo temporal para sua realização. Sugere-se que projetos que tem impacto direto na manutenção da operação atual sejam priorizados de acordo com sua urgência a serem executados.

Adicionalmente, o valor contributivo de um projeto é avaliado com base em sua alinhamento com os objetivos estratégicos da organização e no retorno sobre o investimento (ROI) esperado. Ele pode ser o critério utilizado para avaliar os projetos considerados não estratégicos.

Com base nesses critérios, cria-se um ranking de prioridade de projetos. Ressalta-se que é importante que não existam empates entre os projetos do mesmo grupo, de forma a evitar potenciais conflitos e otimizar as operações.

Mesmo que definidas as prioridades, o autor ressalta a necessidade de revisões frequentes do desenho do portfólio, para que ele atenda às demandas da empresa.

Sebbag (2018) apresenta outro método para a gestão de portfólio e priorização de projetos. Trata-se do gráfico bolha. Esse método baseia-se na priorização de projetos através de uma simples planilha, que classifica os projetos ou programas em diversos critérios associados a sua contribuição estratégica (propósito ou visão) e seu sucesso da execução (efetividade).

Definidos os critérios que serão usados para avaliar os projetos em cada um dos aspectos, é realizada uma avaliação coletiva para a priorização, onde são atribuídas notas de 1-5 para cada um deles. Utiliza-se a moda das notas para minimizar a subjetividade e são excluídos valores discrepantes durante a avaliação para manter a consistência. Apenas depois de avaliados todos os projetos de acordo com os critérios estabelecidos, são definidos pesos para cada um deles, para que evite vieses dos avaliadores ao longo da avaliação.

Além das avaliações em relação a contribuição estratégica e efetividade, considera-se também o investimento associado a cada projeto. Essa medida adicional ajuda a entender o impacto relativo de cada projeto dentro do portfólio total.

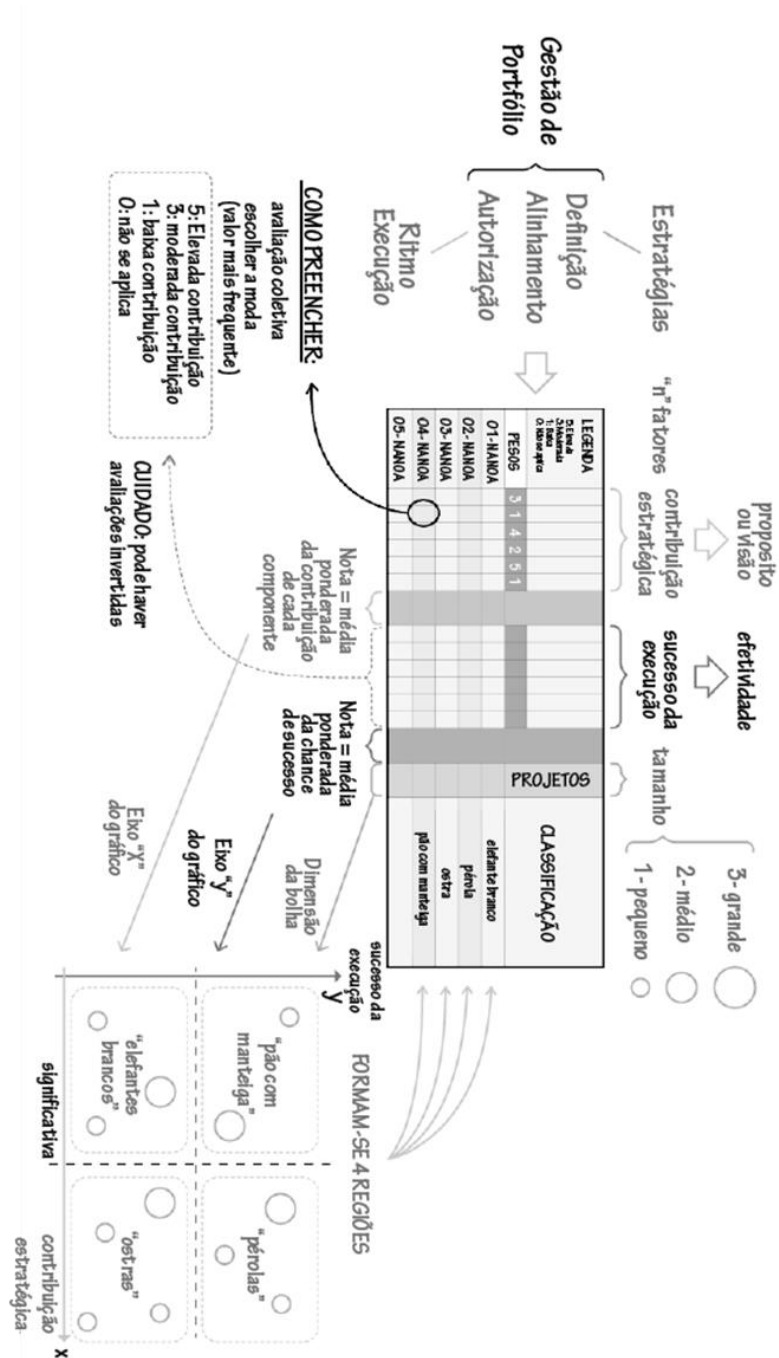
Com esses dados em mãos, a visualização das avaliações em um gráfico-bolha se torna possível, com a contribuição estratégica e a efetividade como eixos e o custo do projeto representado pelo tamanho da bolha. Então, Sebbag (2013) propõe que projetos sejam categorizados em quatro tipos: "elefantes brancos" com baixa pontuação em ambos os eixos, "ostras" com alta importância estratégica mas efetividade incerta, "pão com manteiga" que são eficientes mas não necessariamente estratégicos, e as "pérolas", que são valiosos em ambas as dimensões.

A priorização dos projetos proposta se dá inicialmente pelos classificados como "pérolas", seguidos pelas "ostras" e depois pelos "pão com manteiga". Os "elefantes brancos" geralmente requerem reavaliação ou são candidatos à descontinuação, pois consomem recursos sem oferecer retorno significativo.

Vale ressaltar que este processo não é estático; ele exige revisões periódicas para ajustar a alocação de recursos conforme as mudanças nas estratégias de negócios e nos resultados dos projetos. (Sebbag, 2013)

Esse método pode ser ilustrado pelo mapa mental abaixo:

Figura 4 - Mapa mental do método de priorização através do gráfico bolha

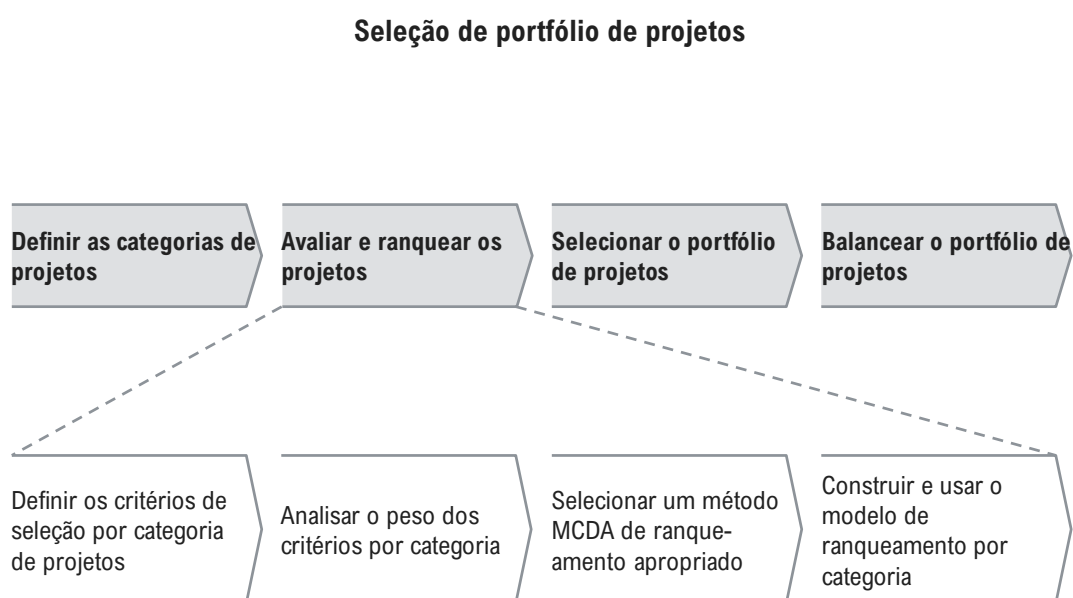


Fonte: Sebbag (2018)

Assim como proposto por Lock (2018), Elbok e Berrado (2020) também ressaltam a importância do agrupamento dos projetos em diferentes categorias para a priorização, evitando a competição injusta entre projetos com objetivos e contextos diferentes e permitindo que os critérios de avaliação de cada categoria sejam alinhados com as necessidades estratégicas específicas de cada categoria de projetos.

O autor defende o uso de métodos de priorização MCDA (Avaliação Multicritério de Decisão) dentro de cada uma das categorias determinadas, que são técnicas que permitem tomar decisões em situações que existem múltiplos critérios a serem considerados.

Figura 5 - Metodologia de seleção de portfólio de projetos



Fonte: Adaptado de Elbok e Berrado (2020)

### 2.3 Investimentos de Capital (CapEx)

As investimentos de capital (CapEx) são fundos usados por uma empresa para comprar, atualizar, expandir, melhorar ou manter ativos de longo prazo para aumentar a eficiência ou a capacidade da empresa. Um ativo só pode ser capitalizado se destinar-se a ser usado de forma sustentável, não ser consumido desde o primeiro uso, seu custo

ou valor puder ser claramente avaliado e trazer benefícios econômicos futuros para a empresa. Inclui a compra de novos equipamentos, máquinas, fábricas, armazéns, móveis, veículos comerciais, software etc.

A decisão sobre quanto uma empresa deve investir em CapEx é extremamente vital e tem um grande impacto sobre o futuro dos negócios, com efeitos de longo prazo. Os gastos de capital levam a organização a atingir suas metas estratégicas de longo prazo, criando mais capacidade e eficiência para suas linhas de produção, além de permitir que a empresa opere de forma sustentável. Portanto, a autorização de gastos de capital deve estar alinhada às metas e aos processos estratégicos da empresa (Corporate Finance Institute, 2023).

Outras características desse tipo de despesa são o fato de ser difícil recuperá-las sem perdas e de exigir altos custos iniciais. Em geral, são muito caras, mas oferecem o potencial de proporcionar benefícios no longo prazo, por meio da aquisição de ativos. Esses ativos estão sujeitos à depreciação, diminuindo de valor durante sua vida útil (Corporate Finance Institute, 2023).

As decisões de CapEx podem enfrentar problemas de medição, uma vez que o processo de identificação, medição e estimativa de custos relacionados ao CapEx é complexo. Eles também são caracterizados por muitas incertezas, ligadas à dificuldade de prever as necessidades de investimento da empresa em um ambiente em constante mudança.

### **2.3.1 Gestão de CapEx**

Dada a importância dessa decisão, uma das etapas mais discutidas no orçamento corporativo são os investimentos de capital. Em muitas empresas de grande porte, o orçamento de CapEx geralmente segue um processo ligeiramente diferente das outras etapas do processo orçamentário, como o orçamento de receita e o Opex. Em geral, o ciclo orçamentário tem um cronograma bem definido. Após uma estimativa inicial feita pelas equipes centrais, as áreas geralmente têm um prazo para fazer suas solicitações de CapEx, e é normal haver regras para que elas sejam acompanhadas de estudos de viabilidade, que podem ser simples ou complexos, dependendo do valor

financeiro envolvido. Essas solicitações são enviadas a uma área ou comitê centralizado, que é responsável por aprová-las (Jeronimo, 2018).

A função desse comitê, ou área, é selecionar entre as várias demandas, de acordo com dois critérios complementares. O primeiro está relacionado ao financeiro, em que são avaliados os valores de investimento e os retornos envolvidos. A segunda responsabilidade é garantir o alinhamento nas aprovações. Isso se deve à possibilidade de haver exigências que, embora financeiramente significativas, podem estar totalmente desalinhadas com o planejamento estratégico da empresa.

A existência dessa etapa de análise para alinhamento estratégico é uma característica muito importante do orçamento de CapEx, que não existe em outras fases do processo orçamentário. Por isso, a área ou o comitê responsável pela análise deve ter um conhecimento profundo da estratégia da empresa para avaliar satisfatoriamente as decisões de investimento. (Jeronimo, 2018)

### **2.3.2 Investimento de Capital de Sustentação (*Sustaining* CapEx)**

De acordo com Achille N. Njike e Mustafa Kumral (2019), o *sustaining* CapEx é um tipo de investimento cujo objetivo é manter a capacidade produtiva de um ativo já existente. Esse tipo de investimento é realizado em ativos que já estão em operação e tem como finalidade manter a sua capacidade produtiva. Geralmente, o *sustaining* CapEx é menor do que o investimento inicial necessário para colocar o ativo em operação.

Durante o ciclo de vida do ativo, os investimentos de *sustaining* CapEx são mais significativos durante a fase intermediária. Essa tendência decorre do fato de que os gastos iniciais são relativamente limitados e as empresas tendem a reduzir os investimentos à medida que o ativo se aproxima do final de sua vida útil.

Esse tipo de investimento possui natureza complexa se comparado aos investimentos tradicionais. No curto prazo, frequentemente, sua ausência não gera impactos imediatos na capacidade e desempenho da estrutura produtiva, sendo as consequências adiadas para períodos posteriores. As implicações da sua ausência abrangem uma gama diversificada de problemas, incluindo desde falhas imprevistas em equipamentos, que provocam interrupções na produção, até o descumprimento de

regulamentações, potencialmente resultando em multas ou mesmo acidentes de trabalho.

Assim, o *sustaining* CapEx carrega uma desvantagem comparativa em relação a outras alternativas de investimento. Em geral, sua realização se concentra na manutenção da situação atual, buscando prevenir possíveis perdas futuras. Embora bem-sucedido nesse propósito, a falta de mensuração quantitativa do risco evitado pela sua realização limita sua competitividade frente a opções mais ambiciosas de alocação de capital.

O *sustaining* CapEx pode ser influenciado por melhorias tecnológicas e de processos que reduzem os custos de manutenção. No entanto, não pode ser adiado indefinidamente, pois sua falta pode levar à perda da capacidade produtiva do ativo.

Esse conceito é amplamente utilizado no contexto da indústria mineradora, onde o *sustaining* CapEx é especialmente relevante. A manutenção dos ativos existentes é fundamental para garantir a continuidade da produção e a sustentabilidade do setor.

Para avaliar projetos de manutenção, segundo Campbell e Reyes-Picknell (2015), as empresas utilizam diversos critérios. Entre eles está a avaliação dos custos e benefícios do projeto, a urgência da manutenção, a frequência de falhas, a idade do equipamento e a disponibilidade de recursos.

O custo benefício compara os custos do projeto com os benefícios esperados com a sua realização. Entre eles, está a expectativa de redução de custos de manutenção futuros, a melhoria da eficiência operacional ou a redução dos riscos de falha do equipamento.

A urgência do projeto de manutenção considera a gravidade da falha que pode ocorrer caso o projeto não seja realizado. Projetos que têm um impacto imediato na segurança dos trabalhadores, ou na integridade do equipamento são normalmente priorizados em relação a projetos com menor urgência.

Uma decisão de investimento com base na frequência de falha privilegia projetos que tem como objetivo prevenir falhas frequentes ou reduzir o tempo de inatividade do equipamento. A idade do equipamento também é um fator importante na tomada de decisão de investimentos em projetos de manutenção. Equipamentos mais antigos são geralmente mais propensos a falhas e podem ser mais caros de manter

do que equipamentos mais novos. Portanto, projetos que visam prolongar a vida útil do equipamento mais antigo podem ser prioritários.

Finalmente, a disponibilidade de recursos financeiros, humanos e de tempo também é considerada um critério importante a ser considerado na tomada de decisão de investimentos nesses projetos. Projetos que requerem menos recursos ou que podem ser concluídos em um curto período de tempo podem ser mais viáveis em relação a projetos que exigem mais recursos e um tempo de execução mais longo (Campbell e Reyes-Picknell, 2015)

De acordo com Dou Jiang (2017), ainda existe uma grande dificuldade em incorporar os investimentos em manutenção e reparo nos modelos econômicos. Isso porque medir e quantificar esses investimentos torna-se um desafio, uma vez que as empresas têm dificuldade de separá-los de gastos recorrentes (OpEx) com manutenção. Além disso, a forma com que elas relatam seus investimentos pode variar, sendo difícil a comparação de dados entre setores.

Adicionalmente, é considerado um desafio prever como variações em investimentos de capital com manutenção e reparo afetarão financeiramente a empresa e por isso, torna-se difícil avaliar seus benefícios. Isso porque os efeitos desses investimentos podem ser complexos e variados.

Um exemplo citado no artigo de Dou Jiang (2017) é o fato de que um aumento desse tipo de investimento pode causar a redução da taxa de depreciação do capital físico, podendo aumentar a produtividade e crescimento econômico a curto prazo. Porém, muitas vezes, ao substituir um investimento em novos equipamentos e tecnologias, existe a possibilidade de prejudicar um crescimento futuro, através de possíveis ganhos adicionais. Dessa maneira, os projetos de manutenção e reparo devem ser comparados com iniciativas de aquisição de novos equipamentos e ganho de eficiência, para que seus benefícios sejam corretamente avaliados. Por fim, a falta de informações precisas sobre o estado do equipamento ou sistema pode tornar difícil avaliar o custo benefício do investimento.

Assim como Dou Jiang, Shane Gowan (2015), destaca que a alocação de capital para investimentos em sustentação de ativos é um desafio enfrentado por diversos setores industriais. No artigo, o autor ressalta que muitas fábricas operam há muito

tempo em ambientes financeiramente restritos, o que torna necessário uma avaliação transparente da necessidade de investimento em sustentação de capital.

Ele também identifica a utilização de uma estrutura de avaliação de risco baseada na consequência e probabilidade de falha dos projetos como fundamental para o auxílio na priorização dos investimentos, garantindo que os problemas mais críticos sejam abordados primeiro.

Segundo Gowan (2015), a avaliação cuidadosa dos ativos e dos riscos associados a eles é essencial para determinar o nível ideal de investimento em sustentação de capital. Isso envolve considerar a sustentabilidade dos ativos, o risco que representam para alcançar as metas operacionais e o investimento necessário para sua manutenção. Finalmente, ele destaca que o nível ideal de investimento pode variar ao longo do tempo, exigindo uma revisão regular da estratégia para garantir sua eficácia e relevância diante das mudanças de mercado e dos novos riscos.

### **2.3.3 Dilema Contábil do *Sustaining* CapEx**

A questão contábil, levantada por Dou Jiang (2017), é fundamental, ao se discutir investimentos em *sustaining* CapEx. A classificação contábil dos gastos relacionados a manutenção dos ativos, é frequentemente um assunto complexo e pouco claro na literatura contábil. A complexidade refere-se a dificuldade em determinar se gastos relacionados à manutenção de ativos devem ser tratados como despesas operacionais (OpEx) ou incorporados como ativos (capitalizados) nos balanços contábeis.

De acordo com um relatório publicado pela PWC (2023), os custos incorridos para substituições ou melhorias de propriedades, instalações e equipamentos podem ser capitalizados quando prolongam a vida útil ou aumentam a funcionalidade do ativo em questão. Caso contrário, esses custos devem ser registrados como despesas no momento que são incorridos. Assim, os custos de reparos ou atividades de manutenção periódicas ou recorrentes devem ser considerados despesas.

A classificação contábil de investimentos de capital de sustentação pode ter implicações significativas nos resultados financeiros divulgados pelas empresas. Se esses gastos são contabilizados como despesas, influenciam diretamente o resultado

do período, reduzindo o lucro líquido apresentado. No entanto, como o gasto é deduzido do lucro no período atual, pode-se reduzir a carga tributária imediata.

Contudo, se forem capitalizados, aumenta-se o valor total de ativos no balanço da empresa e impactam os resultados apenas quando depreciados ao longo do tempo, reduzindo o impacto no lucro líquido de um único período. Além disso, um maior investimento em CapEx pode sinalizar aos stakeholders que a empresa está investindo em seus ativos e infraestrutura para benefício futuro.

Um exemplo da nuance em classificar gastos como CapEx ou OpEx pode ser observado na substituição do motor de uma máquina. O motor representa uma significativa porção do valor do ativo. Do ponto de vista contábil, a substituição pode ser vista como um investimento que aumenta a funcionalidade do equipamento e portanto, sua vida útil. Por outro lado, se a substituição for considerada como uma necessidade decorrente do desgaste natural do equipamento, pode ser classificada uma despesa operacional recorrente, necessária para garantir as operações diárias.

Como ambas as abordagens tem justificativas contábeis válidas, a decisão entre elas não é apenas técnica, mas sim tomada de acordo com a estratégia financeira da empresa, além da imagem que busca passar para os seus investidores.

Essas variações nos critérios de alocação de custos podem ocorrer tanto dentro da mesma empresa, em anos diferentes, quanto ao se comparar diferentes empresas. Isso pode o muitas vezes pode atrapalhar a análise de investidores, que se baseiam primordialmente nos seus relatórios financeiros.

A distinção entre CapEx e OpEx já é complexa por si só. Adicionalmente, segundo consultor entrevistado durante o contexto da execução desse trabalho, especializado em gestão de *sustaining* CapEx, dentro da própria categoria de CapEx, separar o que é *sustaining* CapEx do que é CapEx de expansão pode ser desafiador, visto que a linha divisória entre ambos é frequentemente tênue. Isso ocorre porque um projeto pode ter dupla finalidade. Por exemplo, um projeto pode ser iniciado para substituir equipamentos antigos, porém, se esse novo equipamento possui características ou capacidades superiores, ele pode aumentar a capacidade produtiva do equipamento original. Em situações onde a classificação não é evidente, é possível que projetos que tenham natureza de expansão, sejam alocados no orçamento de sustentação.

Segundo Chandarana, Davies e Phaf (2015) em artigo publicado pela McKinsey, gerentes das diferentes unidades de negócio de uma empresa frequentemente agrupam projetos com baixa viabilidade financeira, geralmente sob rótulos genéricos como “*sustaining* CapEx” ou “riscos ambientais, de saúde e segurança”, buscando aprovação acelerada.

De acordo com o consultor entrevistado, projetos enquadrados como *sustaining* CapEx tendem a ter uma aprovação mais rápida nas organizações, uma vez que evitar o risco às operações atuais é geralmente considerado uma prioridade. Ademais, os critérios de avaliação e priorização para *sustaining* CapEx tendem a ser menos quantitativos, dispensando, muitas vezes, a necessidade de demonstrar um retorno positivo ou um *payback* curto para a sua aprovação. Assim, projetos voltados para crescimento, que normalmente seriam submetidos a critérios de avaliação mais rigorosos, são colocados no orçamento de *sustaining* CapEx, para se beneficiarem um processo de aprovação mais simples.

### **2.3.3.1 All in Sustaining Costs (AISC)**

No caso da indústria de mineração, esses dilemas tornaram-se um problema para os investidores, que possuíam dificuldades para comparar resultados financeiros das empresas entre os diferentes anos, e entre as diferentes empresas. Como não existia um critério bem definido para o enquadramento dos projetos, entender de fato qual era o custo necessário para a manutenção da capacidade produtiva dos ativos não era fácil, o que restringia a análise.

De acordo com Yapo e Camm (2017), já em 2008, as empresas e investidores já sentiam necessidade de um reporte de custos mais robustos, já que era difícil compreender quanto custava para produzir uma unidade de medida de ouro apenas com os reportes tradicionais.

A necessidade de uma representação mais precisa dos custos tornou-se ainda mais evidente à medida que o preço do ouro subiu acentuadamente nos anos seguintes, atingindo médias históricas, enquanto os lucros das empresas produtoras de ouro mostravam um desempenho modesto em comparação. Esse paradoxo destacou as limitações dos métodos de relato de custos existentes, que muitas vezes deixavam de

fora despesas significativas relacionadas à manutenção e expansão das operações de mineração.

Yapo e Camm (2017) relatam que, reconhecendo as falhas dos relatórios de custos tradicionais, líderes do setor, como o ex-CEO da Barrick, Jamie Sokalsky, começaram a advogar publicamente por um entendimento mais abrangente dos custos reais envolvidos na mineração. A percepção de que os custos reais eram mais elevados do que os relatórios indicavam começou a ganhar tração na indústria.

Tendo isso em vista, em 2013, a PwC conduziu uma pesquisa com o objetivo de entender as necessidades de informação dos investidores profissionais em relação aos relatórios de mineradoras. Foram realizadas entrevistas com 100 investidores, onde foi perguntado quais são as principais oportunidades para que as empresas melhorassem sua qualidade de reportes.

Os principais temas que surgiram foi que os investidores e analistas gostariam de ver informação mais específicas sobre o custo total para a produção, além de informações mais detalhadas sobre CapEx, incluindo a separação entre projetos de expansão e sustentação. Por fim, também foi demandado que existisse maior consistência entre as diferentes empresas da indústria, principalmente na forma com que se reportavam os custos.

Diante dessas demandas, a World Gold Council reuniu as principais empresas de mineração e criou um novo índice chamado *All-In Sustaining Costs* (AISC). Incorporado pelo setor a partir de 2014, esse índice foi criado para fornecer uma visão completa e padronizada dos custos de produção de ouro, promovendo maior transparência e facilitando a comparação dos custos de produção entre as empresas (Yapo e Camm, 2017).

Segundo Gianfrate (2017), a adoção do AISC pela indústria do ouro teve um impacto positivo nos preços das ações das empresas produtoras de ouro. As empresas obtiveram retornos positivos anormais em torno da data de emissão da Nota de Orientação sobre o AISC pelo WGC, indicando a valorização dos investidores da transparência e confiabilidade das informações financeiras divulgadas pelas empresas. A adoção do AISC foi vista como uma medida para aumentar a transparência e a comparabilidade das informações financeiras das empresas produtoras de ouro, o que

pode ter levado os investidores a perceber essas empresas como menos arriscadas e, portanto, mais atraentes.

Trata-se de uma medida que reflete o custo total que uma empresa precisa para suportar e manter uma operação em funcionamento. O AISC engloba custos diretos, *sustaining* capital, despesas de exploração e despesas gerais e administrativas. A soma do AISC com outras despesas, não associadas a sustentação da operação atual (capex de expansão) resulta no segundo índice adotado a partir desse período, o All-in Cost (AIC). Abaixo, segue a tabela criada pelo World Gold Council, com o detalhamento do que deve ser incluído para o cálculo de cada um desses índices:

Tabela 2 - Nota Orientativa sobre métricas não GAAP – All-in *Sustaining* Costs e All-in Costs

| <b>Custo</b>   | <b>Tipo de reporte</b> | <b>Identificação</b>   |
|--|------------------------|--|
| Custo de Mineração no Local (com base nas vendas)              | DRE                    | (a)  |
| Despesas Gerais e Administrativas (G&A) do Local               | DRE                    | (b)  |
| Royalties e Impostos sobre Produção                            | DRE                    | (c)  |
| Ganhos/Perdas Realizados em Hedge devido a custos operacionais | DRE                    | (d)  |
| Custos Comunitários relacionados às operações atuais           | DRE                    | (e)  |
| Custos de Licenciamento relacionados às operações atuais       | DRE                    | (f)  |
| Custos de terceiros com fundição, refino e transporte          | DRE                    | (g)  |
| Remuneração Não Monetária (Baseada no Local)                   | DRE                    | (h)  |
| Baixa de estoques / inventário de produto                      | DRE                    | (i)  |
| Custos de Desmonte Operacional                                 | DRE                    | (j)  |
| Créditos de Subprodutos  | DRE                    | (k) <i>Nota: valor positivo</i>  |
| <b>Sub-Total (Custos Operacionais Ajustados)</b>               |                        | <b>(l) = (a) + (b) + (c) + (d) + (e) + (f) + (g) + (h) + (i) + (j) + (k)</b> |
| Custos Gerais e Administrativos Corporativos                   | DRE                    | (m)  |
| Recuperação e remediação - acréscimo & amortização             | DRE                    | (n)  |
| Custos de exploração e estudo (Sustaining)                     | DRE                    | (o)  |
| Exploração de capital (Sustaining)                             | Fluxo de Caixa         | (p)  |
| Desmonte capitalizado & desenvolvimento de mina subterrânea    | Fluxo de Caixa         | (q)  |
| Despesas de capital (Sustaining)                               | Fluxo de Caixa         | (r)  |
| <b>All-in Sustaining Costs</b>                                 |                        | <b>(s) = (l) + (m) + (n) + (o) + (p) + (q) + (r)</b>                         |
| Custos Comunitários não relacionados às operações atuais       | DRE                    | (t)  |
| Custos de Licenciamento não relacionados às operações atuais   | DRE                    | (u)  |
| Custos de recuperação e remediação não relacionados            | DRE                    | (v)  |
| Custos de exploração e estudo (Non-sustaining)                 | DRE                    | (w)  |
| Capital de exploração (Non-sustaining)                         | Fluxo de Caixa         | (x)  |
| Desmonte capitalizado & desenvolvimento de mina subterrânea    | Fluxo de Caixa         | (y)  |
| Despesas de capital (Non-sustaining)                           | Fluxo de Caixa         | (z)  |
| <b>All-in Costs</b>  |                        | <b>= (s) + (t) + (u) + (v) + (w) + (x) + (y) + (z)</b>                       |

Fonte: Adaptado de WGC (2013)

Por mais que esse conceito tenha sido inicialmente adotado pela indústria de mineração de ouro, devido a sua eficácia em fornecer uma representação mais clara

dos custos reais associados a produção, ele foi adotado também por outras indústrias de mineração, como prata, cobre e outros minerais.

Isso permitiu uma melhor compreensão dos investimentos e custos operacionais, sendo possível comparar custos de sustentação entre empresas, mesmo que, em certas ocasiões, estes sejam reportados como despesas operacionais ou misturados com custos de expansão.

## **2.4 Decisões de investimento de capital**

Para tomar decisões de avaliação sobre como alocar recursos entre projetos de investimento, as empresas utilizam o mecanismo de orçamento de capital. Ele envolve a avaliação da viabilidade financeira dos investimentos de capital propostos, avaliando se os fluxos de caixa futuros resultantes de um investimento sugerido justificam a realização do mesmo, considerando os riscos e as incertezas. Em resumo, o orçamento de capital refere-se à avaliação financeira das propostas de investimento de capital de uma empresa. (Michelon, P. S., Lunkes, R. J., e Bornia, A. C., 2020). Existem diversas técnicas disponíveis para serem utilizadas pelos gerentes na avaliação dos projetos de orçamento de capital. Essas abordagens podem ser tanto financeiras, quanto não numéricas.

### **2.4.1 Valor Presente Líquido**

Uma técnica muito usada é o Valor Presente Líquido (VPL). O objetivo dessa ferramenta é determinar o resultado financeiro final de um projeto, levando em consideração uma taxa apropriada de custo de capital. Para utilizá-lo, calcula-se o valor presente de todas as entradas e saídas de caixa esperadas, incluindo custos e receitas. Esses valores são ajustados pela taxa de desconto para obter o valor presente líquido. Se o VPL for positivo, o projeto é considerado viável do ponto de vista financeiro; caso contrário, não é considerado viável.

O valor presente líquido para fluxos de caixa uniformes pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Equação 1 - Valor Presente Líquido

Onde:

- FC é o fluxo de caixa no período t
- t é o enésimo período de tempo

Essa técnica também leva em conta o valor do dinheiro no tempo e fornece uma indicação clara da riqueza dos acionistas. No entanto, é importante notar que esse processo pressupõe que os fluxos de caixa intermediários são descontados à mesma taxa de custo de capital usado para calcular o VPL do projeto. Isso é considerado como uma fraqueza, já que normalmente assume que a taxa de custo de capital permanecerá constante ao longo da duração do projeto (Hastings, 2013).

### 2.4.2 Índice de Retorno

O índice de retorno é uma derivada do processo do cálculo do VPL, auxiliando a sua análise em consideração ao investimento original. Depois de calculado o valor final do projeto, este montante é então dividido pelo investimento inicial, revelando a taxa de ganho ou perda final esperada para o projeto. Naturalmente, quanto maior esse índice, o projeto em análise torna-se mais atrativo. Esse método auxilia na comparação do projeto com outras opções de investimento (Hastings, 2013).

### 2.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR), também conhecida como Internal Rate of Return (IRR) é um método de avaliação de projetos que busca determinar a taxa de retorno intrínseca de um investimento, independentemente de fatores externos, como o custo de capital. O cálculo da TIR é feito com o objetivo de verificar a viabilidade financeira de um projeto. Se a TIR for maior do que a taxa de custo de capital utilizada, o projeto é considerado viável.

A maneira tradicional de calcular a TIR envolve sucessivos cálculos do VPL do projeto em diferentes taxa de custo de capital. O processo continua até encontrar a taxa

de custo de capital que faz com que o VPL seja igual a zero. Essa taxa então é considerada a TIR do projeto. Ou seja, a TIR é a taxa na qual o investimento inicial se iguala ao valor presente de todos os fluxos de caixa futuros do projeto.

Ou seja, para encontrar seu valor, é preciso calcular a taxa que satisfaz a equação a seguir:

$$VPL = 0 = \textit{Investimento inicial} + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t}$$

Equação 2 - Taxa Interna de Retorno (TIR)

Onde:

- FC é o fluxo de caixa no período t
- t é o enésimo período de tempo

É importante observar que a TIR assume que todos os fluxos de caixa ao longo da duração do projetos são reinvestidos a uma taxa igual à própria TIR. Isso implica que qualquer excesso ou falta de fundos (superávits ou déficits) que ocorram durante o projeto são tratados como se fossem reinvestidos ou financiados pela taxa igual à TIR. No entanto, isso pode não refletir com precisão a realidade (Hastings, 2013).

#### 2.4.4 Recuperação de Capital (Payback)

O *Payback*, conforme explicado por Hastings (2013), é uma métrica que indica, de forma simples, em quanto tempo o investimento original será recuperado. Para calculá-lo, são somados os fluxos de caixa desde o início do projeto até que se alcance um resultado nulo, contabilizando quantos períodos são necessários para compensar o investimento inicial.

Assim, ele representa quanto tempo é necessário para reaver o valor investido por meio dos fluxos de caixa positivos gerados pelo projeto.

O cálculo do *Payback* é simples e de fácil entendimento, podendo ser calculado pela seguinte fórmula:

$$\textit{Payback} = \frac{\textit{Investimento inicial}}{\textit{Ganho do investimento}}$$

Equação 3 - Payback

É importante destacar que a unidade da resposta no cálculo do Payback é relativa ao período utilizado para o cálculo do ganho do investimento. Por exemplo, um investimento de R\$100.000, em um projeto no qual se espera ganhos anuais de R\$20.000, o Payback é:

$$\text{Payback} = \frac{\text{R\$ } 100.000}{\text{R\$ } \frac{20.000}{\text{ano}}} = 5 \text{ anos}$$

Equação 4 - Exemplo de cálculo do *Payback*

Isso significa que o investimento inicial será recuperado em 5 anos, considerando ganhos anuais de R\$20.000.

Contudo, Hastings (2013) destaca duas críticas significativas a essa métrica. Primeiramente, o Payback não considera que o dinheiro tem valor variável ao longo do tempo, ignorando a diferença de valor entre dinheiro hoje e dinheiro futuro. Além disso, ele desconsidera quaisquer entradas ou saídas de valor que ocorram após o ponto de recuperação do investimento, o que pode limitar sua capacidade de avaliar projetos de longo prazo.

#### **2.4.5 Recuperação de Capital Descontada (*Discounted Payback*)**

Diante da limitação do *Payback*, por não considerar a variação do valor do dinheiro no tempo, utiliza-se a metodologia da Recuperação de Capital Descontada, ou *Discounted Payback*. Trata-se de uma metodologia derivada da análise do *Payback*, mas que considera a variação do valor do dinheiro no tempo, através do desconto dos valores que entram e saem no futuro, com base na taxa de custo de capital. (Hastings, 2013).

## 2.4.6 Considerações sobre o Fluxo de Caixa

Essas técnicas de avaliação de projetos, no entanto, necessitam que se tenha muito claro quais são os ganhos financeiros dos projetos a serem avaliados e o horizonte de tempo do retorno esperado, ou seja, dependem do conhecimento do fluxo de caixa (Hastings, 2013). Hastings também ressalta dois aspectos importantes do fluxo de caixa quando usados para a avaliação de projetos de capital.

O primeiro deles, é que apenas as entradas e saídas diretamente provocadas pelo projeto em análise são relevantes. Esse aspecto se torna importante de ser mencionado uma vez que é possível que um projeto aproveite recursos já existentes. No entanto, se esses recursos já estiverem disponíveis independentemente do projeto, os custos a eles atribuídos não representam um acréscimo na análise de investimento.

O segundo ponto é o aspecto monetário. A consideração das entradas e saídas devem estar restritas a transações financeiras, ou seja, através do método de caixa e não competência. Por exemplo, se um projeto prevê vendas a prazo, as entradas de dinheiro resultantes devem ser consideradas apenas quando o pagamento efetivo é recebido, e não no momento da venda. Além disso, os gastos com depreciação não devem ser consideradas na análise de investimento.

No caso de projetos que não visam uma expansão da capacidade produtiva ou ganho de eficiência, estimar esses benefícios de maneira financeira apresenta uma maior dificuldade. Mensurar os ganhos financeiros de projetos que não tem como objetivo principal aumentar a produção ou produtividade já é um desafio por si só. Além disso, contabilizar os benefícios do projeto em si, separando-os dos ganhos associados ao ativo inicial pode ser desafiador. Por isso, outros critérios são necessários para tomada de decisão em projetos de CapEx de sustentação (*sustaining CapEx*).

## 2.4.7 Custo de Capital

A maioria das metodologias de análise de investimento discutidas acima dependem da taxa de custo de capital. Trata-se do valor de juros a ser pago pelos investidores por usarem o capital. Essa taxa é utilizada para valorizar ou descontar os

valores do fluxo de caixa com base na sua distribuição temporal, fazendo com que se considere seu valor presente. O cálculo do valor presente é realizado pela fórmula a seguir:

$$VP (F_n)_i = \frac{VF_n}{(1 + i)^n}$$

Equação 5 - Cálculo do Valor Presente

Onde:

- $i$  = taxa de custo de capital
- $VP$  = Valor presente
- $F_n$  = Fluxo de caixa de um período  $n$

Com base nisso, para encontrar o valor presente do fluxo de caixa de um projeto, calcula-se o somatório de todos os fluxos de caixa individuais, como mostrado na fórmula a seguir:

$$VP (F_n)_i = \sum_{n=1}^n \frac{VF_n}{(1 + i)^n}$$

Equação 6 - Valor Presente do Fluxo de Caixa

Com isso, calcula-se o valor presente de cada um dos fluxos a uma taxa de custo de capital  $i$  e, ao soma-los, obtém-se o valor presente do fluxo de caixa completo.

## 2.5 Visão Geral das Operações em Mineração

### 2.5.1 Principais Equipamentos e Infraestruturas

No setor de mineração, o CapEx refere-se aos investimentos feitos em equipamentos e infraestrutura importantes necessários para as operações de mineração. Esses investimentos são cruciais para o desenvolvimento e expansão de projetos de mineração, especialmente em investimentos *greenfield*, nos quais novas minas estão sendo estabelecidas.

Segundo Fu, Z., Topal, E. e Erten. O (2014), um dos investimentos de capital mais comuns no setor de mineração é a compra e manutenção de caminhões de mina. Eles são essenciais para o transporte de materiais em operações de mineração a céu

aberto, sendo usados para um transporte eficiente e seguro dos materiais extraídos, seja para descarregar o minério em uma área de processamento ou para transportar o estéril para áreas de descarte adequadas. Seu custo de manutenção constitui uma proporção significativa do custo operacional total na indústria de mineração.

Além dos caminhões de mina, outros investimentos de capital comuns no setor de mineração incluem a aquisição de equipamentos de mineração, como escavadeiras, carregadeiras e perfuratrizes. Esses equipamentos são usados para diversas tarefas no processo de mineração, como escavação, carregamento e perfuração. O custo de aquisição e manutenção desses equipamentos pode ser muito relevante, considerando a escala e complexidade das operações de mineração.

As escavadeiras são usadas para escavar o solo e a rocha em operações de mineração a céu aberto. Elas são empregadas na remoção do solo superficial (capa de estéril) e na extração do minério ou material de interesse. Elas podem ser equipadas com implementos específicos, como caçambas ou martelos hidráulicos, dependendo da natureza do material a ser escavado.

As carregadeiras são usadas para carregar o minério, estéril e outros materiais em caminhões, transportadores ou vagões de trem. Elas são responsáveis por movimentar grandes volumes de material com eficiência e rapidez. As carregadeiras têm caçambas de grande capacidade que permitem o carregamento rápido e eficaz dos materiais.

As perfuratrizes são utilizadas para perfurar furos em rochas sólidas para a implantação de explosivos ou para a extração de testemunhos de sondagem. Elas são fundamentais para a preparação do terreno, permitindo a fragmentação do material através de explosões controladas. As perfuratrizes podem ser usadas em diversas etapas do processo de mineração, desde a exploração até a mineração em si.

Além disso, como ressaltado por Baines & Hager (2022), os investimentos de capital no setor de mineração também incluem investimentos em infraestrutura e instalações. Isso pode envolver a construção de usinas de processamento, instalações de armazenamento e infraestrutura de transporte, como estradas e ferrovias, para apoiar as operações de mineração. Esses investimentos em infraestrutura são necessários para garantir o processamento eficiente e o transporte dos materiais extraídos.

Os investimentos *greenfield* no setor de mineração frequentemente envolvem desembolso de capital significativo para estabelecer novos projetos de mineração. Esses investimentos são feitos para desenvolver a infraestrutura necessária, adquirir os equipamentos requeridos e cobrir os custos operacionais iniciais. Investimentos são geralmente realizados em áreas onde não houve atividades de mineração anteriores, exigindo um CapEx substancial para iniciar as operações de mineração.

### **2.5.2 Operações fundamentais e ciclos**

De acordo com Lilia Albuquerque da Silva (2021), as etapas básicas de um ciclo de produção em operações de mineração são: escavação/perfuração, carregamento, transporte e descarregamento. A escavação pode ser feita por métodos de perfuração e detonação para minérios com dureza elevada ou por métodos mecânicos para minérios com dureza menor. O carregamento consiste em carregar o minério escavado em equipamentos de transporte, como caminhões ou correias transportadoras. O transporte é a etapa em que o minério é levado do local de escavação até o local de processamento ou armazenamento. Por fim, o descarregamento é a etapa em que o minério é descarregado do equipamento de transporte no local de destino. O tempo de execução e as operações adotadas variam de acordo com as características da jazida em que se está trabalhando.



### 3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta a metodologia utilizada para a realização da pesquisa, explicando quais foram as perguntas orientadoras para o trabalho e as etapas de pesquisa adotadas. Em seguida, é detalhada a forma de coleta dos dados utilizados.

#### 3.1 Etapas da pesquisa

A pesquisa realizada teve como finalidade investigar os processos decisórios envolvidos nos investimentos de capital em projetos de sustentação (*sustaining* CapEx). A metodologia empregada para isso foi estruturada com o objetivo de compreender os métodos mais adequados para a tomada de decisão em três diferentes fases da gestão de CapEx: (1) elaboração do orçamento de *sustaining* CapEx, (2) avaliação de projetos alternativos e (3) gestão de portfólio. Para cada uma das fases, a pesquisa se baseou em uma pergunta norteadora:

- (1) Elaboração do orçamento de *sustaining* CapEx: Como determinar qual o valor ideal a ser alocado em investimentos de *sustaining* CapEx nos próximos anos?
- (2) Avaliação de projetos alternativos: Como avaliar projetos de *sustaining* CapEx e decidir a melhor solução entre projetos alternativos?
- (3) Gestão de Portfólio: Como priorizar projetos de *sustaining* CapEx e selecionar quais devem ser realizados, dada a limitação de orçamento?

O estudo iniciou com uma revisão da literatura, abrangendo as três fases analisadas. A pesquisa começou com a exploração da definição de projeto, avançando para as técnicas de avaliação de projetos, além de abordar a gestão de portfólios e a orçamentação. Buscou-se também a conceituação de *sustaining* CapEx e as características específicas associadas à sua gestão.

Posteriormente, considerando que as metodologias de gestão de *sustaining* CapEx são significativamente mais desenvolvidas e consolidadas em indústrias de capital intensivo, como a mineração, dedicou-se atenção aos principais tipos de investimento de capital nessa área. Assim, a revisão bibliográfica também buscou

detalhar como a gestão de CapEx é executada nesse setor, buscando compreender as práticas que contribuem para sua eficácia.

Com base na revisão bibliográfica acerca dos temas mencionados, para cada uma das fases objeto de pesquisa, foi realizado um diagnóstico de como cada uma das perguntas definidas vem sido respondidas pelas diferentes empresas e na academia.

Com base no diagnóstico, foi discutido e proposto um método para guiar a tomada de decisão em cada uma das fases. Os métodos sugeridos foram baseados em técnicas já existentes, porém ainda não completamente detalhadas em termos de implementação ao contexto de investimentos de capital de sustentação. Tanto o diagnóstico quanto a proposição da metodologia foram realizados de maneiras distintas para cada uma das fases.

No que tange à orçamentação, realizou-se um diagnóstico analisando dados de nove empresas de mineração. Esse processo envolveu o exame de relatórios anuais e a coleta de dados sobre investimentos de capital, a relação entre *sustaining* CapEx e a depreciação dos ativos, uma análise histórica destes investimentos, e o impacto dos preços das commodities nos gastos de capital.

A fase de diagnóstico foi finalizada por uma entrevista detalhada com um especialista em *sustaining* CapEx, visando fortalecer as hipóteses formuladas e obter insights mais aprofundados. A partir da análise dos investimentos e discussão com o especialista, foram propostos critérios relevantes para a orçamentação eficaz de *sustaining* CapEx.

Prosseguindo para a avaliação de projetos alternativos, realizou-se uma análise crítica da aplicabilidade de metodologias tradicionais de avaliação de projetos de *sustaining* CapEx, com base nas referências bibliográficas. Deste diagnóstico emergiram recomendações de métodos que se mostraram mais adequados para a avaliação eficiente de projetos alternativos, adaptando-se às peculiaridades dos diferentes tipos de projetos de *sustaining* CapEx.

Por último, na gestão de portfólio, foi realizada uma análise comparativa da gestão de portfólio de projetos de *sustaining* CapEx em três empresas distintas. A coleta das informações para tal análise foram feitas através de entrevista com um consultor especializado em gestão de *sustaining* CapEx, em conjunto com a experiência prática da autora obtida através de um estágio em uma empresa de bens de

consumo. Com base nas descobertas desta análise e nas informações coletadas na literatura revisada, foi proposta uma metodologia para a seleção e priorização de projetos de *sustaining* CapEx.

## 3.2 Coleta de dados

### 3.2.1 Ativos Totais e CapEx

A análise do orçamento de CapEx de sustentação exigiu uma extensa coleta de dados. Esta etapa incluiu a revisão dos investimentos históricos em CapEx de sustentação na indústria de mineração. Primeiramente, dados referentes aos ativos totais e ao CapEx foram coletados para as principais empresas de mineração do mundo, abrangendo o período de 2000 a 2022. Utilizou-se a ferramenta Capital IQ da S&P para esta finalidade.

O processo começou com a seleção das empresas líderes no setor de mineração, utilizando a funcionalidade de triagem (*Screening*) do Capital IQ. O objetivo era incluir as empresas mais relevantes no setor. As empresas selecionadas foram: Anglo American plc (LSE:AAL), BHP Group Limited (ASX:BHP), China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898), China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088), Corporación Nacional del Cobre de Chile, Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG), Glencore plc (LSE:GLEN), Rio Tinto Group (LSE:RIO) e Vale S.A. (BOVESPA:VALE3).

Após a obtenção da lista de empresas, passou-se à etapa de adição de conjuntos de dados específicos. Nesta etapa, foram adicionados os conjuntos de dados referentes aos ativos totais (*Total Assets*) e CapEx (*Capital Expenditures*) de cada empresa listada. Estes dados foram adquiridos através da identificação e seleção dos códigos "SP\_TOTAL\_ASSETS" e "IQ\_CAPEX", para Ativos Totais e CapEx, respectivamente. A seguir, a definição fornecida pela ferramenta para cada um dos dados utilizados:

- SP\_TOTAL\_ASSETS: Ativos universais de propriedade da empresa na data indicada, conforme registrado no balanço patrimonial

- IQ\_CAPEX: Saídas de caixa para a compra de instalações, propriedades e equipamentos pela empresa

Os resultados finais, contemplando tanto a lista das empresas de mineração selecionadas quanto os dados de ativos totais e despesas de capital para o período de 2000 a 2022, foram então exportados para uma planilha para análise posterior. A tabela obtida, com os dados extraídos, pode ser encontrada no Apêndice A.

### 3.2.2 *Sustaining e Growth CapEx*

Em seguida, através da análise dos Relatórios Anuais das empresas analisadas, foram obtidas as segmentações dos dados de CapEx, entre as categorias de sustentação, expansão. Os anos para os quais essa análise foi realizada, bem como o critério de segmentação utilizado para a classificação dos investimentos entre sustentação e expansão podem ser vistos no quadro a seguir:

Tabela 3 - Critérios de segmentação dos investimentos

| Empresa                                  | Ano inicial | Ano final | Segmentação dos investimentos   |   |
|--|-------------|-----------|---|---|
|  |             |           | <i>Sustaining</i>   | <i>Growth</i>   |
| Anglo American plc<br>(LSE:AAL)          | 2010        | 2022      | Permanência no negócio (Stay-in-business), Desenvolvimento e desmontagem (Development and stripping),<br>Projetos de extensão de vida útil (Life-extension projects), Recursos provenientes da venda de imóveis, instalações e equipamentos (Proceeds from disposal of PPE) | Expansão ( <i>Growth</i> )  |
| BHP Group Limited<br>(ASX:BHP)           | 2021        | 2022      | Minesite sustaining capital expenditures (gastos de capital necessários para suportar os níveis de produção atuais)   | Project capital expenditures (gastos de capital em novos projetos e em projetos importantes e discretos em operações existentes, com o objetivo de aumentar o valor presente líquido por meio de maior produção ou maior vida útil da mina) |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2015        | 2022      | Sustaining capital expenditures   | Projetos de expansão ( <i>Growth Projects</i> )   |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2012        | 2022      | Sustaining capital expenditures   | Expansão ( <i>Expansionary capital expenditures</i> )   |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2013        | 2022      | Capital necessário para garantir a integridade dos ativos ( <i>Sustaining capital</i> ), Projetos de substituição de alto retorno ( <i>Replacement Capital</i> ) e investimentos em descarbonização ( <i>Decarbonisation spend</i> )  | Capital de desenvolvimento ( <i>Development Capital</i> )   |
| Vale S.A.<br>(BOVESPA:VALE3)             | 2009        | 2022      | Projetos de manutenção  | Projetos de capital   |

Fonte: Elaborado pela autora

Os dados obtidos a partir dessa análise, podem ser encontrados no Apêndice B.

### **3.2.3 Índice de Preço dos Metais (*Metals Price Index, IMF*)**

Para a análise do impacto do preço das commodities nos investimentos de capital das empresas de mineração, foi usado o índice de preço de metais (*Metals Price Index*), segundo o *IMF Primary Commodity Price System* (PCPS), entre os anos 2010 e 2022. O PCPS fornece índices que representam os preços de mercado para commodities. Os índices são compostos pelos preços médios semanais e refletem os preços de referência representativos do mercado global. Os preços são determinados pelos maiores mercados importadores de uma dada commodity. O índice de metais, baseado no valor de 2016 igual a 100, inclui preços para: alumínio, cobalto, cobre, minério de ferro, chumbo, molibdênio, níquel, estanho, urânio e zinco.

Os índices extraídos podem ser observados no Apêndice C.

### **3.2.4 Entrevista com consultor**

Para compreender melhor sobre a aplicação prática da gestão de sustaining CapEx em organizações, foi conduzida uma entrevista com um consultor experiente no tema. O profissional, com mais de 6 anos de experiência em consultoria de gestão e especializado em projetos de capital, compartilhou informações baseadas em sua experiência com diversas empresas, focando especificamente em sustaining CapEx.

O roteiro elaborado para a entrevista pode ser observado abaixo:

Tabela 4 - Questionário para entrevista com consultor

| <b>Etapa</b>                      | <b>Perguntas</b>   |
|-----------------------------------|--|
| Orçamento                         | <p>1. Existem métodos ou frameworks específicos que as empresas de mineração costumam usar para orçar seus investimentos em sustaining CapEx?</p> <p>2. Na sua experiência, quais são os principais fatores que influenciam na determinação do valor ideal para investimentos em sustaining CapEx?</p> <p>3. Há uma percepção de que, na mineração, o investimento em sustaining CapEx aumenta com o aumento do preço das commodities. Você poderia explicar essa relação? E quais outros fatores podem afetar essa dinâmica?</p>  |
| Avaliação de Projetos             | <p>4. Quando se trata de avaliar projetos de sustaining CapEx, quais são as principais considerações a serem feitas? Existem ferramentas ou métodos específicos utilizados?</p> <p>5. Como incluir nos métodos tradicionais de avaliação de projetos análise de risco?</p> <p>5. Em situações em que haja várias alternativas viáveis para um projeto de sustaining CapEx, como as empresas geralmente decidem pela melhor opção?</p> <p>6. No contexto da limitação orçamentária, como as empresas de mineração priorizam e selecionam quais projetos de sustaining CapEx devem ser realizados?</p> |
| Gestão de Portfólio:              | <p>7. Existe alguma estratégia específica para gerir o portfólio de projetos de sustaining CapEx? Considerando que os ganhos financeiros não são tão facilmente estimados quanto no caso de outros tipos de investimento.</p> <p>8. Em sua opinião, quais são as principais diferenças entre a gestão de sustaining CapEx na indústria de mineração em comparação com outras indústrias, como por exemplo a automotiva ou de bens de consumo?</p>  |
| Comparação com Outras Indústrias: | <p>9. Você poderia dar exemplos de práticas ou abordagens na gestão de sustaining CapEx que funcionam usados na indústria de mineração, mas que também poderiam ser aproveitados em outras indústrias?</p>   |

Fonte: Elaborado pela autora

Durante a entrevista, foram exploradas as práticas adotadas por duas grandes empresas de indústrias de capital intensivo, identificadas aqui como Empresa A e Empresa B. Elas ocupam posições de destaque em seus respectivos setores e possuem práticas estruturadas na gestão de sustaining CapEx.

- Empresa A: Importante *player* global no setor de mineração e recursos naturais.
- Empresa B: Líder no setor siderúrgico e metalúrgico, com presença global.

### 3.2.5 Experiência de estágio

A autora teve uma experiência de estágio em uma empresa multinacional de empresa no setor de alimentos e laticínios a nível internacional, identificada no presente relatório por Empresa C, onde atuou na área de CapEx global e pôde acompanhar as práticas utilizadas na gestão de CapEx, que serão detalhadas nas próximas seções do trabalho.

## 4 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta as discussões acerca das etapas de orçamentação, avaliação de projetos alternativos e gestão de portfólio no contexto de investimento de *sustaining* CapEx. Para cada uma delas, detalha-se o que foi observado através da revisão da literatura e práticas de mercado e, em seguida, propõe-se uma metodologia com base nas melhores práticas identificadas.

### 4.1 Orçamento e Alocação de investimentos de *sustaining* Capex

A definição do montante adequado para investir *sustaining* CapEx apresenta-se como uma questão de grande relevância para as empresas, principalmente para àquelas que atuam no setor de mineração, no qual esse tipo de investimento representa uma alta parcela dos investimentos totais. Embora essa decisão seja complexa, sua importância é indiscutível, pois está diretamente ligada à saúde financeira e à manutenção da capacidade produtiva das empresas. No entanto, a tomada de decisão pode ser influenciada por diversos fatores, tais como a depreciação dos ativos e o ciclo de renovação e substituição dos equipamentos, o histórico de investimentos passados e flutuações nos preços das commodities. A seguir, será abordada a relação entre esses fatores e os investimentos de capital de sustentação (*sustaining* CapEx), destacando como eles podem embasar a tomada de decisões orçamentárias.

#### 4.1.1 *Sustaining* CapEx e depreciação dos ativos

Uma das técnicas de *valuation* mais simples para a estimar o CapEx de manutenção das empresas associa esse valor a depreciação dos seus ativos, sendo sugerido por muitos livros de contabilidade usar o valor da depreciação e amortização como equivalente ao que se espera para os gastos de CapEx de manutenção (Ahern, 2023). Isso sugere que o valor destinado ao investimento em *sustaining* CapEx possa estar, de alguma maneira, correlacionado com o valor da depreciação.

Contudo, por se basear em estimativas dos gastos esperados, essa técnica não indica o que fazer em relação às decisões orçamentárias na ótica do gestor de CapEx. Ainda assim, para esse profissional, considerar a depreciação como um ponto de

partida na elaboração do orçamento de *sustaining* CapEx pode ser interessante. Essa análise, porém, não é conclusiva, e para que seja usada, diversos fatores devem ser levados em consideração.

Apesar da vida útil estimada do ativo estar relacionada às suas necessidades de investimento em manutenção, isso pode resultar em erros, porque a depreciação é apenas uma medida contábil, que reflete a perda de valor dos ativos ao longo do tempo e não necessariamente reflete de maneira precisa os custos de manutenção. (Ahern, 2023).

Além disso, um ativo pode precisar de mais ou menos manutenção dependendo de sua utilização. Se uma máquina operar em utilização máxima, maiores investimentos em manutenção serão necessários do que uma máquina que foi usada poucas vezes. Normalmente, o desgaste dos ativos, e a conseqüente maior necessidade de investimentos em manutenção variam dependendo do crescimento da demanda pelo bem produzido (Boucekkine e Ruiz-Tamarit, 2001). Em períodos que de maior crescimento econômico, os ativos se desgastam mais rapidamente, já que são mais usados, como observado por Epstein e Denny (1980). Além disso, as empresas podem decidir aumentar ou diminuir os investimentos em manutenção dependendo se visam estender a vida útil do ativo, ou substituí-lo por outro no curto prazo.

Embora a depreciação dos ativos não reflita com precisão os investimentos em manutenção, adotar essa abordagem sob a ótica de uma empresa que busca definir seu orçamento de *sustaining* CapEx destaca alguns fatores que podem ser importantes a considerar para determinar o quanto precisará ser investido na substituição dos ativos.

O primeiro deles, é a importância de entender qual é o estado atual dos ativos, permitindo identificar quais aqueles que precisam de investimento em manutenção imediata, reparos ou substituições. Uma primeira estimativa pode ser obtida ao analisar as taxas de depreciação atuais dos ativos, pois estas fornecem um indicativo sobre sua vida útil e o momento no qual uma substituição ou investimento em sustentação para prolongar sua vida útil pode se fazer necessário. Isso pode ajudar as empresas a selecionarem quais ativos devem ser analisados com maior detalhe para determinar de forma mais precisa qual o gasto esperado no futuro. Também pode ser interessante considerar a utilização e condições operacionais dos mesmos, sabendo que os ativos

utilizados mais intensamente ou em condições ambientais extremas tendem a sofrer desgastes mais rápido.

O segundo fator é a taxa de substituição. Sabendo o período típico entre a aquisição e a substituição para cada tipo de ativo, pode-se estimar o número de ativos que precisarão ser substituídos no período analisado. Com base nisso, é possível determinar o volume de investimento que será necessário separar para adquirir novos ativos.

#### **4.1.2 Análise Histórica do *Sustaining* CapEx no setor da Mineração**

A análise retrospectiva dos investimentos pode ser uma ferramenta importante para embasar escolhas referentes aos investimentos em sustentação de ativos no contexto da mineração. Assim, a seguir, será realizada uma análise histórica dos investimentos de *sustaining* CapEx em diferentes empresas de mineração.

Um estudo global da Deloitte (2018), entre 2014 e 2017, a indústria de mineração enfrentou desafios como a diminuição da qualidade dos minérios, a escassez de ativos de primeira linha e uma maior pressão por retornos aos acionistas.

O setor de mineração fez investimentos significativos em novos desenvolvimentos antes da queda nos preços das commodities, com o CapEx do setor em novos desenvolvimentos atingindo um pico de mais de US\$ 80 bilhões em 2012. No entanto, após o colapso dos preços das commodities, as margens foram reduzidas nos investimentos de capital, e o CapEx do setor em novos desenvolvimentos caiu cerca de dois terços em 2017.

Após a queda nos preços das commodities, houve uma redução significativa nos investimentos em projetos de capital, o que foi agravado pela fraca performance dos projetos de capital da indústria. As empresas de mineração passaram a focar em eficiências operacionais e em retornar dinheiro aos investidores, em vez de investir em grandes desenvolvimentos. No entanto, no relatório, que foi publicado no ano de 2018, já se sinalizava uma mudança do ciclo econômico, e esperava-se que os investimentos em projetos de capital aumentassem significativamente para compensar a queda na produção e atender à demanda emergente. Além disso, é ressaltado que o cenário de entrega de projetos mudou, com mudanças nas expectativas governamentais, maior

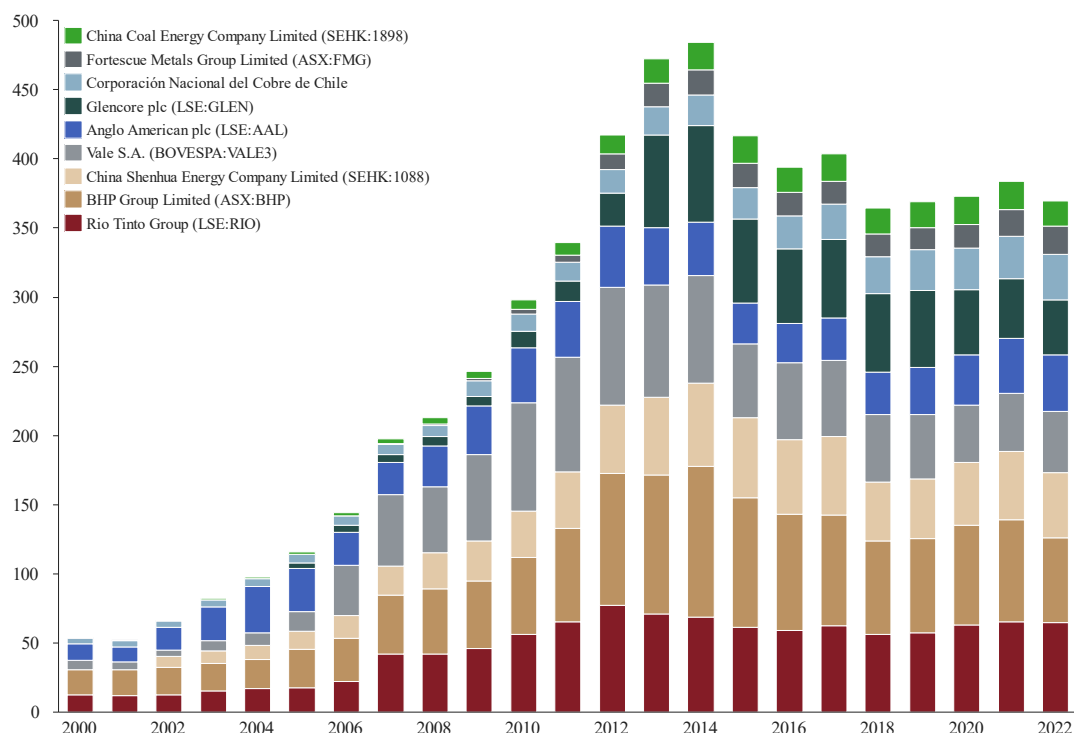
pressão por sustentabilidade e maior consolidação entre os fornecedores de serviços de engenharia e construção.

A variação de investimentos de capital de 9 das principais empresas do setor da mineração pode ser vista no gráfico a seguir:

Gráfico 1 - Investimentos de capital nas principais empresas de mineração (2000 - 2022)

**Investimentos de capital nas principais empresas de mineração (2000 - 2022)**

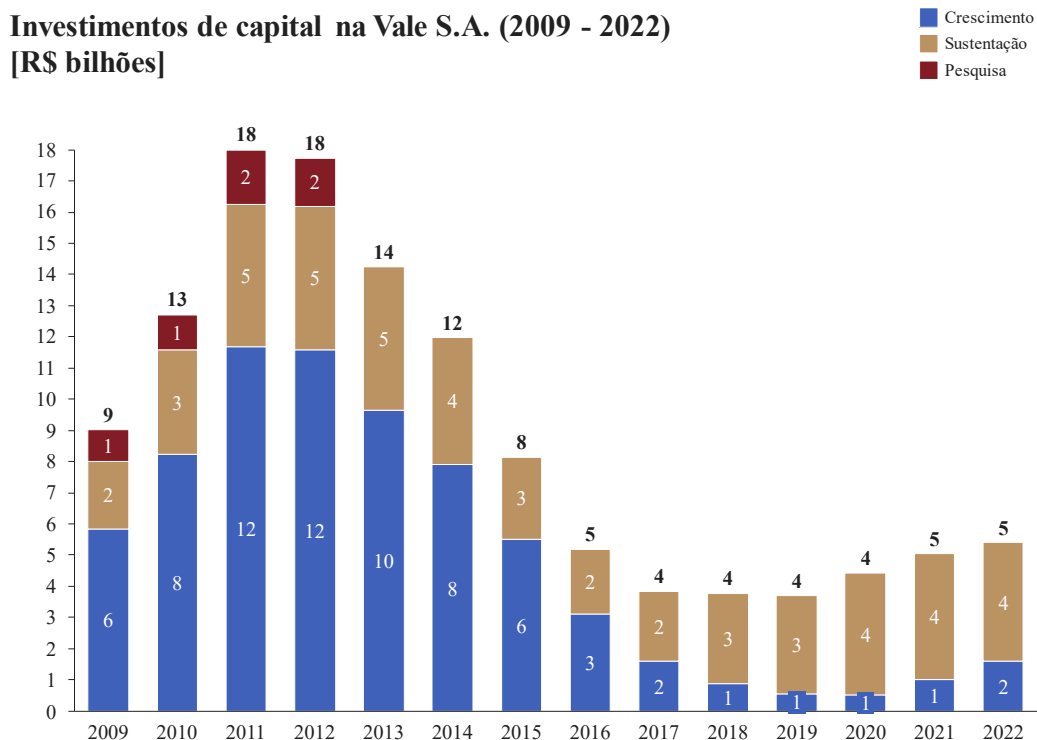
[R\$ bilhões]



Fonte: Elaborado pela autora

Para melhor compreender a segmentação dos investimentos de capital, será usada a Vale S.A. como exemplo. Nos seus relatórios anuais, a empresa divulga a divisão dos seus investimentos em crescimento, manutenção e P&D. A seguir, pode ser visto um gráfico com a evolução dos investimentos de capital da Vale entre 2009 e 2022.

Gráfico 2 - Segmentação dos investimentos de capital da Vale S.A. (2009 - 2022) [R\$ bilhões]

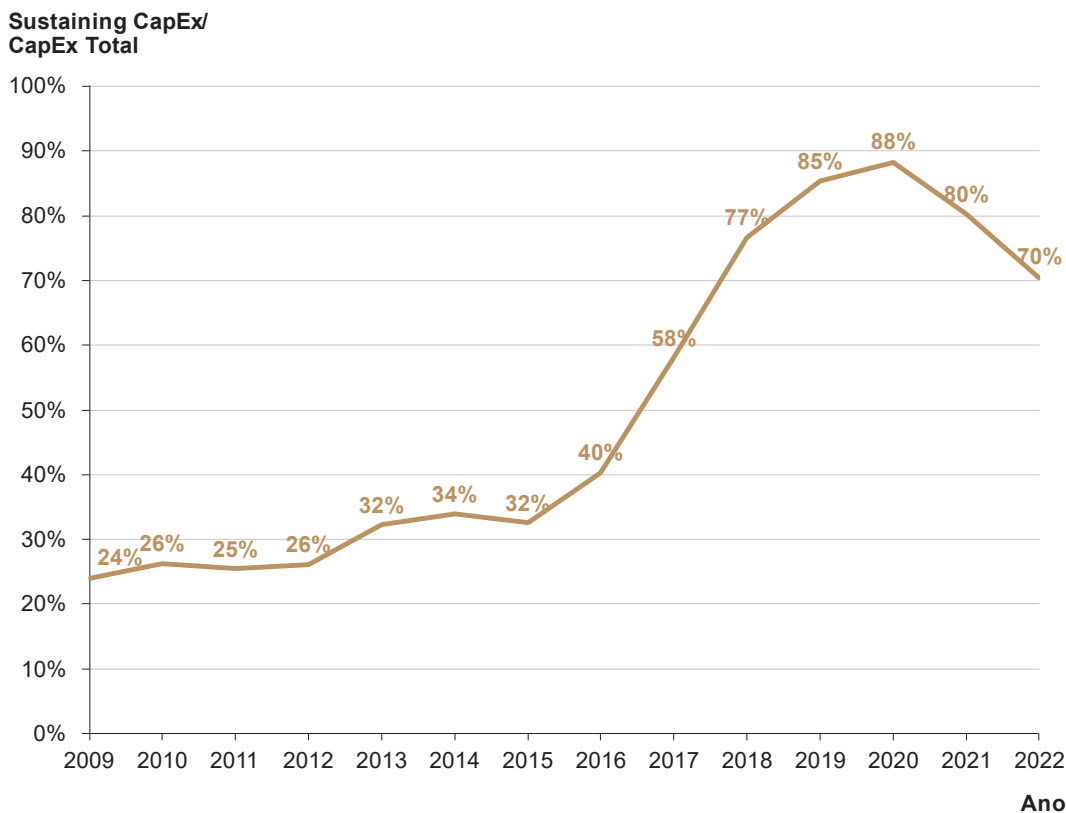


Fonte: Elaborado pela autora

Nota-se que sua evolução acompanha a variação observada no mercado, com um pico de investimento entre 2010 e 2014, seguido de uma queda até 2018. Também podemos ver que o investimento em P&D foi bastante agressivo nos anos de crescimento, o que pode estar associado à busca por novas oportunidades de investimento para a exploração mineral e a busca por novas tecnologias com o intuito de aumentar a capacidade.

A partir de 2018, observa-se que há uma mudança relevante na lógica de investimento. Enquanto até esse ano, a maior parcela do CapEx destinava-se à expansão da capacidade produtiva da empresa, a partir dele, o montante destinado à sustentação da capacidade produtiva supera o crescimento. A proporção de CapEx destinado a sustentação pode ser melhor representada pelo gráfico a seguir:

Gráfico 3 - Proporção dos investimentos de capital de manutenção da Vale S.A (2009-2022) [%]

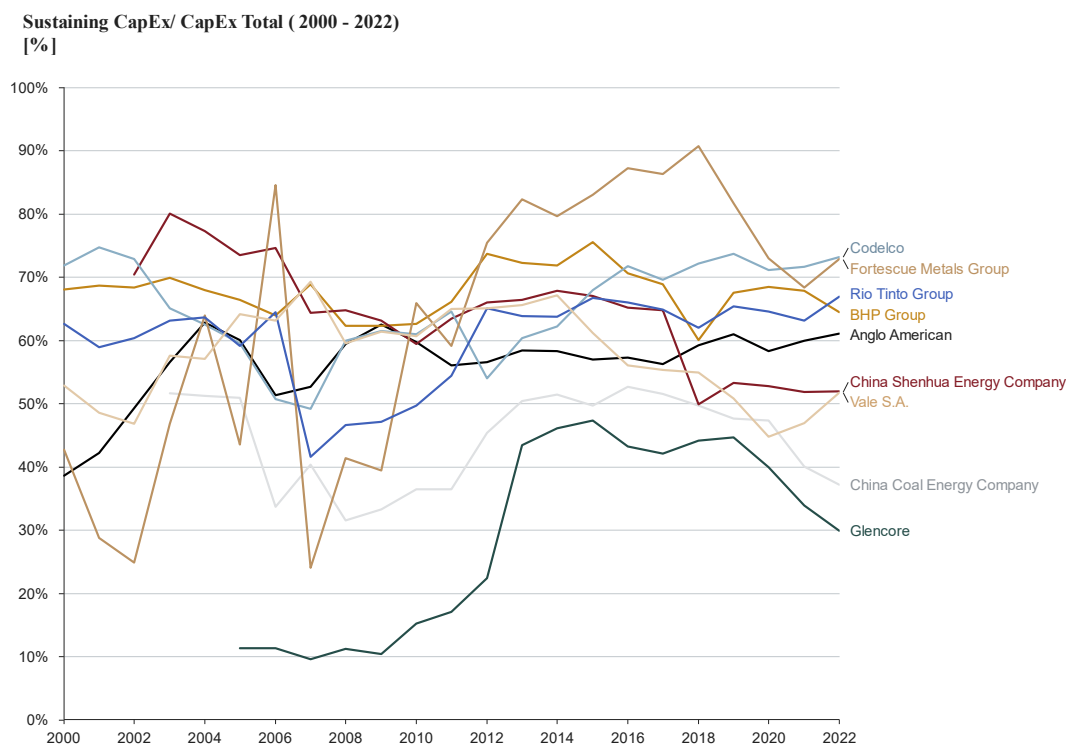


Fonte: Elaborado pela autora

Como evidenciado pelo gráfico acima, nota-se um aumento da porcentagem de Capex destinado à sustentação dos ativos a partir de 2015. Isso pode ser associado aos acidentes ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), e a conseqüente maior preocupação com segurança e sustentabilidade dos ativos, bem como a redução dos investimentos em expansão do mesmo período, fazendo com que proporcionalmente os investimentos em sustentação representassem parcela mais significativa do orçamento total.

O gráfico também indica que razão entre os investimentos de sustentação em relação ao valor total de investimento de capital se mostra como bastante volátil. Se ampliarmos o escopo, adicionando outras das maiores empresas no setor da mineração na análise, vemos que a volatilidade dessa razão se mantém, como apresentado no gráfico a seguir:

Gráfico 4 - Proporção dos investimentos de *sustaining* CapEx das principais empresas de mineração (2009 - 2022) [%]



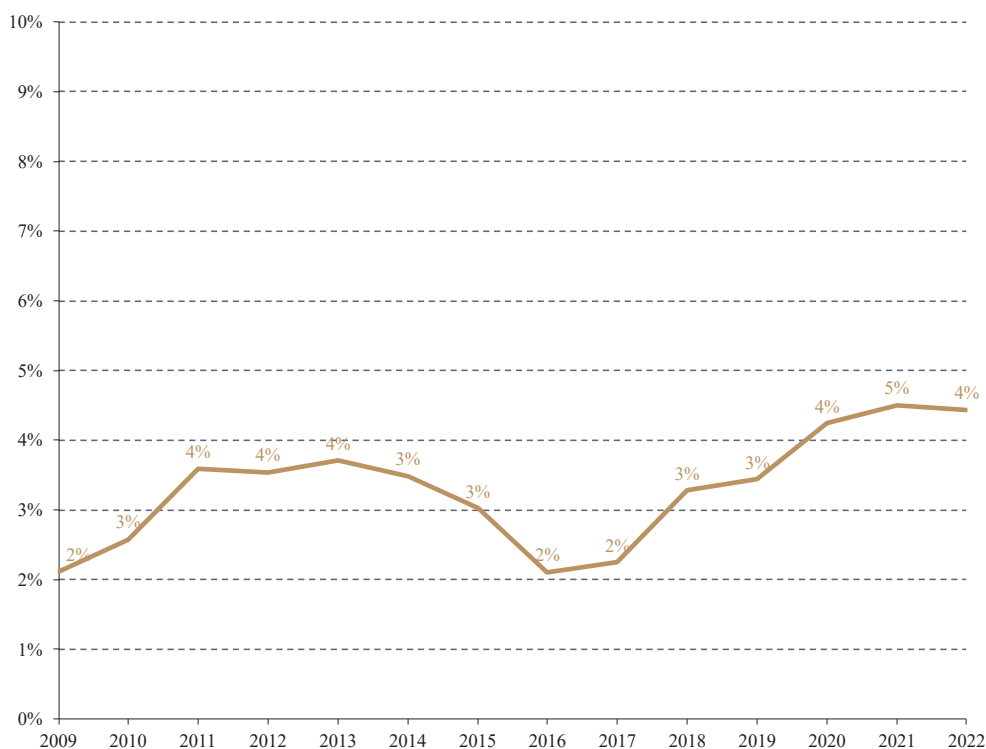
Fonte: Elaborado pela autora

Segundo o consultor entrevistado, em geral, é esperado que a proporção de investimentos de sustentação diminua à medida que ocorrem grandes investimentos *greenfield* de expansão de capacidade. Isso ocorre porque as iniciativas de expansão envolvem a construção de novas instalações e aquisição de equipamentos adicionais, aumentando significativamente o investimento total. Como resultado, a proporção de investimentos de sustentação em relação ao CapEx total diminui. No entanto, é importante ressaltar que a relação entre os investimentos de sustentação e o investimento total pode variar dependendo de outros fatores, como a fase do ciclo de vida da mina. Em certos casos, uma mina em estágio avançado pode exigir investimentos significativos em sustentação para manter a produção e prolongar a vida útil da mina, mesmo durante iniciativas de expansão de capacidade.

Porém, a proporção de investimentos de sustentação em relação aos ativos totais da empresa se apresenta como muito mais estável. No gráfico a seguir, vemos a porcentagem de investimento anual em sustentação da Vale, em relação ao valor total dos seus ativos no mesmo período.

Gráfico 5 - Proporção dos Investimentos de Capital de Manutenção da Vale S.A em relação ao seus Ativos Totais (2009-2022) [%]

**Sustaining CapEx/ Ativos totais (2009 - 2022)**  
[%]



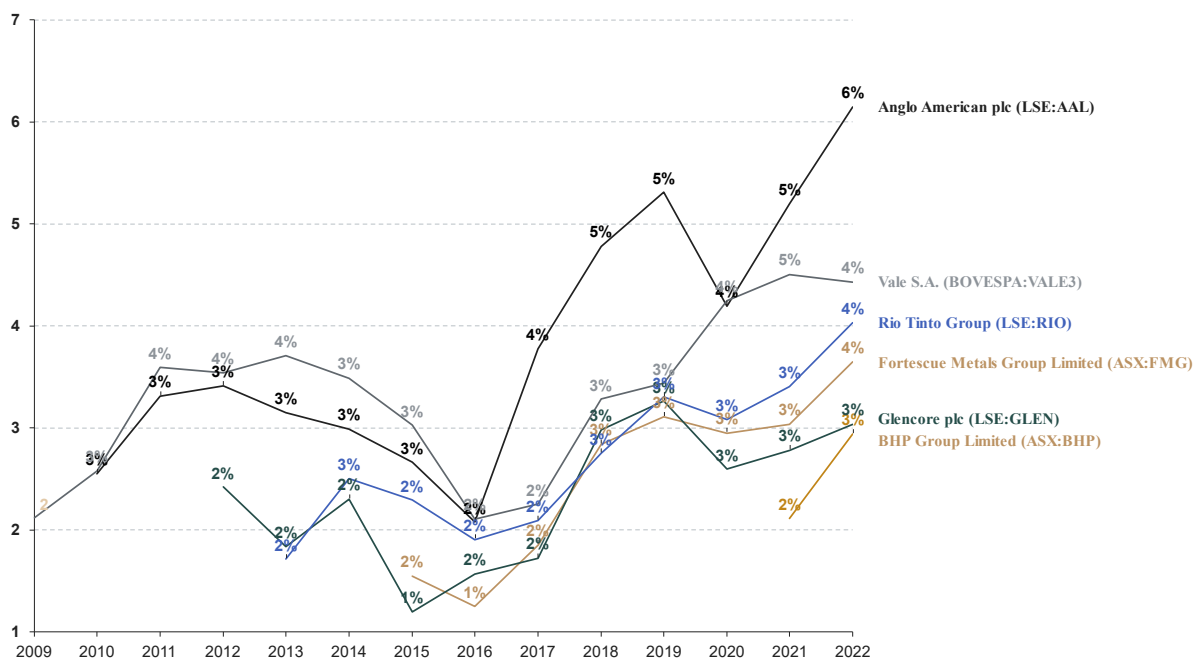
Fonte: Elaborado pela autora

Para outras empresas de mineração, a proporção de investimentos em *sustaining* CapEx também segue um padrão mais estável. Na última década, os investimentos em *sustaining* CapEx se mantêm para a maioria das empresas entre 2% e 4% dos ativos totais. No caso da Glencore e da Fortescue, essa razão reduz para 1% em momentos de baixo investimento em CapEx, como ocorreu entre os anos de 2014 e 2016.

Esse comportamento pode ser observado no gráfico a seguir:

Gráfico 6 -Proporção dos Investimentos de *Sustaining Capex* das principais empresas de mineração em relação ao seus Ativos Totais (2009-2022) [%]

Sustaining CapEx/ Ativos totais (2009 - 2022)  
[%]



Fonte: Elaborado pela autora

A Fortescue teve seus gastos totais de CapEx reduzidos para US\$ 304 milhões em 2016, em comparação com US\$ 626 milhões em 2015, representando o menor montante de investimentos no período analisado. O menor gasto de capital refletiu principalmente a redução dos investimentos de expansão da Fortescue, que representaram  $\frac{1}{3}$  do montante investido no ano anterior. De acordo com o relatório anual da empresa, o baixo investimento foi resultado da presença de ativos de processamento e infraestrutura recém-instalados, bem como da desvalorização do dólar australiano e da deflação geral após a queda nos preços das commodities (Fortescue, 2016). No caso dos investimentos em CapEx de sustentação, a redução também ocorreu, no entanto, foi marginal se comparada com os demais investimentos.

A Glencore enfrentou a mesma situação, cortando significativamente os programas de CapEx em resposta aos desafios financeiros de 2015. Essa redução nos investimentos de CapEx ocorreu devido às quedas expressivas nos preços das commodities ocorridas em 2015, bem como à perspectiva pessimista de médio prazo do mercado de commodities (Glencore, 2016).

Por outro lado, um mais alto nível de investimento de sustentação é alcançado pela empresa Anglo American nos dois últimos anos, atingindo 6% dos valores dos seus ativos em 2022. Segundo o Relatório Anual da companhia (Anglo American, 2022), sua metodologia de alocação de capital tem como prioridade clara a sustentação das operações e manutenção da integridade dos ativos. Sua disciplina de alocação de capital parte das necessidades de CapEx de sustentação e, quando garantidas, passam a destinar o capital restante para opções de capital discricionário, incluindo opções de crescimento orgânico e inorgânico, bem como retornos adicionais para os acionistas.

O aumento da proporção de investimentos em sustentação do ano anterior é atribuído majoritariamente a dois projetos: um projeto de dessalinização no Chile, que busca garantir o suprimento de água potável para a mina e as comunidades locais em um contexto de seca na região, e o processo de remoção estéril em uma das suas novas operações, ou seja a remoção de materiais que não contêm minerais de valor econômico ou que não são desejados no processo de extração mineral, que passou a ser classificada como *sustaining* CapEx em julho de 2022, quando o projeto iniciou o *ramp-up* das operações.

Outra razão possível para as flutuações nos investimentos em *sustaining* CapEx é a falta de definição clara deste conceito nas empresas. Como explicado pelo consultor entrevistado, muitas vezes, os critérios que determinam o que se classifica como *sustaining* CapEx não são específicos. Isso permite que projetos de diferentes naturezas sejam incluídos sob essa categoria. Assim, projetos voltados para crescimento ou eficiência, que geralmente exigiriam avaliações mais criteriosas, são rotulados como *sustaining* CapEx. Isso é feito para se beneficiar de um processo de aprovação simplificado. Como resultado, mesmo que o valor reportado para investimentos em *sustaining* CapEx mostre variações significativas, o real montante investido pode não ter mudado tanto, mas sim, incluir projetos que na verdade não pertencem a essa categoria.

Apesar dessas variações observadas, o gasto se mantém estável, como forma de proteção aos ativos e garantia de continuidade das operações.

### 4.1.3 Impacto do Preço das Commodities nos Investimentos em

#### *Sustaining CapEx*

Muito já foi investigado no que diz respeito a relação entre os preços das commodities e o nível de investimento em CapEx de expansão. Essa estreita relação é atribuída ao fato de que os preços das commodities desempenham um papel crucial na determinação da lucratividade e da viabilidade desses projetos. Quando os preços das commodities estão altos, cria-se um ambiente econômico favorável para as empresas de mineração e recursos, pois elas podem gerar receitas e lucros maiores com suas operações. Isso, por sua vez, incentiva as empresas a investir em novos projetos de CapEx, como a expansão das minas existentes ou o desenvolvimento de novas minas.

Por outro lado, quando os preços das commodities estão baixos, isso pode tornar os projetos de CapEx menos viáveis economicamente. Preços mais baixos significam receitas menores e, potencialmente, lucros menores para as empresas de mineração. Em tais situações, as empresas podem optar por adiar ou até mesmo cancelar seus planos de investimento, pois os retornos esperados podem não justificar os custos e os riscos associados aos projetos (Foo, N., Bloch, H., & Salim, R., 2017).

Para melhor compreender a relação do preço da commodity e o nível de investimento diferentes tipos de CapEx, foram empregadas análises de regressão linear considerando o índice de preços de metais no período de 2010 a 2022, conforme o *Primary Commodity Price System* (PCPS), e os investimentos em capital das principais empresas do setor de mineração. Isso inclui os investimentos das seguintes empresas: Anglo American plc (LSE:AAL), BHP Group Limited (ASX:BHP), Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG), Glencore plc (LSE:GLEN), Rio Tinto Group (LSE:RIO) e Vale S.A. (BOVESPA:VALE3).

O índice de preços de metais, disponibilizado pelo Fundo Monetário Internacional (FMI), engloba uma variedade de commodities, como alumínio, cobalto, minério de ferro, chumbo, molibdênio, níquel, estanho, urânio e zinco.

Além de examinar a relação entre os preços e os investimentos em um mesmo ano, a análise foi ampliada para incorporar deslocamentos temporais, permitindo a investigação das correlações entre os níveis de investimento em CapEx e os preços observados em anos anteriores e futuros.

Os resultados das análises de regressão linear estão apresentados na tabela abaixo, demonstrando os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos a partir dos diferentes arranjos. A notação adotada é a seguinte:

- Y representa a regressão linear entre o índice de preços e os investimentos em CapEx no mesmo ano (Y).
- Y-n a regressão linear entre os preços do ano n e os investimentos em CapEx no ano Y.

Tabela 5 - Coeficiente de Determinação entre índice de preços de metais e nível de investimento de capital

| <b>Índice de Preço (PCPS)</b> | <b>CAPEX</b>  | <b>Growth</b> | <b>Sustaining</b> |
|-------------------------------|---------------|---------------|-------------------|
| Y+1                           | 0,4777        | 0,0417        | 0,3988            |
| Y                             | 0,1473        | 0,0214        | <b>0,7599</b>     |
| Y-1                           | 0,5505        | 0,2316        | 0,41              |
| Y-2                           | <b>0,8123</b> | <b>0,8422</b> | 0,0042            |
| Y-3                           | 0,4777        | 0,5655        | 0,133             |

Fonte: Elaborado pela autora

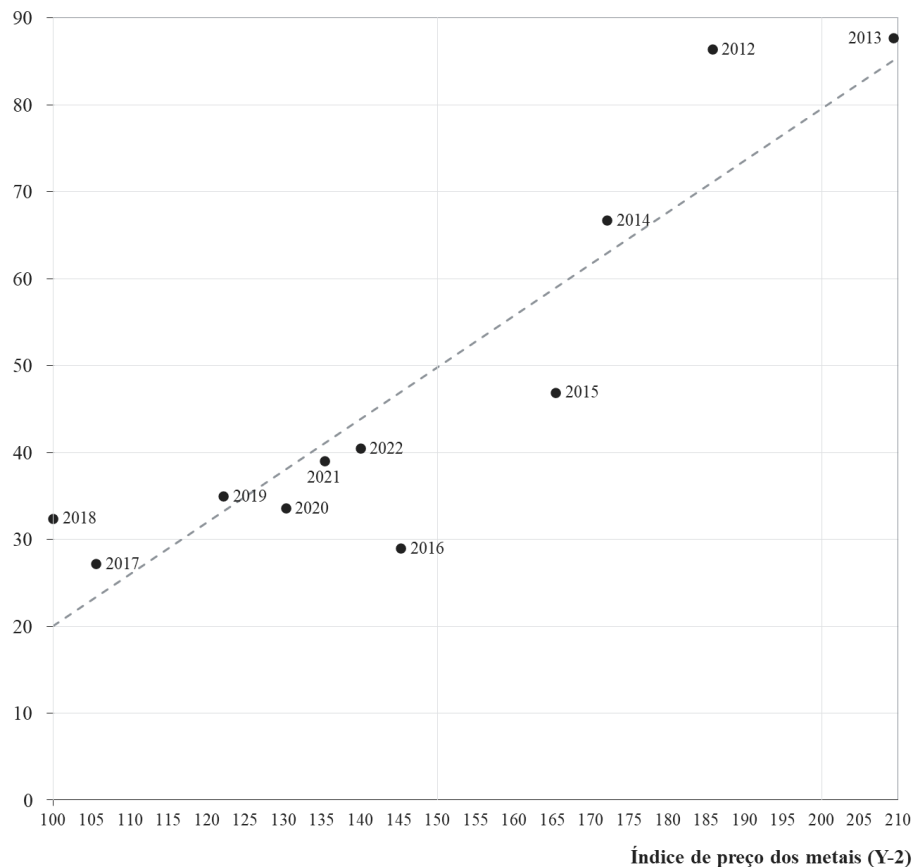
A partir dessa análise, é possível identificar uma alta correlação entre os preços das commodities de dois anos anteriores com o nível de investimento total em CapEx atual. Isso pode ser observado no gráfico a seguir:

Gráfico 7 - Relação entre índice de preços de metais do ano Y-2 e investimento total em CapEx

**Preço Y-2 vs CapEx**

$$y = 0,5949x - 39,521$$
$$R^2 = 0,8123$$

CapEx (R\$ bilhões)



Fonte: Elaborado pela autora

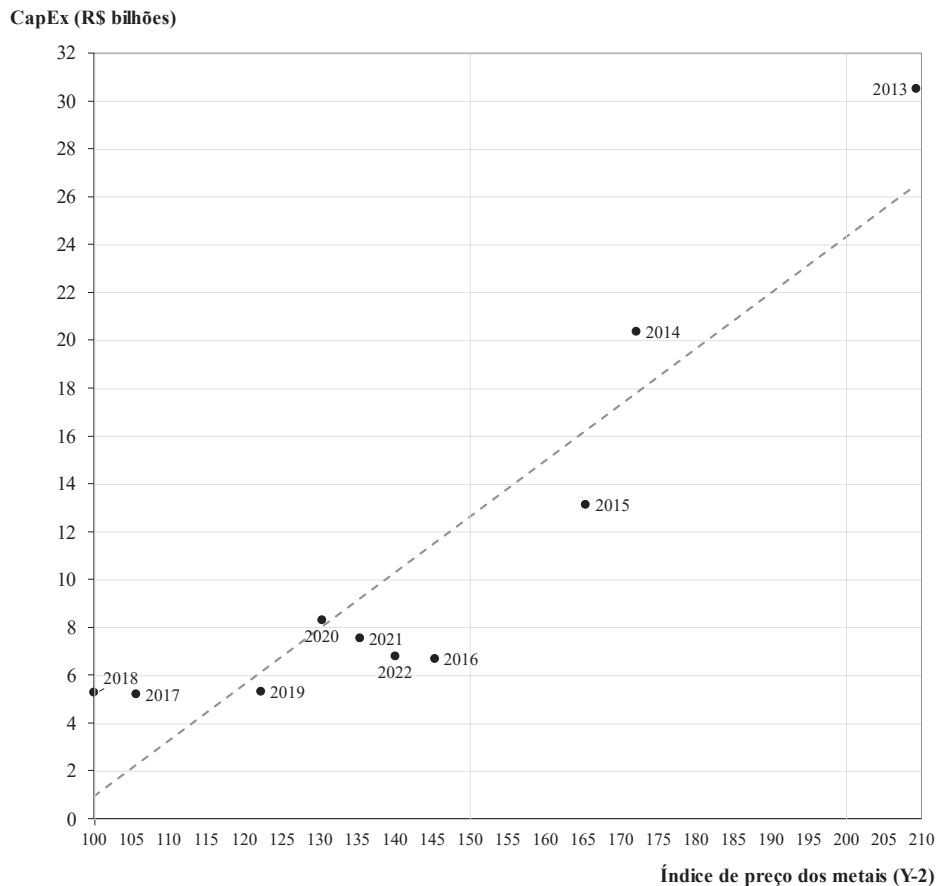
O comportamento dos investimentos em projetos de expansão é parecido. O impacto das flutuações de preço no nível de investimento passa a ser mais sentido depois de 2 anos:

Gráfico 8 - Relação entre índice de preços de metais do ano Y-2 e investimento total em CapEx de expansão

### Preço Y-2 vs Growth CapEx

$$y = 0,2336x - 22,413$$

$$R^2 = 0,8422$$



Fonte: Elaborado pela autora

A defasagem temporal da correlação pode ser atribuída a uma combinação de fatores. Primeiramente, os orçamentos anuais de CapEx das empresas são geralmente aprovados no ano anterior, o que limita a capacidade de ajustar imediatamente os investimentos com base em flutuações de preços.

Além disso, o desenvolvimento de novas minas, expansão de operações existentes e implementação de tecnologias avançadas não acontece de maneira imediata. As empresas mineradoras frequentemente trabalham com horizontes de planejamento que abrangem vários anos. Isso significa que decisões de investimento tomadas hoje podem levar um certo período para serem implementadas, e seus efeitos podem ser sentidos apenas depois de um tempo.

Desde o momento em que uma empresa decide expandir suas operações até o momento em que essa expansão começa a gerar produtos comercializáveis, pode levar alguns anos. Isso inclui o tempo necessário para definir a região que será explorada, obter as licenças e aprovações regulatórias necessárias, projetar e construir infraestrutura, além de preparar a mina para a extração. Como resultado, o impacto de uma decisão de investimento não é sentido imediatamente, mas sim após a conclusão das várias etapas do processo.

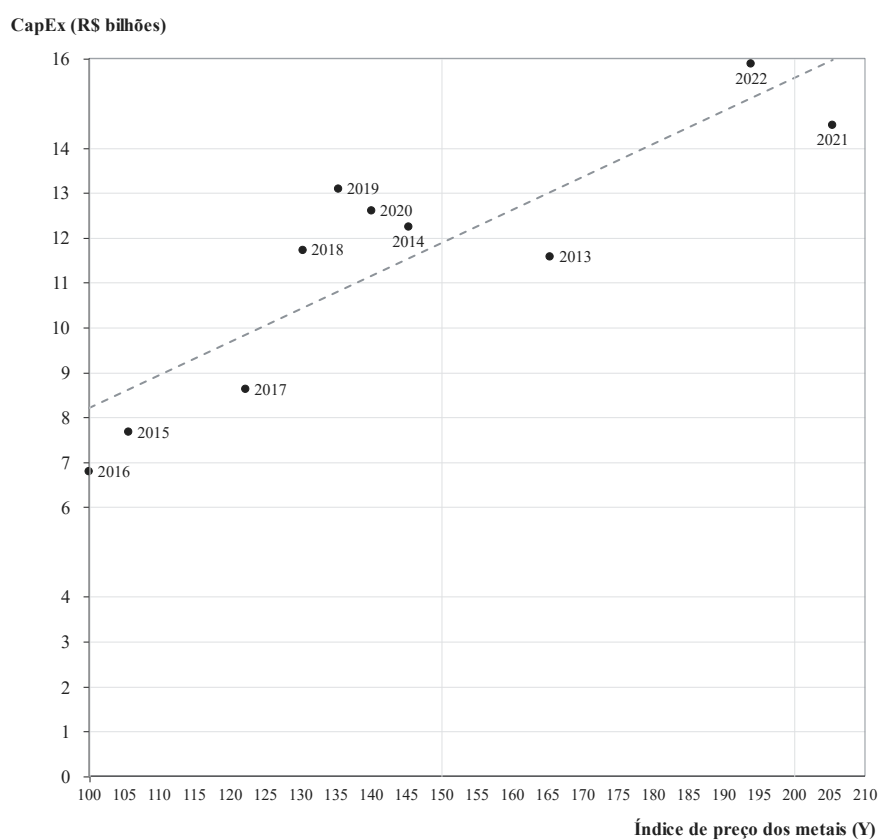
No entanto, no caso dos projetos de sustentação, o impacto é diferente. A maior correlação obtida entre o índice de preços e o nível de investimento foi quando eles foram comparados no mesmo ano, que está representada no gráfico a seguir:

Gráfico 9 - Relação entre índice de preços de metais do ano Y e investimento em *sustaining* CapEx no mesmo ano

#### Preço Y vs Sustaining CapEx

$$y = 0,0736x + 0,8389$$

$$R^2 = 0,7599$$



Fonte: Elaborado pela autora

A diferença na forma como os investimentos de CapEx de sustentação são afetados pelos preços das commodities em comparação com os investimentos de expansão pode ser analisada pela ótica da demanda. Bitros (1976), argumenta que o investimento em expansão e aumento de capacidade (*growth*) é uma “*proxy*” para as condições de demanda sugerindo que geralmente as empresas aumentam o investimento quando preveem uma demanda futura mais forte. No entanto, Nadiri e Rosen (1973) apontam que a taxa de utilização (a quantidade de produção atual em relação à capacidade máxima de produção) funciona como um amortecedor no curto prazo (Bitros, 1976). Isso significa que, frente a flutuações de demanda, as empresas primeiro ajustam o quanto utilizam de sua capacidade atual antes de investir em novos equipamentos ou desativar equipamentos existentes. No entanto, mudanças permanentes na demanda devem levar a ajustes de capacidade no longo prazo.

Assim, quando os preços das commodities aumentam em um determinado ano, as empresas têm incentivos para aumentar a utilização de suas plantas de produção para aproveitar os preços mais altos e aumentar a receita. No entanto, esse aumento na utilização coloca um maior estresse nas máquinas e equipamentos, levando a um desgaste mais rápido e exigindo um nível maior de manutenção ou substituição imediata. Esse aumento nas necessidades de manutenção e substituição justifica um aumento nos investimentos de CapEx de sustentação no mesmo ano, visando garantir que a produção possa continuar a operar eficientemente e aproveitar os preços mais altos.

Por outro lado, quando os preços das commodities caem, as empresas podem enfrentar uma redução na lucratividade de suas operações. Isso as incentiva a reduzir os níveis de produção, resultando em uma utilização menos intensiva de suas máquinas e equipamentos. Como resultado, os ativos são poupados de desgaste excessivo, conservando sua vida útil. Isso leva a uma menor necessidade de manutenção e substituição imediata, o que se traduz em menores investimentos de CapEx de sustentação.

Em resumo, a relação direta entre os preços das commodities e os investimentos de CapEx de sustentação é uma consequência das interações entre a demanda por produção, a utilização dos ativos e a necessidade de preservar a eficiência operacional, seja em períodos de preços altos ou baixos.

Apesar dessa relação imediata com o preço das commodities, muitos projetos de *sustaining* CapEx na mineração estão relacionados ao cumprimento de regulamentações ambientais e padrões de segurança. Esses investimentos podem ser necessários independentemente das flutuações de preços, uma vez que o não cumprimento dessas regulamentações pode resultar em penalidades.

Esses exemplos de projetos ilustram de maneira clara a dinâmica dos investimentos de sustentação: ao optar por eles, aumenta-se a probabilidade de preservar um fluxo de caixa contínuo no futuro, mitigando riscos operacionais. Em contrapartida, a negligência desses aportes pode acarretar em consequências negativas. Assim, é relevante destacar que o propósito do investimento de *sustaining* CapEx não se concentra na melhoria do fluxo de caixa, tal qual observado nos projetos tradicionais. Em vez disso, busca-se sua conservação, com o objetivo de evitar a deterioração ao longo do tempo.

Portanto, é fundamental que se adotem métodos que considerem o impacto do investimento na mitigação de riscos, além da comparação entre diferentes cenários futuros, variando de acordo com a implementação ou não dos projetos em discussão. Esses métodos de avaliação de projetos de *sustaining* CapEx serão discutidos na seção seguinte.

Tendo em vista o que foi discutido até aqui sobre esse tipo de investimento na indústria mineradora, destaca-se a importância de levar em consideração uma análise histórica dos investimentos, observando tendências anteriores, além de comparar com os principais concorrentes. Isso torna-se muito importante para se definir o orçamento de CapEx dos anos seguintes, já que, ao estudar tendências anteriores, as empresas podem obter insights sobre como os preços das commodities impactaram investimentos do passado, ajudando a informar decisões futuras. Além disso, ao comparar o nível de investimento com os principais concorrentes, é possível garantir que os investimentos estão alinhados com as demandas da indústria.

Ademais, para a determinação do orçamento de CapEx, é preciso avaliar o estado atual dos ativos da empresa, para que se identifique a necessidade real de investimentos de manutenção da capacidade. Para isso, comparar o orçamento de CapEx com o valor dos ativos da empresa e com a depreciação do período pode ajudar a tomada de decisão menos arriscada em relação a esse tipo de investimento.

## 4.2 Avaliação de Projetos de *Sustaining CapEx*

### 4.2.1 Avaliação de Cenários em Projetos de *Sustaining CapEx*

A análise de cenários se revela muito útil para a avaliação de projetos de investimentos em capital de sustentação. Esses tipos de projetos têm sempre como objetivo, em última instância, diminuir os riscos operacionais do negócio. Seja para aprimorar a segurança dos funcionários nas operações, substituir uma máquina obsoleta propensa a interrupções frequentes ou empreender um projeto para minimizar os impactos ambientais indesejáveis, a meta comum é a redução de riscos. Tendo isso em mente, a comparação de cenários alternativos, como método de avaliação desses projetos, permite quantificar o custo benefício de realizar ou não um projeto de sustentação.

Optar por não realizar um projeto que tenha como foco a substituição de máquinas antigas pode acarretar em consequências significativas no futuro. Por exemplo, um acidente operacional decorrente da máquina antiga pode não apenas afetar a saúde dos funcionários envolvidos, mas também resultar em multas trabalhistas substanciais ou interromper gravemente a operação, resultando em uma queda temporária na produção e, conseqüentemente, em receita reduzida durante esse período.

No entanto, os impactos associados a não realizar o projeto não são definitivos: não há garantia de que a máquina antiga apresentará problemas nos próximos 5 anos. Ainda assim, é viável avaliar a probabilidade desse evento ocorrer, seja por dados históricos ou avaliações técnicas. Essa probabilidade pode ser utilizada para construir um caso de negócio no qual diferentes cenários são avaliados e quantificados, levando em consideração o impacto de cada um desses cenários em indicadores predefinidos, como receita, número de acidentes, custos de manutenção e reparos, entre outros.

Um exemplo emblemático no que diz respeito a possíveis impactos do não investimento ou investimento insuficiente em manutenção e segurança, são os acidentes de Mariana e Brumadinho, ocorridos em 2015 e 2019 respectivamente.

O caso Mariana o rompimento da barragem do Fundão operada pela Samarco (joint-venture entre BHP e Vale) liberou rejeitos de mineração, devastando o distrito de Bento Rodrigues, pertencente à cidade de Mariana, em Minas Gerais, além de avançar pelo Rio Doce, causando grande degradação ambiental. (National Geographic, 2019).

O semelhante acidente em Brumadinho, MG, 4 anos depois, também foi resultado do rompimento de uma barragem de rejeitos da mineradora Vale. O rompimento da barragem liberou uma grande quantidade de lama e rejeitos de mineração que se espalharam pela região, causando a morte de 270 pessoas. O desastre também causou danos ambientais significativos, sendo considerados um dos maiores desastres ambientais da história do Brasil. (Sznelwar LI, Zilbovicius M, Brunoro CM, Andrade BLR, Piqueira JRC, 2019).

Apesar das causas ainda estarem sendo identificadas e os acidentes terem sido decorrentes da interligação de diversos fatores complexos, que dificultam o rastreamento de todos os seus impulsionadores, nos dois casos, a manutenção adequada, o monitoramento e gestão de risco associados às barragens foram questionados. Sem a devida atenção e investimento em manutenção e segurança, esses sistemas podem falhar.

A indústria de mineração é altamente capital-intensiva e requer investimentos contínuos para garantir que as operações estejam seguras, eficientes e conforme todas as políticas. Tendo isso em vista, uma gestão adequada de *sustaining* CapEx, utilizando uma análise de cenários detalhada para tomadas de decisão de investimento de capital poderiam ter desempenhado um papel significativo na prevenção ou mitigação dos acidentes como os ocorridos em Mariana e Brumadinho.

Identificando incertezas relacionadas à integridade das barragens e esboçando cenários plausíveis de falhas, se torna possível obter uma estimativa dos impactos. A quantificação precisa desses impactos, no entanto, é uma tarefa complexa. Não se pode atribuir um valor exato a uma vida humana ou ao dano ambiental irreparável. Também não é possível determinar com exatidão a probabilidade de um evento dessa magnitude ocorrer e mesmo que o fosse, em um business case objetivo, essa probabilidade poderia ser tida como tão baixa, que qualquer investimento de capital para mitigar os riscos seria avaliado com um ROI negativo e impossibilitado de ser executado. Contudo,

mesmo tentativas aproximadas de quantificar esses impactos podem ser essenciais para sinalizar a importância e urgência das intervenções de manutenção.

Além disso, a determinação de orçamentos de *sustaining* CapEx, quando mal estruturados, também podem colaborar para ocorridos como esses. Quando empresas estabelecem orçamentos rígidos, priorizando retornos a curto prazo e sem uma avaliação adequada das necessidades de *sustaining* CapEx, elas podem negligenciar investimentos vitais em manutenção e atualização de infraestruturas essenciais. Em contextos como o de Mariana e Brumadinho, o foco no retorno de curto prazo e economia imediata pode levar a decisões que subestimem os riscos (Sznelwar LI., Zilbovicius M., Brunoro CM., Andrade BLR, Piqueira JRC, 2019). A mentalidade orçamentária restritiva pode postergar ou mesmo descartar intervenções críticas, aumentando a probabilidade de falhas no futuro. Isso reforça a importância de uma avaliação ampla das necessidades de investimento, para evitar que a determinação de um orçamento prévio para esse tipo de projeto não seja uma restrição para a realização dessas intervenções críticas em tempo hábil.

Nem sempre é possível traçar um caminho claro para a avaliação de investimentos de *sustaining* CapEx, principalmente em contextos tão complexos como os desastres de Mariana e Brumadinho. Entretanto, mesmo diante da complexidade, a utilização de critérios objetivos e processos de avaliação claros são cruciais. A realidade das diferentes operações possuem variáveis diversas que desafiam a aplicação de métodos teóricos ideais, tornando a avaliação perfeita dos impactos intangível. Porém, a adoção de um processo que incorpore cenários diversos e riscos associados, pode criar um caminho mais embasado para a tomada de decisão.

#### **4.2.2 Avaliação de projetos com ganhos financeiros mensuráveis**

No caso de projetos que resultam na redução de custos, ou que tenham ganhos financeiros, é importante que a avaliação de cenários inclua a análise de variáveis quantitativas, buscando mensurar o impacto financeiro de cada um deles.

A partir disso, será apresentado um exemplo cotidiano, que ilustra de forma prática como a avaliação de cenários em projetos de *sustaining* CapEx poderia ser feita.

Suponhamos que se possua uma máquina há 10 anos. Embora ela ainda esteja operacional e desempenhando sua função conforme o esperado, sabemos que após 10 anos, os custos de manutenção aumentam e a probabilidade de paradas não programadas, principalmente devido a falhas no motor, se torna mais alta. Agora, diante dessa situação, é preciso decidir entre substituir a máquina inteira por um modelo mais recente, trocar apenas o motor por um mais moderno ou continuar utilizando-a até o final de seu ciclo de vida, realizando manutenções pontuais conforme necessário. Para embasar essa decisão, podem ser estabelecidas três possibilidades como cenários a serem avaliados.

No primeiro cenário, é optado por "aposentar" prematuramente a máquina atual e adquirir um modelo mais moderno, com uma vida útil estendida. Nesse caso, é necessário um considerável investimento em capital de manutenção, devido ao alto custo associado à compra da nova máquina. No entanto, dado que a máquina ainda está operacional, há oportunidade de explorar opções como negociá-la com outra empresa a um preço reduzido para uma máquina usada ou vender suas peças que ainda estejam em boas condições.

No segundo cenário, é escolhido apenas substituir o motor da máquina atual, mantendo a operação inalterada por um período prolongado, esperando que o custo de manutenção a longo prazo seja menor, uma vez que a maioria dos problemas estava associado ao motor. Embora o investimento necessário para aquisição do motor seja substancialmente menor do que o custo de uma máquina nova, ainda demanda um investimento significativo, enquanto a receita incremental da venda da máquina atual não é uma opção.

No terceiro cenário, decide-se por não realizar o projeto de manutenção e manter a operação no estado atual. Nesse caso, entende-se o uso da máquina existente, evitando grandes desembolsos de capital. No entanto, nesse cenário, poderiam ser necessárias manutenções menores mais frequentes (o que implicaria em maiores gastos operacionais - OpEx). Ao mesmo tempo, as chances de acidentes de trabalho aumentariam com a máquina mais antiga, além de existir um risco elevado de interrupções na produção caso o motor apresentasse problemas mais significativos.

Para tomar uma decisão informada sobre a seleção do cenário mais apropriado, é preciso estabelecer indicadores que servirão como critérios para a avaliação de cada

opção. No contexto do exemplo em análise, os indicadores pertinentes incluem o valor presente líquido (VPL) e o risco encontrado. Para cada um desses indicadores, podem ser designados pesos, refletindo o grau de relevância dentro do contexto organizacional.

Inicialmente, é necessário identificar, para cada cenário, as variáveis relevantes para a análise financeira. Estas englobam investimentos iniciais, custos operacionais, valores de venda de ativos antigos, multas potenciais por acidentes de trabalho, custos associados a falhas operacionais e custo de oportunidade associados a paradas.

De acordo com Torres, O.F. (2006), problemas como esse são tradicionalmente designados como problemas de substituição ou reposição. O primeiro deles refere-se a equipamentos que possuem eficiência decrescente e vida útil previsível e busca-se definir quando o equipamento deve ser substituído por um novo. Já problemas de reposição consideram que o equipamento mantém a sua eficiência até que falhe repentinamente, de forma imprevisível e aleatória. A manutenção preventiva ou reposição são consideradas para evitar falhas inesperadas que podem causar prejuízo maiores. Assim, a análise de reposição envolve a troca de equipamentos que falhem aleatoriamente.

Em problemas de substituição, o equipamento vai se desgastando pelo uso ao longo do tempo, os custos de manutenção aumentam e o valor de venda no mercado diminui, chegando a um ponto que não é mais economicamente viável continuar usando o equipamento. Esse ponto indica o fim da vida econômica do ativo, e, portanto, busca-se determinar a vida econômica da máquina em questão, para que se decida pelo cenário mais adequado.

Para a substituição do equipamento existem 2 opções: (1) a substituição por um equipamento do mesmo tipo, com mesmos custos de aquisição, manutenção, rendimentos e valor residual do equipamento atual ou (2) a substituição por um equipamento mais eficiente.

No caso (1), é preciso analisar o valor de mercado esperado para o ativo nos próximos anos e o custo de manutenção associado. Com isso, são determinados os fluxos de caixa correspondentes para cada número de anos de uso, considerando o custo de aquisição e a receita da venda a valor de mercado no respectivo ano. O fluxo de caixa é trazido a valor presente líquido (VPL). Assim, pode-se comparar o custo

anual equivalente (CAE) com os custos de substituição do equipamento. No o ano em que o CAE for menor no cenário da substituição, é considerado econômico substituir o equipamento em questão.

No caso (2), onde a substituição ocorre por um equipamento mais eficiente, é preciso para as duas máquinas, estimar os respectivos custos de manutenção e o valor de mercado para cada ano. Diferentemente do caso anterior, esses valores devem divergir. Assim, compara-se o CAE das duas máquinas ano a ano. Se o CAE do novo equipamento é menor do que o equipamento atual, este é o momento em que deve ocorrer a substituição.

Para problemas de reposição, nos quais o equipamento possui eficiência constante e falha aleatória, deve-se estimar os custos das unidades trocadas e o custo associado à própria troca, que inclui a preparação para a troca e a perda de produção associada a ela. Para que o problema se configure como tal, devem existir diversas unidades idênticas que falham de maneira aleatória e precisam ser repostas. Se o custo de troca for grande em relação ao custo da unidade, fazer reposição em grupo, trocando periodicamente todas as unidades pode ser interessante. Dessa forma, é possível programar a troca, buscando um momento em que o custo da troca seja favorável.

Nesse tipo de problema, é necessário entender qual é a distribuição estatística das falhas, ou seja, qual o comportamento das falhas ao longo dos anos de uso do equipamento. A partir disso, determina-se a curva de sobrevivência – quantos itens se mantem imunes à falha para cada período de tempo. A seguir, determina-se a vida média das unidades e qual o número de reposições esperados para o período, tornando possível comparar os custos de cada política.

Esse método nos dá um maior direcionamento acerca de quais análises financeiras pode-se conduzir para determinar quando um projeto de substituição ou reposição deve ser executado, de forma a maximizar a vida econômica dos ativos, bem como reduzir os custos associados à troca. Ambos os métodos usam a ideia de fluxo de caixa do projeto de investimento para compreender sua viabilidade econômica.

No entanto, sabe-se que os valores considerados são apenas estimativas do que realmente ocorrerá. Os custos associados à manutenção dos ativos oscilam ao longo do tempo, o valor residual dos equipamentos não é tão evidente e o momento em que ocorre a falha não é fixo. Todos esses fatores estão associados a probabilidades

esperadas, e sua variação pode ter um impacto significativo na decisão de qual cenário escolher.

Tendo isso em vista, é necessário que, para cada cenário, seja considerada a incerteza associada. Isso pode envolver a análise de dados históricos, avaliação técnica da máquina, além de análises do contexto econômico, para que os valores financeiros sejam melhor estimados.

Tendo as variáveis relevantes, é possível converter esses valores em estimativas monetárias, realizando a análise de fluxo de caixa adequada, como sugerida por Torres, (2006). Essa metodologia de problemas de substituição e reparo pode ser utilizada para determinar os indicadores nos quais a análise de cenário se baseará, como VPL e CAE, lembrando que para cada período futuro, o custo associado deve ser multiplicado pela probabilidade estimada desse evento acontecer. Assim, determina-se o valor esperado para cada cenário. Esse valor esperado, nos permite comparar o impacto financeiro de cada cenário.

Embora o método de avaliação de projetos de investimento, baseado na comparação de indicadores financeiros, seja amplamente empregado na substituição de ativos, sua aplicação em projetos focados principalmente em benefícios qualitativos, com o objetivo de mitigar riscos, revela-se menos eficaz.

### **4.2.3 Avaliação de projetos com ganhos qualitativos**

Projetos cujos ganhos monetários não são facilmente mensuráveis podem incluir aspectos como a melhoria da segurança dos operadores, mitigação de riscos regulatórios, ou redução da pegada de carbono de uma fábrica.

Nesses casos, o método de comparar cenários concorrentes através de indicadores financeiros pode não ser tão apropriado. Isso ocorre devido à natureza dos benefícios desse tipo de projeto, que são principalmente qualitativos. Por exemplo, melhorias na segurança dos operadores podem incluir a redução do risco de acidentes de trabalho e um ambiente mais seguro. Quantificar esses benefícios em termos financeiros pode não capturar adequadamente os ganhos. Além disso, se forem quantificados, ao concorrerem com projetos de outras naturezas, dificilmente seriam priorizados.

Tendo isso em vista, a seguir será proposto um método para analisar projetos substitutos que cujo objetivo principal não é obter vantagens financeiras para a companhia, mas sim reduzir riscos das operações. Os riscos podem ser relacionados ao desempenho e confiabilidade de um ativo, a aspectos legais, ao meio ambiente, etc. Dessa forma, ao analisar diferentes alternativas, é relevante levar em conta qual das alternativas analisadas está de fato mitigando em maior grau o risco o qual o projeto visa mitigar.

Para isso, em primeiro lugar deve-se identificar o risco específico da operação que precisa ser mitigado e analisar sua criticidade. Uma maneira de fazer isso é por meio da matriz de risco, considerando sua probabilidade e impacto no atual cenário operacional.

Em seguida, para as diferentes alternativas que visem a mitigação do risco, pode-se avaliar como sua implementação afetaria a probabilidade e o impacto do risco em questão, atualizando a posição do risco na matriz. Assim, compara-se as 3 alternativas com base na nova posição do risco, sendo possível identificar qual das alternativas teve o maior impacto na redução do risco.

Consideremos o risco de incêndio em um ambiente industrial. No momento inicial, esse risco é considerado em termos de probabilidade como possível, e o impacto grande, como sinalizado na matriz a seguir.

Figura 6 - Posicionamento do risco de incêndio na matriz de risco

|               |             | Impacto     |         |          |        |              |
|---------------|-------------|-------------|---------|----------|--------|--------------|
|               |             | Desprezível | Pequeno | Moderado | Grande | Catastrófico |
| Probabilidade | Quase certo |             |         |          |        |              |
|               | Provável    |             |         |          |        |              |
|               | Possível    |             |         |          |        |              |
|               | Improvável  |             |         |          |        |              |
|               | Raro        |             |         |          |        |              |

Fonte: Elaborado pela autora

Para mitigar o risco de incêndio, são consideradas três alternativas de projetos de CapEx de sustentação:

- 1) A aquisição de um sistema de prevenção de incêndio, que inclui sprinklers automáticos e um sistema de detecção.
- 2) A renovação dos equipamentos de combate a incêndio como extintores, mangueiras e hidrantes.
- 3) A modernização de sistemas de alarme de incêndio.

No primeiro projeto, reduz-se a probabilidade de ocorrência do incêndio, já que diminui a chance do incêndio ser iniciado, pela rápida detecção e resposta. No entanto, em caso de incêndio, pouco se melhora em termos de redução de impacto. Sua implementação, portanto, reduziria a probabilidade de possível, para raro, enquanto o impacto seria mantido como grande:

Figura 7 - Posicionamento do risco de incêndio após a aquisição de um sistema de prevenção de incêndio

|               |             | Impacto     |         |          |        |              |
|---------------|-------------|-------------|---------|----------|--------|--------------|
|               |             | Desprezível | Pequeno | Moderado | Grande | Catastrófico |
| Probabilidade | Quase certo |             |         |          |        |              |
|               | Provável    |             |         |          |        |              |
|               | Possível    |             |         |          |        |              |
|               | Improvável  |             |         |          |        |              |
|               | Raro        |             |         |          |        |              |

Fonte: Elaborado pela autora

No caso da renovação dos equipamentos de combate ao incêndio, tanto a probabilidade do incêndio se espalhar, quanto o impacto em termos de danos são reduzidos. Assim, a probabilidade de ocorrência do risco é reduzida, enquanto o impacto, caso o incêndio ocorra, também diminui.

Figura 8 - Posicionamento do risco de incêndio após a aquisição de um sistema de combate a incêndios

|               |             | Impacto     |         |          |        |              |
|---------------|-------------|-------------|---------|----------|--------|--------------|
|               |             | Desprezível | Pequeno | Moderado | Grande | Catastrófico |
| Probabilidade | Quase certo |             |         |          |        |              |
|               | Provável    |             |         |          |        |              |
|               | Possível    |             |         |          |        |              |
|               | Improvável  |             |         |          |        |              |
|               | Raro        |             |         |          |        |              |

Fonte: Elaborado pela autora

Por fim, analisa-se a modernização de sistemas de alarme. A implementação desse projeto melhora a capacidade de detecção precoce de incêndios, fazendo com que se tenha uma resposta mais rápida à situação de emergência. Apesar de não impactar significativamente a probabilidade de ocorrência do incêndio, essa alternativa reduz significativamente o impacto causado pelo acidente, já que todos serão alertados imediatamente do ocorrido e poderão tomar as devidas providências. A matriz de impacto nesse caso, poderia ser atualizada da seguinte maneira:

Figura 9 - Posicionamento do risco de incêndio após a aquisição de um sistema de alarme de incêndio

|               |             | Impacto     |         |          |        |              |
|---------------|-------------|-------------|---------|----------|--------|--------------|
|               |             | Desprezível | Pequeno | Moderado | Grande | Catastrófico |
| Probabilidade | Quase certo |             |         |          |        |              |
|               | Provável    |             |         |          |        |              |
|               | Possível    |             |         |          |        |              |
|               | Improvável  |             |         |          |        |              |
|               | Raro        |             |         |          |        |              |

Fonte: Elaborado pela autora

A partir da análise do impacto dos três projetos alternativos na matriz de risco, o projeto 2, de renovação dos equipamentos de combate a incêndios se mostra como mais interessante em termos de redução de risco, já que impacta tanto a probabilidade quanto o impacto do acidente, movendo o risco de uma zona de risco alta para baixa.

De maneira quantitativa, pode-se atribuir notas de 1 a 5 para o impacto e a probabilidade, sendo 5 impacto catastrófico e probabilidade quase certa. A multiplicação das duas notas resulta no nível de risco observado. Se isso for aplicado no nosso exemplo, o risco inicial valeria 3 (probabilidade possível) x 4 (impacto grande) = 12.

Na tabela a seguir, pode-se comparar a redução de risco oferecida por cada uma das alternativas:

Tabela 6 - Exemplo do cálculo de redução de risco

|                          | <b>Situação atual</b> | <b>Projeto 1</b> | <b>Projeto 2</b> | <b>Projeto 3</b> |
|--------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Impacto (I)</b>       | 4                     | 4                | 2                | 2                |
| <b>Probabilidade (P)</b> | 3                     | 1                | 1                | 3                |
| <b>Risco (I x P)</b>     | 12                    | 4                | 2                | 6                |
| <b>Redução de risco</b>  | -                     | -67%             | <b>-83%</b>      | -50%             |

Fonte: Elaborado pela autora

Com isso, vemos que o projeto 2 possui maior ganho em termos de redução de riscos.

No entanto, nessa análise não foram considerados os investimentos necessários para a realização dos 3 diferentes projetos. Se as alternativas possuem custos semelhantes ou se a alternativa de menor custo e aquela que mitiga o risco de forma mais efetiva forem a mesma, a escolha é simplificada. Porém, se isso não ocorrer, pode ser necessária a análise conjunta da redução do risco e dos investimentos necessários para a implementação do projeto.

Idealmente, estimar a redução do custo associado ao risco com a implementação de cada um dos projetos permitiria que essa análise fosse feita de maneira quantitativa.

No entanto, determinar qual a redução de custo relacionada a cada uma das alternativas não é trivial. Primeiramente precisa entender quais são os possíveis danos associados ao acidente. No caso de incêndio, entre eles podemos citar danos estruturais à construção e equipamentos, perdas de estoque e custo associado a interrupção da operação (Hartson Fire, 2023). Se as probabilidades e os impactos forem conhecidos, estimar os custos das perdas materiais é possível.

Contudo, esses valores não são facilmente conhecidos ou determinados. Isso ocorre porque a extensão de um incêndio pode variar, levando a diferentes graus de danos à estrutura e aos equipamentos. Além disso, é uma tarefa complexa quantificar o quanto a disponibilidade de um novo extintor poderia diminuir o custo resultante de um acidente. Mesmo que fosse possível determinar essa redução, ela dependeria do comportamento dos operários durante o acidente e de suas habilidades no uso dos novos equipamentos.

Além dessas perdas, um caso de incêndio em uma fábrica pode comprometer a segurança dos operadores e bombeiros. Estimar o custo de uma fatalidade ou lesão associada ao acidente pode ser ainda mais desafiador. Para cálculos desse tipo, normalmente se usa o conceito de “Valor estatístico de uma vida” (VSL) e o “Valor estatístico de uma lesão” (VSI). Por meio deles, busca-se quantificar o valor monetário de um aumento de segurança e a consequente redução do risco de mortalidade e lesões (*National Fire Protection Association - NFPA*, 2023). De acordo com os últimos relatórios, nos Estados Unidos, estima-se que o VSL seja igual a 11.6 milhões de dólares. No caso de lesões, depende de qual a gravidade da lesão. Para cada uma delas, também existem valores pré estabelecidos. Com os valores determinados, ainda é preciso estimar a taxa de fatalidades e lesões esperada em um acidente, que pode ser feita usando estatísticas e bases de dados. No caso de incêndios do exemplo, nos EUA podem ser usados relatórios técnicos da NFPA.

Os valores de VSL e VSI, porém podem variar dependendo da região e contexto econômico, tornando difícil estabelecer valores precisos e universalmente aplicáveis. Outra limitação está associada à incerteza na previsão de fatalidades e lesões, uma vez que esses eventos dependem de uma série de fatores imprevisíveis, como a gravidade do acidente e o comportamento das pessoas envolvidas.

Após a entrevista com o especialista em CapEx e com base em experiência profissional, identifica-se que, em projetos de *sustaining* CapEx voltados para a mitigação de risco, quando não há ganhos quantificáveis, a decisão entre cenários alternativos geralmente é tomada de maneira descentralizada pelos responsáveis dos projetos em suas áreas específicas. Essas decisões raramente são debatidas nas áreas centrais de CapEx. Segundo o consultor, muitos colaboradores internos nem sempre compreendem plenamente como as alternativas são avaliadas dentro de suas empresas, indicando que muitas vezes não existe um método padrão para essa tomada de decisão.

Na empresa C, a aprovação de qualquer projeto de CapEx exige a apresentação de diversos documentos. Dentre eles, o que mais influência na avaliação é uma planilha do Excel com múltiplas abas. Nesta planilha, o departamento que solicita o projeto detalha o *business case*, expondo os impactos financeiros em termos de custos e receitas, descreve os ativos que pretende adquirir, apresenta a análise de riscos e, finalmente, compara cenários alternativos para justificar sua decisão.

No entanto, a descrição destes cenários alternativos, embora exigida, muitas vezes é incompleta, sobretudo em projetos que não possuem quantificações claras. A demanda por cenários alternativos no processo de aprovação de projetos parece ser mais uma formalidade burocrática do que uma prática genuinamente analítica. Assim, durante a avaliação, a simples presença de cenários alternativos é considerada, mas a metodologia ou o conteúdo subjacente à escolha de um cenário sobre o outro não são examinados em profundidade. A pontuação do projeto é baseada apenas na existência (ou não) desses cenários, e não na qualidade da análise realizada. Este modelo operacional resulta em decisões tomadas localmente, e não de forma centralizada, levando à adoção de critérios variados na escolha de alternativas.

Este cenário propicia um ambiente em que a metodologia por trás da escolha dos cenários pode se tornar obscura e difícil de ser compreendida em algumas empresas.

Uma solução possível para a incorporação dos investimentos necessários para projetos de mitigação de risco seria, para cada alternativa, calcular o investimento necessário para cada ponto percentual de redução de risco. Ou seja, qual o investimento necessário para reduzir meu risco em 1% em cada alternativa. Com isso, pode-se obter uma relação custo benefício de cada opção, podendo comparar seu ganho (mesmo que qualitativo) com o custo envolvido.

Voltando para o exemplo usado, precisaríamos então incluir o investimento associado a cada um dos projetos. Vamos supor que o projeto 1, 2 e 3 precisarão respectivamente de R\$100.000, R\$150.000 e R\$80.000 de CapEx e OpEx para sua execução.

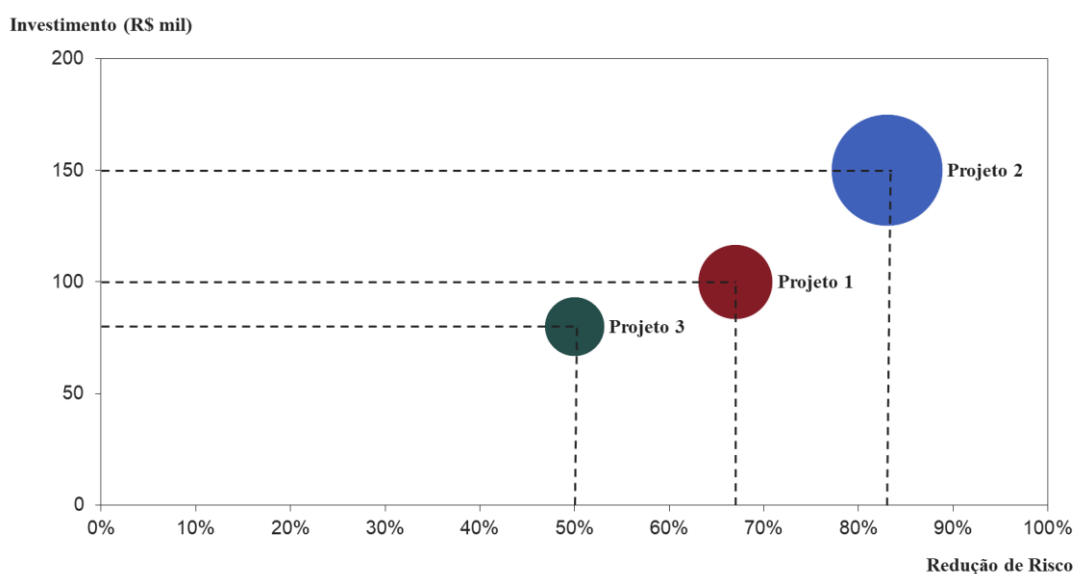
Tabela 7 - Análise de investimento necessário para a redução de risco

|                                   | Situação atual | Projeto 1 | Projeto 2 | Projeto 3 |
|-----------------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Impacto (I)                       | 4              | 4         | 2         | 2         |
| Probabilidade (P)                 | 3              | 1         | 1         | 3         |
| Risco (I x P)                     | 12             | 4         | 2         | 6         |
| Redução de risco                  | -              | -67%      | -83%      | -50%      |
| Investimento necessário (R\$ mil) | 0              | 100       | 150       | 80        |

Fonte: Elaborado pela autora

Com a determinação dos investimentos necessários, os projetos podem ser posicionados em um gráfico investimento por redução de risco, como no gráfico abaixo.

Gráfico 10 - Investimento necessário por redução de risco para os diferentes projetos analisados



Fonte: Elaborado pela autora

Com base nisso, é possível calcular o que seria o investimento equivalente necessário para a redução de 1% do risco, dividindo o investimento pela porcentagem de redução de risco estimada. A seguir, observa-se o este indicador para cada um dos projetos analisados no exemplo:

Tabela 8 - Análise de investimento necessário para a redução de 1% de risco

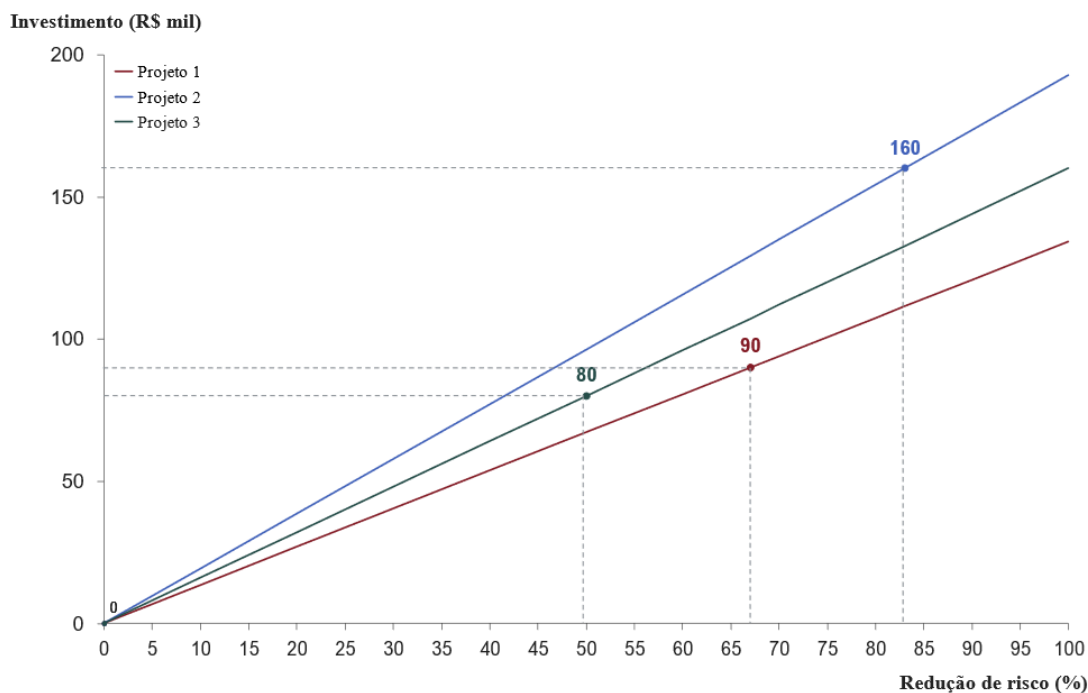
|                                     | <b>Situação atual</b> | <b>Projeto 1</b> | <b>Projeto 2</b> | <b>Projeto 3</b> |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Impacto (I)                         | 4                     | 4                | 2                | 2                |
| Probabilidade (P)                   | 3                     | 1                | 1                | 3                |
| Risco (I x P)                       | 12                    | 4                | 2                | 6                |
| Redução de risco                    | -                     | -67%             | -83%             | -50%             |
| Investimento necessário (R\$ mil)   | 0                     | 90               | 160              | 80               |
| Investimento/Redução de 1% do risco | -                     | <b>1,34</b>      | 1,92             | 1,60             |

Fonte: Elaborado pela autora

Ou seja, para cada 1% de redução de risco, o projeto 1 está demandando R\$1.343, o Projeto 2, R\$1.928 e o projeto 3 R\$1.600. Através dessa análise, por mais que o projeto 2 seja aquele que atua com maior intensidade na redução de risco, o projeto 1 apresentaria um custo benefício maior e, portanto, poderia ser escolhido como melhor alternativa entre os demais.

Se assumirmos que o investimento necessário para cada um dos projetos siga a razão linear calculada, seria possível traçar as seguintes curvas, que representam o investimento necessário para cada % de redução de risco:

Gráfico 11 - Curva de investimento necessário para a redução de risco em cada projeto avaliado



Fonte: Elaborado pela autora

Com isso, é possível comparar os projetos alternativos, de maneira objetiva. Para cada projeto, ao compararmos uma com base em uma porcentagem definida de redução de risco, é possível associar a um nível de investimento estimado, de modo com que os projetos passem a ser comparáveis. Maiores níveis de investimento para a mesma redução de risco evidenciam projetos com custo benefício mais baixo, enquanto baixos valores de investimento necessário estariam associados a projetos mais eficientes na mitigação dos riscos.

Essa abordagem proposta, porém, também tem suas limitações. Isso porque o percentual de redução de risco é calculado a partir de notas, muitas vezes subjetivas, associadas a probabilidade de ocorrência e impacto associado. Isso pode levar a decisões baseadas em informações imprecisas e resultados inconsistentes e enviesados.

Foi ressaltado pelo consultor entrevistado que nas empresas em que teve contato há uma falta de avaliação objetiva na escolha de projetos alternativos, principalmente se eles cabem no orçamento determinado. Ele atribui isso primeiramente ao fato de que a decisão entre os projetos alternativos muitas vezes ocorre nas áreas funcionais responsáveis pelos projetos. Essas áreas podem estar mais focadas em seus objetivos

específicos e na conformidade com regulamentações do que na análise abrangente dos projetos e aumento da eficiência de custos do projeto.

Com base nas limitações discutidas anteriormente, esta abordagem pode servir como diretriz para tomadores de decisão, mas não como método exclusivo. Em algumas situações, uma abordagem menos objetiva pode ser mais eficaz. Dependendo do risco, a probabilidade e o impacto podem ser muito complexos para uma avaliação completa. Nesses casos, uma abordagem qualitativa que analise as vantagens e desvantagens de cada projeto pode ser mais apropriada para considerar detalhes que não podem ser expressos apenas em números. Além disso, em situações de emergência ou quando decisões precisam ser tomadas rapidamente, uma análise objetiva detalhada pode ser demorada, tornando mais vantajoso confiar na experiência e julgamento das equipes.

Apesar da matriz de risco ser fundamental na análise de projetos com ganhos qualitativos, ela também pode ser usada como critério adicional à análise financeira, para projetos com ganhos mensuráveis. Nesses casos, as zonas da matriz podem ser usadas como critério decisório por si só. Por exemplo, uma empresa pode decidir que não está disposta a enfrentar riscos com consequências catastróficas, mesmo que a chance de ocorrer um acidente seja baixa. Isso significa que as alternativas que se posicionem além do limite de risco aceitável pela organização podem ser automaticamente rejeitados, mesmo sem uma análise numérica do retorno financeiro que possam trazer.

Retornando ao contexto dos acidentes de Mariana e Brumadinho, mas sem a pretensão de capturar a totalidade e complexidade dos eventos reais, é possível pensar na aplicação do método detalhado acima em uma outra situação hipotética.

Podemos considerar uma barragem que apresenta vulnerabilidades em sua estrutura após anos de operação. Teriam sido feitos estudos técnicos, que apontariam para necessidades variadas de intervenção. Diante disso, seria possível considerar três cenários de decisão:

No primeiro cenário, a organização consideraria a realização de um projeto que envolveria a aquisição e instalação de um sistema avançado de monitoramento da barragem. Esse sistema poderia incorporar sensores tecnológicos de ponta para

fornecer dados em tempo real sobre o estado da barragem. O CapEx seria direcionado para a aquisição do hardware e software e sua instalação inicial.

No segundo cenário, se optaria por realizar melhorias físicas na barragem, reforçando as estruturas existentes. Assim, o CapEx de sustentação se destinaria a compra de materiais de construção, maquinário especializado para o trabalho e os custos iniciais das obras.

Por fim, seria considerado um cenário intermediário, onde o projeto teria o intuito de implementar um sistema de alerta que detectaria movimentos anormais ou outras indicações de falhas que estariam prestes a acontecer. Esse sistema avisaria a todos um potencial de ruptura da barragem, fazendo com que fosse possível a realização de uma evacuação mais ágil, e mitigação dos potenciais impactos que a quebra da barragem poderia ter.

Para seguirmos uma abordagem quantitativa para a avaliação dos cenários, seria preciso determinar o impacto financeiro e a probabilidade de ocorrência de acidentes em cada um deles. Assim, seria possível, com base no investimento requerido por cada um dos cenários, determinar aquele economicamente mais viável, através de métodos tradicionais de avaliação de projetos. Essa análise, no entanto, seria uma tarefa complexa e dificilmente chegaríamos a valores representativos.

Acidentes como esse, causam danos significativos a infraestruturas, propriedades e meio ambiente. A extensão desses danos pode variar muito, sendo difícil realizar previsões de custos associados. Além dos danos visíveis, existem custos ocultos, relacionados à saúde e segurança da população, impactos ambientais de longo prazo, multas e indenizações. Danos como perdas de vidas humanas e impactos nas comunidades afetadas são também consequências do acidente difíceis de quantificar.

Da mesma forma, prever a probabilidade de ocorrência de acidentes com as dimensões dos acidentes de Mariana e Brumadinho, é uma tarefa desafiadora, como discutido por Sznelwar et al. (2019). Esses acidentes são eventos complexos, que envolvem uma interação de múltiplas variáveis, muitas das quais podem ser desconhecidas ou subestimadas, tornando difícil a previsão precisa. É destacado pelos autores que existem variáveis ocultas, como práticas de manutenção inadequadas e “gambiarras”, que podem não ser consideradas, levando a uma subestimação das probabilidades reais de acidentes.

Além disso, a análise probabilística tradicional, que se apresenta muito efetiva no cálculo de probabilidade de falhas de equipamentos individualmente, se baseia em dados históricos e eventos passados para calcular a probabilidade de futuros acidentes. Acidentes como os analisados, porém, raramente ocorrem, impossibilitando o uso dados de referência para a análise. Séries históricas de acidentes do tipo não nos ajudam, já que a probabilidade de ocorrência é ínfima. Além disso, as causas podem ser diversas, incluindo problemas de engenharia, manutenção inadequadas e condições externas, tornando quase impossível prever quando e como esses acidentes ocorrerão.

Tendo isso em vista, para a tomada de decisão nesse caso, o uso da matriz de risco se apresenta como mais apropriado. Nos dois primeiros cenários propostos, as alternativas apresentadas focam na redução da probabilidade de ocorrência de um acidente, tendo pouca ou nenhuma influência sobre o impacto que ele causaria. Tanto um maior monitoramento da barragem, quanto um investimento em melhoras físicas, fariam com que a possibilidade de falha fosse reduzida. Por outro lado, no caso do terceiro cenário, ao oferecer um aviso prévio em caso de ruptura, o projeto proposto busca mitigar o impacto que possa ser causado pelo acidente. O sistema de alerta permitiria evacuações mais rápidas e ações corretivas. Sua eficácia, no entanto, depender da rapidez da detecção e resposta.

A intensidade com a qual cada cenário reduziria a probabilidade ou impacto do acidente deve ser estimada por um grupo diverso de pessoas de diferentes áreas que estejam próximas a operação e conheçam as variáveis associadas ao risco. Apesar de ser interessante incluir na análise os investimentos necessários para a execução de cada uma das alternativas, é importante ter em vista que o custo associado ao impacto muito provavelmente supera em muito todos os investimentos considerados. Assim, é mais prudente que a decisão foque na mitigação dos riscos em detrimento do custo financeiro.

## **4.2 Gestão de Portfólio de Projetos de *Sustaining* CapEx**

Uma vez estabelecido o orçamento para CapEx e delineada a metodologia para avaliar projetos de *sustaining* CapEx, surge a questão sobre como priorizar esses projetos em relação a outros de igual natureza, mas com finalidades distintas.

A priorização e seleção de projetos de *sustaining* CapEx apresenta desafios maiores do que aqueles onde o retorno é mais facilmente mensurável. Uma das principais dificuldades reside na impossibilidade de determinar com precisão o retorno financeiro ou *payback* para cada projeto. Isso ocorre devido à natureza desses projetos, que muitas vezes envolvem manutenção, atualização ou conformidade regulatória, tornando difícil quantificar os benefícios financeiros diretos.

Além disso, a obrigatoriedade legal de realizar certos projetos é outra complexidade que diferencia a gestão de *Sustaining* CapEx. Existem casos em que a empresa é obrigada por regulamentações a executar projetos específicos, independentemente da sua viabilidade financeira imediata. Essa situação contrasta com as abordagens tradicionais de priorização, que se baseiam fortemente em métricas financeiras.

Outro desafio é a gestão de riscos, pois algumas empresas podem ser relutantes em assumir determinados riscos, independentemente do custo, devido às implicações potencialmente catastróficas que podem surgir de acidentes ou eventos raros. Ademais, a diversidade de projetos dentro do orçamento de *sustaining* CapEx torna difícil a comparação direta e justa entre eles, uma vez que eles podem ter objetivos e características muito distintos.

#### **4.2.1 Análise Comparativa sobre a gestão de portfólio de Projetos de *Sustaining* CapEx**

Através de entrevista realizada com consultor e experiência de estágio foi possível entender a metodologia utilizada por três grandes empresas realizam a priorização de projetos dessa natureza.

Na empresa A, com base no orçamento de *Sustaining* CapEx determinado pela diretoria da empresa, foram estabelecidas diversas categorias de projetos ou "cestas" dentro desse orçamento. Para cada uma dessas categorias, todos os anos é designada uma parcela específica do orçamento a ser alocada a ela. A partir de um orçamento inicial de 3 bilhões de reais, por exemplo, 30% seriam direcionados para projetos relacionados à segurança, enquanto 10% seriam destinados a projetos de tecnologia, e assim por diante.

Para que um projeto seja aprovado, o primeiro requisito é demonstrar que ele se enquadra como um projeto de *sustaining* CapEx. Para isso, um conjunto de questões deve ser respondido, e com base em uma árvore de decisão, o projeto é classificado como um projeto sustentação ou expansão.

Se o projeto for classificado como um investimento de sustentação, ainda é necessário responder a algumas perguntas para determinar em qual categoria ele se enquadra. Dado que o orçamento destinado à segurança é o maior no caso da empresa analisada, muitas pessoas tentavam classificar seus projetos nessa categoria. Consequentemente, os critérios para a aprovação de um projeto como pertencente a essa categoria eram mais rigorosos.

Depois da classificação, os projetos são ranqueados em relação a todos os outros projetos da mesma categoria. Se o orçamento alocado para a categoria em questão for menor do que o valor total solicitado pelos projetos, é necessário priorizá-los. Os critérios de priorização variam de acordo com a natureza da categoria e seus objetivos específicos.

Além das “cestas” normais, existe um orçamento separado para “projetos especiais”. Eles incluem projetos que tem o apoio da diretoria e do conselho de administração da empresa e que normalmente estão associados a redução de riscos críticos ou projetos de longo prazo, que estejam alinhados a estratégia da empresa. Assim, eles só concorriam entre si, já que possuíam orçamento separado dos demais.

Na Empresa B, a alocação da parcela do orçamento de capital destinada aos investimentos em *sustaining* CapEx também é determinada pela diretoria. Nesse caso, porém, todos os projetos que buscam financiamento por meio do *sustaining* CapEx competem entre si, independentemente de seus objetivos ou naturezas específicas.

Para tornar essa competição possível, foi estabelecido um sistema de pontuação, no qual cada projeto pode receber uma pontuação de 0 a 100. Para projetos com benefícios financeiros mensuráveis, o cálculo do valor presente líquido é aplicado individualmente a cada um deles. Isso permite determinar a partir de uma distribuição normal, considerando todos os projetos, a pontuação média do valor presente líquido. Essa média vale 50 pontos, enquanto os pontos restantes são atribuídos com base na performance de cada projeto.

No caso de projetos com benefícios qualitativos, são utilizadas matrizes de risco para analisar como o risco esperado varia sem o projeto em comparação com sua implementação. O número de deslocamentos dentro dessa matriz é convertido em uma pontuação comparável àquela atribuída a projetos com benefícios financeiros. Além disso, há um sistema de bonificação ou penalização na pontuação para projetos que alteram a zona de risco na matriz de probabilidade e impacto.

Para projetos especiais concebidos pelo conselho de administração da empresa, um processo de aprovação documentado diferente é aplicado, envolvendo a exigência de obtenção de assinaturas adicionais, incluindo o CEO, vários membros do conselho, diretor de operações e projetos. No entanto, quando esses projetos especiais são aprovados, recebem uma pontuação superior em comparação aos outros projetos, acelerando assim o processo de sua implementação.

Na Empresa C, o orçamento para *sustaining* CapEx é atualmente determinado com base em algoritmos de previsão das necessidades de CapEx, que fazem uso de dados históricos da empresa. Além do orçamento designado para cada categoria, há uma previsão de gastos específicos para cada região geográfica. Para cada uma das categorias, é designado um responsável global, que auxilia na definição do racional para a previsão do orçamento da categoria e também é consultado durante o processo de priorização dos projetos.

As categorias são subdivididas em sete áreas bastante granulares: grandes peças de reposição e obsolescência, segurança de pessoal e proteção de ativos, qualidade e segurança alimentar, tecnologia operacional, projetos de redução de CO<sub>2</sub>, projetos relacionados à redução do consumo de água e projetos voltados para a transformação das embalagens em um design mais sustentável.

Os projetos que buscam financiamento de CapEx são submetidos aos gestores de orçamento globais e competem inicialmente com projetos da mesma categoria na mesma região geográfica. Os critérios de priorização variam de acordo com as categorias, mas geralmente têm como base principal a avaliação de riscos. Caso haja uma demanda maior por projetos em uma categoria específica em uma determinada região geográfica em comparação com as outras, a decisão de como alocar os orçamentos entre as áreas é de responsabilidade do gestor de orçamento.

A aprovação dos projetos ocorre em níveis diferentes, dependendo do valor do investimento. Projetos com baixo CapEx podem ser aprovados pelo gestor regional, enquanto aqueles que envolvem volumes financeiros significativos exigem aprovações globais.

#### **4.2.2 Proposta de metodologia para gestão de portfólio de projetos de *sustaining* CapEx**

Com base na análise das práticas adotadas pelas três empresas estudadas e na revisão bibliográfica acerca da gestão de portfólios de projetos, propõe-se uma metodologia para a priorização de projetos de *Sustaining* CapEx. Esta metodologia visa estabelecer a estratégia mais eficiente para a alocação de recursos disponíveis entre os referidos projetos.

Conforme os modelos sugeridos por Lock (2018) e Elbok e Berrado (2020), bem como as práticas empregadas pelas empresas A e C, torna-se evidente a importância de definir subcategorias para os projetos de *Sustaining* CapEx. Esta classificação permite uma comparação mais efetiva entre projetos semelhantes, com objetivos e naturezas afins, utilizando critérios específicos para cada um. Portanto, o primeiro passo consiste em determinar essas subcategorias.

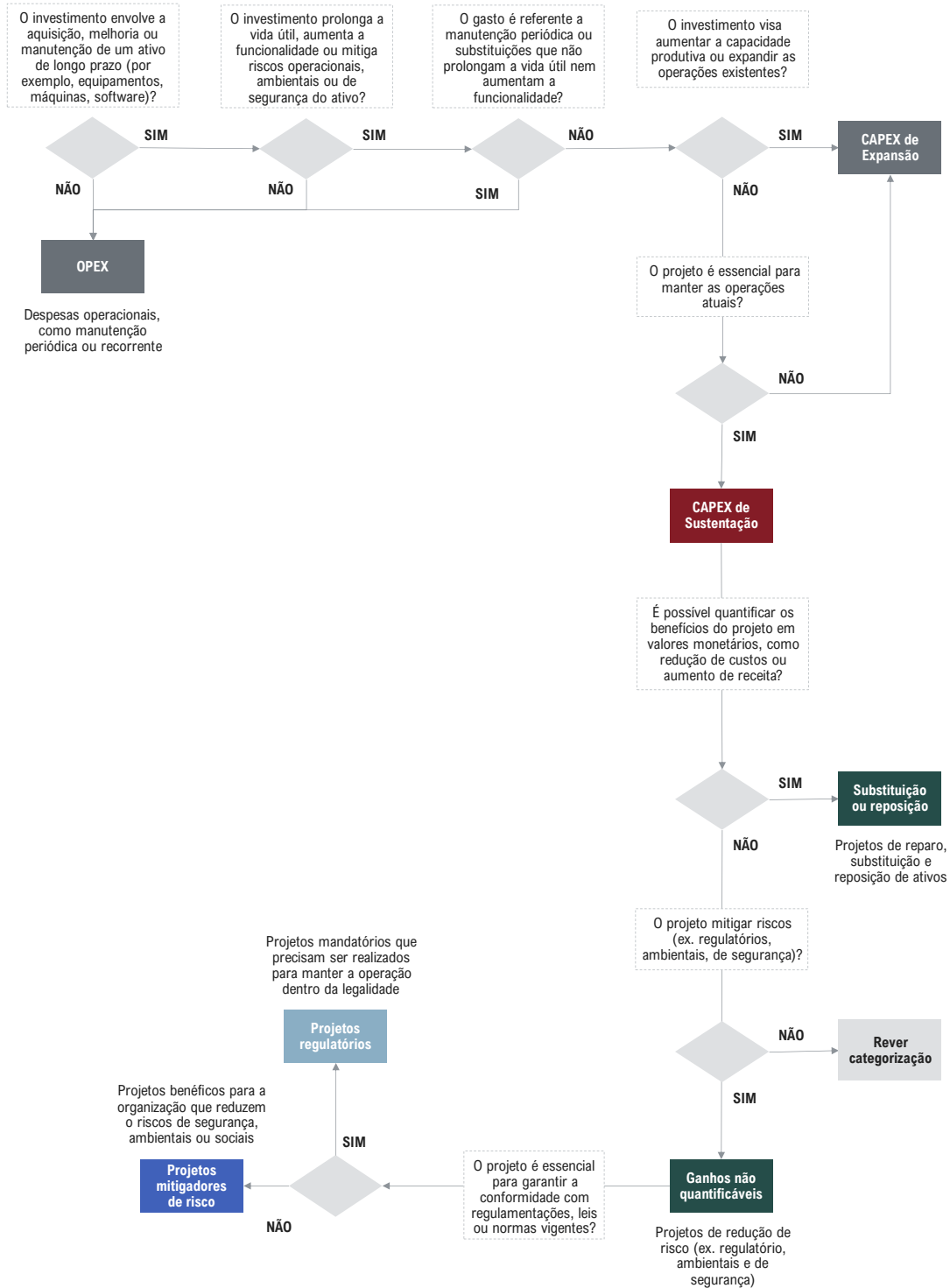
No mínimo, devem existir duas categorias principais: uma para projetos com retorno financeiro quantificável, geralmente ligados à manutenção operacional, substituição ou reparo de ativos; e outra para projetos focados exclusivamente na mitigação de riscos, que incluem aqueles com propósitos regulatórios ou voltados para a melhoria da segurança dos funcionários, do meio ambiente, da qualidade, entre outros aspectos. Dentro da categoria de mitigação de riscos, é crucial distinguir projetos obrigatórios, impostos por regulações ou normativas, que devem ser executados para assegurar a conformidade legal das operações.

Entretanto, dependendo do contexto específico do negócio, pode ser necessário refinar ainda mais essas subcategorias. Assim, será viável identificar critérios relevantes que permitam uma avaliação e comparação coerentes entre todos os projetos enquadrados nessa classificação.

Para assegurar uma categorização correta dos projetos, é interessante que se elabore uma árvore de decisão. Inicialmente, essa árvore deve diferenciar os projetos que se enquadram como CapEx das despesas operacionais (OpEx), conforme os parâmetros discutidos previamente no segmento que aborda os aspectos contábeis do *sustaining* CapEx. Posteriormente, é essencial distinguir projetos de expansão daqueles focados em sustentação. Finalmente, dentre os projetos apropriadamente classificados como *sustaining* CapEx, é necessário separar os que apresentam benefícios financeiros quantificáveis daqueles cujo propósito principal é a mitigação de riscos. Uma proposta de árvore de decisão é apresentada a seguir para ilustrar esse processo de classificação.

Figura 10 - Árvore de decisão para classificação de projetos de *Sustaining CapEx*

**Árvore de decisão para projetos de Sustaining CapEx**



Fonte: Elaborado pela autora

Na construção da árvore de decisão, o passo inicial é distinguir os projetos que serão contabilizados como despesas operacionais (OpEx) daqueles passíveis de capitalização (CapEx). Prosseguindo, dentro do espectro dos projetos CapEx, faz-se uma separação entre os que têm como objetivo primário expandir a capacidade produtiva ou as operações da empresa (Expansão) e aqueles dedicados à manutenção das capacidades e operações atuais (Sustentação).

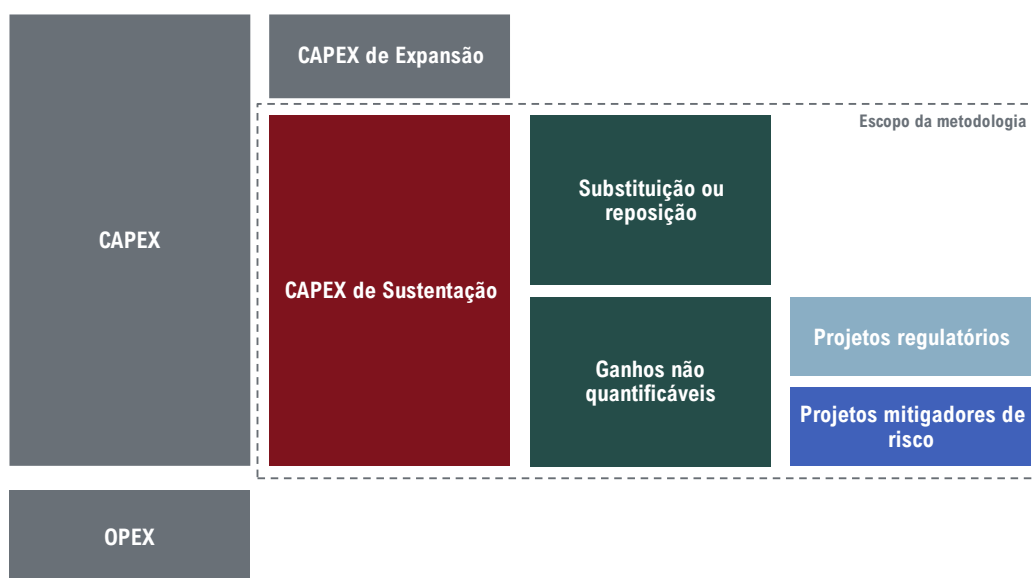
Dentro da categoria de Sustentação, a próxima etapa é diferenciar os projetos focados na substituição ou renovação de equipamentos daqueles direcionados estritamente à mitigação de riscos. Essa distinção é importante, pois enquanto os projetos de substituição ou renovação geralmente apresentam benefícios financeiros mensuráveis, facilitando sua priorização por meio de métodos quantitativos e financeiros, os projetos voltados à redução de risco desafiam essa abordagem devido à complexidade em quantificar seus benefícios.

Finalmente, dentro da categoria de redução de risco, distingue-se os projetos de natureza compulsória, necessários para assegurar a conformidade das operações com as regulamentações e leis aplicáveis, dos projetos que buscam elevar os padrões de segurança para os colaboradores, a comunidade e minimizar os impactos ambientais.

A segmentação dos projetos em subcategorias são ilustradas pela figura a seguir:

Figura 11 - Segmentação dos projetos de *sustaining* CapEx

**Classificação projetos de Sustaining CapEx**



Fonte: Elaborado pela autora

Supondo que a organização tenha 20 projetos que foram identificados como de *sustaining* CapEx, que ao passarem pela árvore de decisão, foram enquadrados nas seguintes subcategorias:

Tabela 9 - Exemplo de portfólio de projetos de *Sustaining* CapEx

| <b>Projeto<br/>(Sustaining CapEx)</b> | <b>Subcategoria</b>       | <b>Valor (R\$ mil)</b> |
|---------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 1                                     | Substituição ou reposição | 176                    |
| 2                                     | Regulatório               | 502                    |
| 3                                     | Mitigador de risco        | 578                    |
| 4                                     | Mitigador de risco        | 159                    |
| 5                                     | Substituição ou reposição | 720                    |
| 6                                     | Substituição ou reposição | 195                    |
| 7                                     | Substituição ou reposição | 683                    |
| 8                                     | Mitigador de risco        | 211                    |
| 9                                     | Substituição ou reposição | 933                    |
| 10                                    | Mitigador de risco        | 192                    |
| 11                                    | Substituição ou reposição | 871                    |
| 12                                    | Regulatório               | 72                     |
| 13                                    | Mitigador de risco        | 379                    |
| 14                                    | Mitigador de risco        | 637                    |
| 15                                    | Regulatório               | 451                    |
| 16                                    | Substituição ou reposição | 654                    |
| 17                                    | Regulatório               | 887                    |
| 18                                    | Regulatório               | 84                     |
| 19                                    | Substituição ou reposição | 303                    |
| 20                                    | Substituição ou reposição | 63                     |

Fonte: Elaborado pela autora

Com as subcategorias estabelecidas, é possível determinar critérios para a priorização de cada um deles. Em primeiro lugar, devem ser priorizados projetos que mitiguem riscos regulatórios, ou seja, projetos de natureza obrigatória que são mandatados por regulações ou normas de segurança. Dentro deles a priorização pode levar em conta dois fatores distintos, que nos ajudam a classificar os projetos de acordo

com sua acuidade, ou seja, importância imediata ou necessidade crítica de um projeto, como sugerido por Lock (2018):

1) **Urgência regulatória:** Projetos devem ser avaliados com base em seus prazos regulatório. Aqueles com datas de conformidade iminentes são priorizados para evitar penalidades.

2) **Severidade das consequências:** Além da proximidade de prazos a severidade das consequências de não atender aos requisitos regulatórios também é um fator crítico. Projetos que, se não atendidos, podem resultar em riscos substanciais à saúde e segurança, impacto ambiental significativo ou grandes penalidades financeiras devem ser priorizados.

A combinação dos dois fatores acima, pode ser feita através da atribuição de notas de 0-10 para cada um deles, de acordo com uma escala bem definida, que deve ser específicos a cada uma das organizações e tipos de operação. Prosseguindo com o exemplo ilustrativo acima, adicionamos as notas para os dois fatores na tabela a seguir:

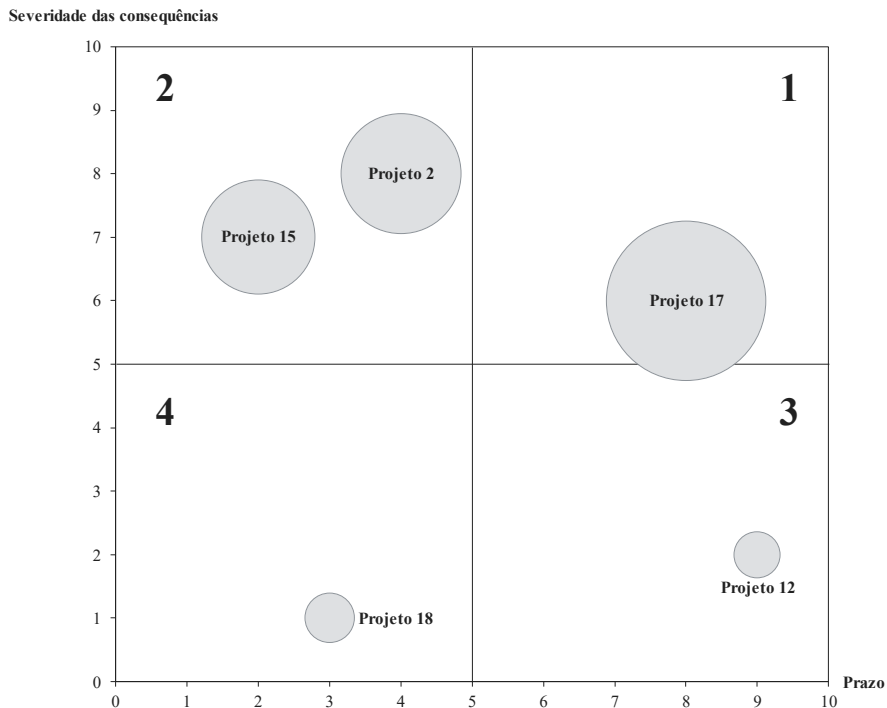
Tabela 10 - Avaliação de projetos regulatórios

| <b>Projeto<br/>(Sustaining<br/>CapEx)</b> | <b>Subcategoria</b> | <b>Valor (R\$ mil)</b> | <b>Urgência<br/>regulatória</b> | <b>Severidade das<br/>consequências</b> |
|---|---------------------|------------------------|---------------------------------|---|
| 2   | Regulatório         | 502                    | 4                               | 8                                       |
| 12  | Regulatório         | 72                     | 9                               | 2                                       |
| 15  | Regulatório         | 451                    | 2                               | 7                                       |
| 17  | Regulatório         | 887                    | 8                               | 6                                       |
| 18  | Regulatório         | 84                     | 3                               | 1                                       |

Fonte: Elaborado pela autora

Com nas notas atribuídas, é possível posicionar os diversos projetos dessa categoria em um gráfico de bolhas, como no exemplo ilustrativo a seguir:

Gráfico 12 - Matriz de priorização de projetos regulatórios

**Priorização de projetos regulatórios**

Fonte: Elaborado pela autora

Esta forma de visualização facilita o processo de priorização dos projetos. Projetos situados no quadrante 1 devem receber a maior atenção, pois enfrentam um prazo apertado para execução e têm potenciais consequências graves se não concluídos. Em sequência, os projetos do quadrante 2 são priorizados; apesar de disporem de um prazo mais extenso, eles implicam em consequências sérias que podem afetar negativamente a segurança, o meio ambiente ou resultar em multas significativas. A seguir, focamos nos projetos do quadrante 3, que, embora apresentem um prazo regulatório limitado, suas consequências são menos críticas. Por último, os projetos do quadrante 4 são os que possuem a menor urgência, tanto em termos de prazo quanto em termos de gravidade das consequências.

Para determinar a prioridade dos projetos dentro do mesmo quadrante, pode-se recorrer à multiplicação das notas de urgência regulatória pela severidade das consequências. Aplicando essa metodologia de priorização, estabelece-se uma ordem de atuação conforme indicado na tabela a seguir:

Tabela 11 - Priorização de projetos regulatórios

| <b>Projeto<br/>(Sustaining<br/>CapEx)</b> | <b>Subcategoria</b> | <b>Investimento<br/>(R\$ mil)</b> | <b>Urgência<br/>regulatória</b> | <b>Severidade<br/>consequências</b> | <b>Quadrante</b> | <b>Multiplicação</b> | <b>Ranking<br/>prioridade</b> |
|---|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|
| 17  | Regulatório         | 887                               | 8                               | 6                                   | 1                | 48                   | 1                             |
| 2   | Regulatório         | 502                               | 4                               | 8                                   | 2                | 32                   | 2                             |
| 15  | Regulatório         | 451                               | 2                               | 7                                   | 2                | 14                   | 3                             |
| 12  | Regulatório         | 72                                | 9                               | 2                                   | 3                | 18                   | 4                             |
| 18  | Regulatório         | 84                                | 3                               | 1                                   | 4                | 3                    | 5                             |

Fonte: Elaborado pela autora

Após a priorização dos projetos regulatórios, deve-se organizar os projetos focados na mitigação de riscos. Para tal, pode-se adaptar a métrica empregada na avaliação de alternativas para projetos cujos ganhos não são diretamente mensuráveis.

Para classificá-los, utiliza-se o mesmo princípio de seleção do melhor cenário mencionado. Assim, como explicado anteriormente, é interessante mapear na matriz de riscos o nível de risco atual que o projeto se propõe a mitigar e o nível de risco projetado após a implementação do mesmo. Isso resultará em um índice de redução de risco. Em seguida, divide-se o investimento necessário pelo percentual de redução de risco esperado com a realização do projeto. Este quociente fornece uma base para ordenar os projetos, dando prioridade àqueles que apresentam uma melhor relação custo-benefício na redução de riscos. Utilizando o exemplo em questão, a tabela resultante seria a seguinte:

Tabela 12 - Priorização de projetos mitigadores de risco

| <b>Projeto<br/>(Sustaining<br/>CapEx)</b> | <b>Subcategoria</b> | <b>Investimento<br/>(R\$ mil)</b> | <b>Redução de<br/>risco (%)</b> | <b>Investimento/<br/>Redução de 1%<br/>do risco</b> | <b>Ranking<br/>prioridade</b> |
|---|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------------|
| 10  | Mitigador de risco  | 192                               | -14%                            | 0,73  | 6                             |
| 3   | Mitigador de risco  | 578                               | -50%                            | 0,87  | 7                             |
| 8   | Mitigador de risco  | 211                               | -20%                            | 0,95  | 8                             |
| 4   | Mitigador de risco  | 159                               | -16%                            | 1,01  | 9                             |
| 14  | Mitigador de risco  | 637                               | -65%                            | 1,02  | 10                            |
| 13  | Mitigador de risco  | 379                               | -60%                            | 1,58  | 11                            |

Fonte: Elaborado pela autora

Finalmente, os projetos voltados à manutenção da capacidade produtiva, especificamente os de substituição ou reposição, devem ser classificados. A vantagem destes projetos é a facilidade de quantificar o retorno financeiro. Eles podem ser organizados com base em indicadores de retorno financeiro, como o Valor Presente Líquido (VPL). A análise para calcular o VPL será a mesma já utilizada na fase de avaliação de alternativas para projetos com benefícios financeiros mensuráveis. Portanto, será necessário apenas comparar o VPL de cada projeto com os demais da mesma categoria para definir uma hierarquia de prioridades.

Supondo os valores previstos de VPL para cada um dos projetos de substituição ou reposição avaliados, obtemos a seguinte sequência de priorização:

Tabela 13 - Priorização de projetos de substituição ou reposição

| <b>Projeto<br/>(Sustaining<br/>CapEx)</b> | <b>Subcategoria</b>       | <b>Investimento<br/>(R\$ mil)</b> | <b>VPL</b> | <b>Ranking de<br/>prioridade</b> |
|---|---------------------------|-----------------------------------|------------|----------------------------------|
| 11  | Substituição ou reposição | 871                               | 756,9      | 12                               |
| 5   | Substituição ou reposição | 720                               | 625,7      | 13                               |
| 19  | Substituição ou reposição | 303                               | 155,6      | 14                               |
| 16  | Substituição ou reposição | 654                               | 149,7      | 15                               |
| 9   | Substituição ou reposição | 933                               | 147,2      | 16                               |
| 7   | Substituição ou reposição | 683                               | 107,8      | 17                               |

Fonte: Elaborado pela autora

Uma vez estabelecidas todas as prioridades, torna-se viável selecionar quais projetos serão executados dentro do orçamento pré-estabelecido para o *sustaining* CapEx. Para isso, basta ordená-los conforme seu critério de prioridade e calcular o CapEx necessário para cada um, acumulando os valores progressivamente. Dessa forma, o orçamento delimitará o montante total a ser investido em *sustaining* CapEx e determinará o ponto de corte para a execução dos projetos.

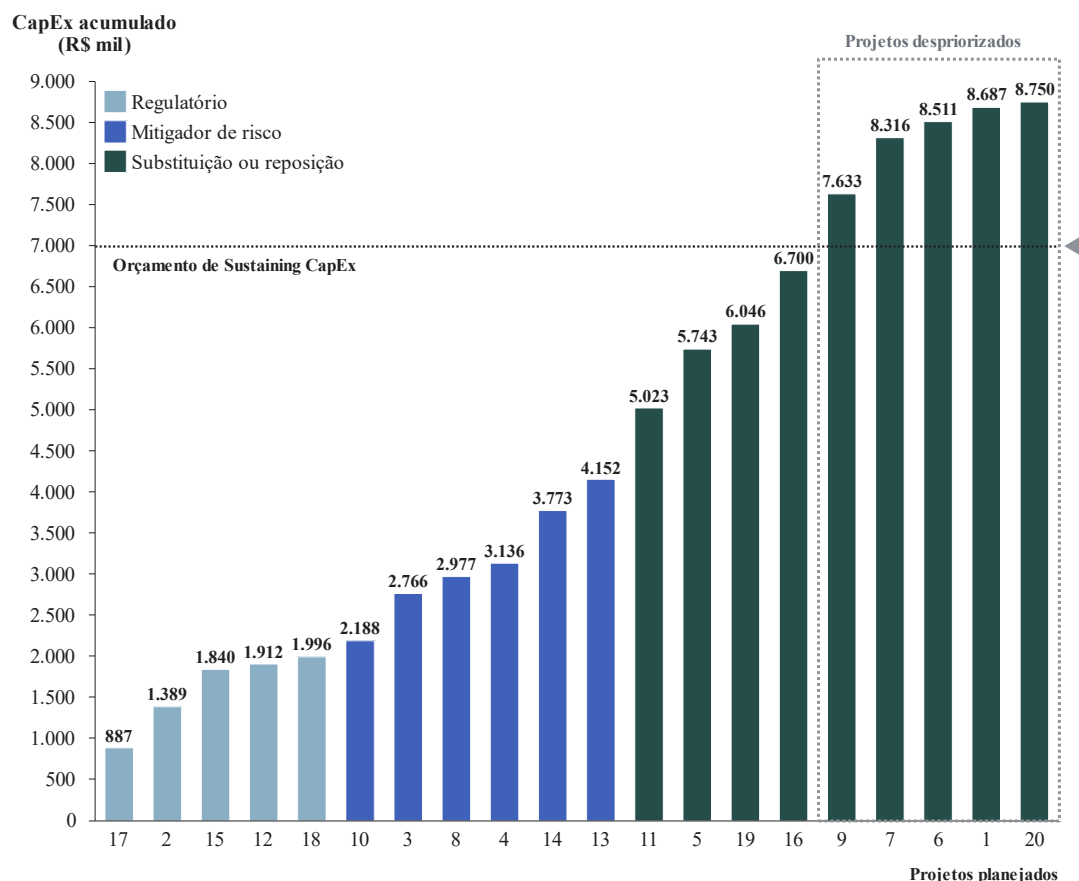
Suponhamos que, na fase de planejamento orçamentário, foi alocado um total de R\$ 7 milhões para projetos de sustentação no ano fiscal em questão. Com base nisso, seriam implementados os projetos classificados com prioridade de 1 a 16, pois a inclusão de projetos subsequentes resultaria na superação do orçamento estipulado.

Tabela 14 - Priorização geral dos projetos de *Sustaining* CapEx

| Projeto<br>(Sustaining<br>CapEx) | Subcategoria              | Investimento<br>(R\$ mil) | Ranking de<br>prioridade | Investimento<br>acumulado<br>(R\$ mil) |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--|
| 17                               | Regulatório               | 887                       | 1                        | 887                                    |
| 2                                | Regulatório               | 502                       | 2                        | 1.389                                  |
| 15                               | Regulatório               | 451                       | 3                        | 1.840                                  |
| 12                               | Regulatório               | 72                        | 4                        | 1.912                                  |
| 18                               | Regulatório               | 84                        | 5                        | 1.996                                  |
| 10                               | Mitigador de risco        | 192                       | 6                        | 2.188                                  |
| 3                                | Mitigador de risco        | 578                       | 7                        | 2.766                                  |
| 8                                | Mitigador de risco        | 211                       | 8                        | 2.977                                  |
| 4                                | Mitigador de risco        | 159                       | 9                        | 3.136                                  |
| 14                               | Mitigador de risco        | 637                       | 10                       | 3.773                                  |
| 13                               | Mitigador de risco        | 379                       | 11                       | 4.152                                  |
| 11                               | Substituição ou reposição | 871                       | 12                       | 5.023                                  |
| 5                                | Substituição ou reposição | 720                       | 13                       | 5.743                                  |
| 19                               | Substituição ou reposição | 303                       | 14                       | 6.046                                  |
| 16                               | Substituição ou reposição | 654                       | 15                       | 6.700                                  |
| 9                                | Substituição ou reposição | 933                       | 16                       | 7.633                                  |
| 7                                | Substituição ou reposição | 683                       | 17                       | 8.316                                  |
| 6                                | Substituição ou reposição | 195                       | 18                       | 8.511                                  |
| 1                                | Substituição ou reposição | 176                       | 19                       | 8.687                                  |
| 20                               | Substituição ou reposição | 63                        | 20                       | 8.750                                  |

Fonte: Elaborado pela autora

Outro método eficaz para ilustrar este processo é por meio do uso de um gráfico de barras, no qual o eixo x representa os projetos planejados para o ano, organizados por ordem de prioridade, e o eixo y exibe o CapEx acumulado, como apresentado a seguir:

Gráfico 13 - Priorização de projetos de *Sustaining* CapExPriorização de projetos de *Sustaining* CapEx

Fonte: Elaborado pela autora

A priorização de projetos dentro do escopo do *sustaining* CapEx é uma atividade complexa que exige uma abordagem metódica e bem estruturada. As etapas delineadas neste texto – desde a definição de subcategorias, passando pela criação de árvores de decisão até a aplicação de critérios de priorização para cada uma das subcategorias – são tentativas de criar uma estrutura de metodologia para a pergunta:

“Tendo em vista meus recursos escassos, como priorizar projetos de *Sustaining* Capex, já que a quantificação e comparação entre seus benefícios não é simples?”

No entanto, é fundamental reconhecer que esta metodologia funciona como uma estrutura inicial sugerida, não uma fórmula inflexível. Cada empresa, considerando suas peculiaridades operacionais e estratégicas, deve adaptar essa estrutura ao seu contexto específico. É importante que se tenha flexibilidade para incorporar novas

subcategorias na análise e, com isso, refletir fielmente nos critérios utilizados para sua priorização, os objetivos da categoria de projetos.

Por outro lado, a personalização da metodologia de priorização vai além da criação de subcategorias alinhadas com o tipo de negócio. Ela pode envolver também a aplicação de análises adequadas para a priorização de projetos que capturam a essência dos objetivos estratégicos da organização para cada subcategoria de projetos. Referenciando o trabalho de Sebbag (2018), pode-se utilizar uma variedade de critérios ponderados que refletem a importância relativa de cada objetivo. Assim, a empresa pode determinar e atribuir pesos específicos aos elementos que considera críticos na avaliação de cada subcategoria. Este nível de personalização assegura que a metodologia oriente a tomada de decisões de investimento, garantindo que os recursos do CapEx sejam alocados de maneira a manter a capacidade produtiva dos ativos e sustentabilidade das operações a longo prazo.

## 5 CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho buscou responder a três questões centrais relacionadas à gestão eficiente de *sustaining* CapEx em empresas, principalmente focando no setor da mineração, onde essas práticas são pioneiras. As perguntas abordaram a elaboração de orçamentos de *sustaining* CapEx, avaliação de projetos alternativos e a gestão eficaz do portfólio de projetos, considerando limitações orçamentárias.

Durante a pesquisa, foi observado que tanto na academia, quanto nas empresas, existe uma carência por metodologias robustas para a gestão de *sustaining* CapEx. Além disso, a falta de padronização entre as indústrias e diferentes empresas no que tange a definição e tratamento de *sustaining* CapEx é um desafio significativo, que dificulta inclusive uma análise mais profunda dos fatores que influenciam no aumento ou redução do investimento.

Através de uma análise histórica dos investimentos de *sustaining* CapEx nas empresas de mineração e insumos fornecidos pela entrevista com consultor especializado no assunto, foi possível compreender que o comportamento desses investimentos pode ser influenciado por diversos fatores como mudanças no mercado das commodities, pressões de sustentabilidade e segurança e a fase do ciclo de vida das minas. Com base nisso, o estudo ofereceu uma visão geral de como as empresas adaptam suas estratégias de investimento em sustentação em diferentes cenários econômicos e operacionais.

No que diz respeito a avaliação e decisão entre projetos de *sustaining* CapEx com objetivos semelhantes, destacou-se a análise de cenários como ferramenta importante para que seja possível incorporar no processo de avaliação, os diferentes cenários alternativos e riscos associados à eles.

Para aqueles projetos de *sustaining* CapEx em que é possível mensurar os ganhos financeiros, foi enfatizada a importância de combinar uma análise financeira (usando métodos como o VPL, por exemplo) com considerações qualitativas, buscando maximizar a vida dos ativos e minimizar os custos associados. Já para os projetos com ganhos pouco mensuráveis, como a melhoria da segurança dos operadores ou redução da pegada de carbono, foi discutido como o uso de indicadores financeiros tende a ser complexo. Tendo isso em vista, o trabalho propõe uma

abordagem para a avaliação de projetos de *sustaining* CapEx focados em ganhos qualitativos, que tem como foco a mensuração do resultado do projeto na redução da probabilidade e impacto do risco que ele visa mitigar.

Para auxiliar na compreensão sobre as tomadas de decisões de priorização e seleção de projetos, foram examinadas as abordagens utilizadas de três grandes empresas. Essa análise comparativa revelou o uso de métodos variados para tal, como a divisão do orçamento de *sustaining* CapEx entre diferentes subcategorias de investimento e o uso de sistemas de pontuação através de critérios relevantes para cada tipo de projeto.

Inspirado nesses exemplos e na literatura de gestão de portfólio, foi proposta uma metodologia para a alocação de recursos, que inicia-se pela classificação do projeto de CapEx em subcategorias, através de uma árvore de decisão, seguida pela priorização entre as categorias definidas, e, por fim, priorização dentro de cada subcategoria segundo critérios relevantes para cada uma delas. Essa abordagem fornece uma estratégia para seleção de projetos, que deve ser adaptada às peculiaridades da operação de cada tipo de negócio.

Em resumo, o estudo ampliou o entendimento sobre a gestão de *sustaining* CapEx e apresentou um modelo consistente para apoiar na tomada de decisões relacionadas à sua gestão. As descobertas enfatizam a importância de ter uma abordagem estruturada, que leve em conta tanto fatores financeiros, como aqueles associados a mitigação de risco. Entretanto, a metodologia proposta no trabalho deve ser ajustada às necessidades e especificidades operacionais de cada organização. Com isso, a busca por uma gestão eficaz e responsável dos investimentos em *sustaining* CapEx é facilitada, preservando a capacidade operacional, sem expor às organizações a riscos aos quais não estão dispostas a correr.

## 6 PRÓXIMOS PASSOS

Para futuras pesquisas nesse campo de *sustaining* CapEx, uma série de abordagens pode ser adotada, de maneira a complementar as discussões trazidas por este trabalho. Uma direção de estudo seria a realização de entrevistas sistemáticas com empresas, focando na avaliação dos métodos empregados nas três etapas críticas de tomada de decisão. Com isso, seria possível compreender de maneira mais precisa quais são as práticas mais utilizadas atualmente, além de revelar *insights* sobre a aplicabilidade de diferentes estratégias em indústrias e contextos variados.

Outro passo significativo, seria a aplicação da metodologia proposta no trabalho em um caso real, através do acesso aos dados de CapEx e portfólio de projetos de *sustaining* CapEx de alguma empresa. Isso permitiria testar a praticidade e eficácia da metodologia em um ambiente real e fornecer dados para validar ou melhorar o modelo teórico apresentado.

Uma área de pesquisa que merece atenção é a investigação sobre o impacto do preço da venda dos produtos na utilização dos ativos e sua taxa de substituição. Um estudo nessa direção poderia esclarecer como as flutuações do mercado influenciam as decisões estratégicas relacionadas ao *sustaining* CapEx. Se realizado de forma a contemplar empresas de diferentes indústrias, o estudo pode fornecer insumos interessantes sobre estratégias de utilização de ativos e a relação entre a demanda e a produção nos diferentes setores.

Por fim, a análise de práticas de governança na gestão de *sustaining* CapEx também constitui um campo de pesquisa pouco explorado, que poderia ser melhor detalhado para esse contexto. Ela incluiria a investigação de aspectos de governança no processo de orçamentação e seleção de projetos, governança dos fóruns formais de análise e priorização, tipo de documentação exigida para a submissão e alçadas de aprovação. Essa análise também poderia considerar a estrutura organizacional em torno do CapEx, como a existência de áreas centralizadas de CapEx e sua interação com o resto dos stakeholders importantes para a sua atuação, como a área de finanças e engenharia. Esse tipo de pesquisa contribuiria significativamente para a literatura acadêmica e práticas empresariais, melhorando a compreensão e a eficácia na gestão de *sustaining* CapEx.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERN, Dave. **Maintenance Capital Expenditures: The Easy Way to Calculate It**. Equity Accounting, Financial Statements. 6 abr. 2023. Atualizado em 21 abr. 2023. Disponível em: <https://einvestingforbeginners.com/maintenance-capital-expenditures-aher/>. Acesso em: 14 ago. 2023.

Anglo American. **Anglo American Annual Reports (2010 – 2022)**. Londres: Anglo American plc, 2011 - 2023. Disponível em: <https://www.angloamerican.com/investors/annual-reporting/reports-library/>. Acesso em: 07 ago. 2023

BHP. **BHP Annual Reports (2021 – 2022)**. BHP Group Limited, 2022, 2023. Disponível em: <https://www.bhp.com/investors/annual-reporting/>. Acesso em: 07 ago. 2023.

BAINES, Joseph; HAGER, Sandy Brian. **Commodity traders in a storm: financialization, corporate power and ecological crisis**. Review of International Political Economy, 2022. DOI: 10.1080/0969229020211872039.

BOUCEKKINE, R.; RUIZ-TAMARIT, J.. **Maintenance and investment: complements or substitutes?** Journal of Economic Dynamics and Control, 2001.

BITROS, George C. **A Statistical Theory of Expenditures in Capital Maintenance and Repair**. Journal of Political Economy, [s.l.], v. 84, n. 5, out. 1976.

CAMPBELL, D.; REYES-PICKNELL, V. **Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management**. 3rd ed. Productivity Press, 2015. 534 p.

CARVALHO, M.; RABECHINI Jr. **Fundamentos em Gestão de Projetos - Construindo Competências para Gerenciar Projetos**. Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788597018950. Disponível em:

<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597018950/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

CHANDARANA, Ashish; DAVIES, Ryan; PHAF, Niels. **Why capital expenditures need more CFO attention**. McKinsey & Company, 1 maio 2015. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/why-capital-expenditures-need-more-cfo-attention>. Acesso em: out. 2023.

Corporate Finance Institute. **Capital Expenditures**. Disponível em: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/accounting/capital-expenditures/>. Acesso em 07 de maio de 2022.

DELOITTE. **Are you ready for the next CapEx investment cycle?** Mining capital projects, 2018. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/energy-resources/Mining-Capital-Projects.pdf>. Acesso em: jun. 2023.

DUINKER, P.N.; GREIG, L.A. **Review of futuring methods**. *Environmental Impact Assessment Review*, 2007. DOI: 10.1016/j.eiar.2006.06.001.

ELBOK, G.; BERRADO, A. **Project prioritization for portfolio selection using MCDA**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT, Dubai, UAE, 10-12 Mar. 2020. IEOM Society International, 2020.

EPSTEIN, L.; DENNY, M. **Endogenous capital utilization in a short-run production model**. *Journal of Econometrics*, 1980.

FOO, Nam; BLOCH, Harry; SALIM, Ruhul. **The optimisation rule for investment in mining projects**. *Resources Policy*, v. 55, p. 123-132, 2018. ISSN 0301-4207. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.11.005>. Acesso em: 15 set. 2023.

Fortescue Metals Group Ltd. **Fortescue Metals Group Annual Reports (2017 – 2022)**. Fortescue Metals Group Ltd, 2018 - 2023. Disponível em: <https://fortescue.com/investors/announcements-and-reports>. Acesso em: 09 ago. 2023.

FU, Zhao et al. **Optimisation of a mixed truck fleet schedule through a mathematical model considering a new truck-purchase option**. Mining Technology, 2014. DOI: 10.1179/1743286314Y.0000000055.

GIANFRATE, G. **All that glitters: Gold mining companies' market reaction at the issuance of the "All-in Sustaining Costs" guidance**. Journal of Accounting and Public Policy, v. 36, n. 6, p. 468-476, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2017.09.00>.

Glencore. **Glencore Annual Reports (2012 – 2022)**. Glencore, 2013 - 2023. Disponível em: <https://www.glencore.com/publications>. Acesso em 09 ago. 2023.

GOMES, L. C. et al. **Operações mineiras**. Porto Alegre: SAGAH, 2021.

GOWAN, Shane. **Asset management in tough times – the best use of sustaining capital**. Appita Technology, Innovation, Manufacturing, Environment, v. 68, n. 1, p. 35-38, 2015. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.168725685158732>. Acesso em: 05 out. 2023.

HASTINGS, David F. **Análise Financeira de Projetos de Investimento de Capital**. Editora Saraiva, 2013. E-book. ISBN 9788502205505. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502205505/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

ISO 21500: **Guidance on project management**. ISO: Geneva, Switzerland, 2012.

JERONIMO, L. R. **Orçamento de CAPEX – Alinhando Investimentos com a Estratégia Empresarial**. Fundação Getulio Vargas – FGV, 7 maio 2018. Disponível em: <https://orcamentoempresarial.com/2018/05/07/orcamento-de-capex-alinhando-investimentos-com-a-estrategia-empresarial/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

JIANG, D. **Indeterminacy, capital maintenance expenditures and the business cycle**. *Economic Modelling*, 2017.

KUMRAL, M.; NJIKE, A. N. **Mining corporate portfolio optimization model with company's operational performance level and international risk**. *Mineral Economics*, v. 32, p. 307-315, 2019. DOI: 10.1007/s13563-019-00171-w.

LOCK, Dennis; WAGNER, Reinhard. **The Handbook of Project Portfolio Management**. Edição ilustrada. Routledge, 2018. 442 p.

MICHELON, P. S.; LUNKES, R. J.; BORNIA, A. C. **Capital budgeting: a systematic review of the literature**. *Production*, v. 30, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/hmG8LRqDCcjVvKT7BHLKyhG/?format=pdf&lang=en>. Acesso em jul. 2023.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Cost and Impact of Fire Protection in Buildings**. 6 fev. 2023. © 2023 Fire Protection Research Foundation. Disponível em: <https://www.nfpa.org/RFEconomicImpact>. Acesso em: 07 nov. 2023.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Brazil's deadly dam disaster may have been preventable**. *National Geographic*. 29 jan. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/brazil-brumadinho-mine-tailings-dam-disaster-could-have-been-avoided-say-environmentalists>. Acesso em: 02 out. 2023.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **The standard for portfolio management.** Maryland: Project Management Institute, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **A guide to the project management body of knowledge (PMBok).** 6. ed. Project Management Institute, 2017.

PINTO, Jeffrey K. **Project Management: Achieving Competitive Advantage.** 2. ed. Prentice Hall: Pearson Education, Inc., 2010.

PWC. **Property, plant, equipment and other assets guide.** PWC, 2022. Disponível em: [https://viewpoint.pwc.com/dt/us/en/pwc/accounting\\_guides/property\\_plant equip/assets/pwcppeotherassets0923.pdf](https://viewpoint.pwc.com/dt/us/en/pwc/accounting_guides/property_plant equip/assets/pwcppeotherassets0923.pdf). Acesso em 10 out. 2023.

Rio Tinto plc. **Rio Tinto Annual Reports (2013 – 2022).** Rio Tinto plc, 2014 – 2023. Disponível em: <https://www.riotinto.com/en/invest/reports/annual-report>. Acesso em: 09 ago. 2023.

SABBAG, Paulo Y. **Gerenciamento de projetos e empreendedorismo - 2ª edição.** Editora Saraiva, 2013. E-book. ISBN 9788502204454. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502204454/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SABBAG, Paulo. **Projetos Programas Portfolios.** [Digite o Local da Editora]: Editora Alta Books, 2018. E-book. ISBN 9788550810454. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788550810454/>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SCHOEMAKER, Paul. **Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking.** *Sloan Management Review*, v. 36, 1995

SZNELWAR, LI, ZILBOVICIUS M, BRUNORO CM, ANDRADE BLR, PIQUEIRA, JRC. **Brumadinho: between prudence and probability, tragedy**. Rev Bras Med Trab.2019;17(1):4-12. DOI:10.5327/Z1679443520190414.

TORRES, Oswaldo Fadigas F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos**. Cengage Learning Brasil, 2006. ISBN 9788522128402.

TUMAN, G. J. **Development and implementation of effective project management information and control system**. In: CLELAND, D. I.; KING, W. R. Project management handbook. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983.

Vale. **Relatórios Anuais Vale S.A (2009 – 2022)**. Vale S.A, 2010 - 2023. Disponível em: <https://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais>. Acesso em: 09 ago. 2023

World Gold Council. **All In Sustaining Costs Guidance Note on Non-GAAP Metric**. WGC, 2013. Disponível em: <https://www.gold.org/about-gold/gold-supply/responsible-gold/all-in-costs>. Acesso em out. 2023.

YAPO, A. G.; CAMM, T. W. **All-in sustaining cost analysis: Pros and cons**. Apresentado no SME Annual Meeting, Denver, CO, 19-22 fev. 2017

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Ativos Totais e CapEx (2000 – 2022)

| <b>Empresa</b>               | <b>Year</b> | <b>Total Assets (bn)</b> | <b>Capital Expenditures (bn)</b> |
|------------------------------|-------------|--------------------------|----------------------------------|
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2022        | 67,41                    | 6,19                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2021        | 65,99                    | 5,73                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2020        | 62,53                    | 4,65                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2019        | 56,15                    | 4,74                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2018        | 52,20                    | 3,40                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2017        | 54,56                    | 2,28                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2016        | 50,15                    | 2,42                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2015        | 52,01                    | 4,05                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2014        | 66,01                    | 5,97                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2013        | 71,17                    | 6,13                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2012        | 79,14                    | 5,96                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2011        | 72,44                    | 6,20                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2010        | 66,66                    | 5,28                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2009        | 56,31                    | 4,61                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2008        | 49,74                    | 5,15                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2007        | 44,76                    | 3,93                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2006        | 46,48                    | 2,91                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2005        | 51,89                    | 3,36                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2004        | 53,45                    | 3,23                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2003        | 43,11                    | 3,03                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2002        | 33,58                    | 2,14                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2001        | 25,53                    | 1,79                             |
| Anglo American plc (LSE:AAL) | 2000        | 30,62                    | 1,51                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2022        | 95,17                    | 6,11                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2021        | 108,93                   | 5,80                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2020        | 105,73                   | 6,17                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2019        | 100,86                   | 7,12                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2018        | 111,99                   | 5,85                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2017        | 117,01                   | 4,66                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2016        | 118,95                   | 6,46                             |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2015        | 124,58                   | 12,76                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2014        | 151,41                   | 16,21                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2013        | 139,18                   | 22,43                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2012        | 129,27                   | 21,13                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2011        | 102,92                   | 12,39                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2010        | 88,85                    | 10,66                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2009        | 78,77                    | 10,74                            |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)  | 2008        | 76,01                    | 8,91                             |

|   |      |       |      |
|---|------|-------|------|
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2007 | 61,40 | 7,93 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2006 | 48,52 | 6,65 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2005 | 41,84 | 3,98 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2004 | 30,86 | 3,04 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2003 | 28,36 | 2,92 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2002 | 29,55 | 2,87 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2001 | 28,03 | 3,38 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)                             | 2000 | 27,34 | 1,74 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2022 | 49,31 | 1,45 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2021 | 50,78 | 1,62 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2020 | 43,34 | 1,50 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2019 | 39,15 | 1,58 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2018 | 38,44 | 1,43 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2017 | 38,72 | 1,27 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2016 | 34,81 | 1,36 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2015 | 39,58 | 1,82 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2014 | 39,09 | 3,20 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2013 | 35,50 | 4,13 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2012 | 29,49 | 4,37 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2011 | 25,50 | 3,13 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2010 | 18,29 | 1,82 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2009 | 16,07 | 1,31 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2008 | 13,78 | 1,19 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2007 | 8,08  | 0,78 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2006 | 6,67  | 0,47 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2005 | 3,32  | 0,35 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2004 | 2,75  | 0,30 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2003 | 2,27  | 0,23 |
| China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)           | 2002 | NA    | NA   |
| <b>China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)</b>    | 2001 | NA    | NA   |
| <b>China Coal Energy Company Limited (SEHK:1898)</b>    | 2000 | NA    | NA   |
| <b>China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)</b> | 2022 | 90,64 | 4,00 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2021 | 96,08 | 3,57 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2020 | 86,22 | 2,90 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2019 | 80,87 | 2,63 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2018 | 86,02 | 2,93 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2017 | 87,85 | 2,90 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2016 | 82,99 | 4,26 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2015 | 86,21 | 4,72 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2014 | 88,71 | 7,12 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2013 | 84,79 | 8,32 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2012 | 75,72 | 8,48 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2011 | 64,53 | 6,97 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2010 | 56,34 | 4,51 |

|   |      |       |      |
|---|------|-------|------|
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2009 | 45,65 | 4,43 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2008 | 40,38 | 5,18 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2007 | 32,66 | 3,57 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2006 | 22,08 | 3,08 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2005 | 17,63 | 2,27 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2004 | 13,34 | 2,01 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2003 | 11,40 | 1,46 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2002 | 11,05 | 0,99 |
| China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)        | 2001 | NA    | NA   |
| <b>China Shenhua Energy Company Limited (SEHK:1088)</b> | 2000 | NA    | NA   |
| <b>Corporación Nacional del Cobre de Chile</b>          | 2022 | 44,74 | 3,48 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2021 | 43,06 | 2,82 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2020 | 42,21 | 2,38 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2019 | 40,34 | 4,10 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2018 | 37,09 | 3,89 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2017 | 36,36 | 3,41 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2016 | 33,42 | 3,01 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2015 | 33,30 | 4,26 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2014 | 35,26 | 3,80 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2013 | 33,36 | 4,44 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2012 | 31,66 | 3,69 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2011 | 20,83 | 2,25 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2010 | 20,28 | 2,31 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2009 | 18,25 | 1,68 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2008 | 13,71 | 1,98 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2007 | 15,19 | 1,60 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2006 | 13,03 | 1,22 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2005 | 10,74 | 1,84 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2004 | 8,83  | 0,89 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2003 | 8,09  | 0,89 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2002 | 6,73  | 0,84 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2001 | 6,12  | 0,59 |
| Corporación Nacional del Cobre de Chile                 | 2000 | 5,82  | 0,48 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2022 | 28,38 | 2,80 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2021 | 28,38 | 3,38 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2020 | 23,40 | 1,95 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2019 | 19,69 | 1,05 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2018 | 17,85 | 0,90 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2017 | 19,12 | 0,73 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2016 | 19,34 | 0,36 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2015 | 21,36 | 0,85 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2014 | 22,69 | 2,00 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2013 | 20,87 | 6,36 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG)                | 2012 | 15,06 | 6,04 |

|  |      |        |       |
|--|------|--------|-------|
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2011 | 8,63   | 1,48  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2010 | 5,25   | 0,58  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2009 | 4,20   | 0,96  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2008 | 3,13   | 1,35  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2007 | 2,98   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2006 | 0,16   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2005 | 0,11   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2004 | 0,01   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2003 | 0,00   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2002 | 0,00   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2001 | 0,00   | 0,00  |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2000 | 0,00   | 0,00  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2022 | 132,58 | 4,18  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2021 | 127,51 | 3,62  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2020 | 118,00 | 3,57  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2019 | 124,08 | 4,71  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2018 | 128,67 | 4,69  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2017 | 135,59 | 3,59  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2016 | 124,60 | 3,05  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2015 | 128,49 | 5,52  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2014 | 152,21 | 9,06  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2013 | 154,86 | 9,59  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2012 | 105,56 | 3,12  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2011 | 86,17  | 2,81  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2010 | 79,79  | 1,89  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2009 | 66,28  | 1,12  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2008 | 61,31  | 1,88  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2007 | 59,96  | 1,64  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2006 | 47,07  | 1,10  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2005 | 32,38  | 0,76  |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2004 | NA     | NA    |
| <b>Glencore plc (LSE:GLEN)</b>           | 2003 | NA     | NA    |
| <b>Glencore plc (LSE:GLEN)</b>           | 2002 | NA     | NA    |
| <b>Glencore plc (LSE:GLEN)</b>           | 2001 | NA     | NA    |
| <b>Glencore plc (LSE:GLEN)</b>           | 2000 | NA     | NA    |
| <b>Rio Tinto Group (LSE:RIO)</b>         | 2022 | 96,74  | 6,75  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2021 | 102,90 | 7,38  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2020 | 97,39  | 6,19  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2019 | 87,80  | 5,49  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2018 | 90,95  | 5,43  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2017 | 95,73  | 4,48  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2016 | 89,26  | 3,01  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2015 | 91,56  | 4,69  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2014 | 107,83 | 8,16  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2013 | 111,03 | 13,00 |

|                                  |      |        |       |
|----------------------------------|------|--------|-------|
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2012 | 118,44 | 17,62 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2011 | 119,55 | 12,57 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2010 | 112,77 | 4,59  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2009 | 97,24  | 5,39  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2008 | 89,62  | 8,57  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2007 | 101,09 | 5,00  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2006 | 34,49  | 3,99  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2005 | 29,80  | 2,59  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2004 | 26,31  | 2,26  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2003 | 24,08  | 1,66  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2002 | 20,20  | 1,42  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2001 | 19,54  | 1,48  |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)        | 2000 | 19,44  | 0,97  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2022 | 85,76  | 5,47  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2021 | 89,58  | 5,07  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2020 | 92,07  | 4,25  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2019 | 91,97  | 3,51  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2018 | 88,27  | 3,83  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2017 | 99,04  | 3,83  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2016 | 99,14  | 5,00  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2015 | 87,25  | 8,20  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2014 | 116,41 | 11,18 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2013 | 123,55 | 13,28 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2012 | 130,29 | 15,96 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2011 | 127,23 | 15,34 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2010 | 129,24 | 13,39 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2009 | 101,96 | 8,17  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2008 | 79,66  | 10,39 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2007 | 74,66  | 6,79  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2006 | 57,62  | 4,65  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2005 | 22,57  | NA    |
| <b>Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)</b> | 2004 | 16,37  | NA    |
| <b>Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)</b> | 2003 | 13,08  | 1,67  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2002 | 9,45   | 1,12  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2001 | 11,42  | 0,85  |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)        | 2000 | 12,22  | 0,65  |

Fonte: Capital IQ, S&P

## APÊNDICE B – *Sustaining e Growth CapEx (2009 – 2022)*

| <b>Empresa</b>                      | <b>Year</b> | <b>Growth (bn)</b> | <b>Sustaining (bn)</b> |
|-------------------------------------|-------------|--------------------|------------------------|
| <b>Anglo American plc (LSE:AAL)</b> | 2022        | 1,60               | 4,14                   |
| Anglo American plc (LSE:AAL)        | 2021        | 1,75               | 3,43                   |

|  |      |       |      |
|--|------|-------|------|
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2020 | 1,44  | 2,62 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2019 | 0,85  | 2,98 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2018 | 0,34  | 2,50 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2017 | 0,17  | 2,06 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2016 | 1,52  | 1,04 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2015 | 2,68  | 1,38 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2014 | 4,12  | 1,97 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2013 | 3,97  | 2,24 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2012 | 3,00  | 2,70 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2011 | 3,40  | 2,40 |
| Anglo American plc (LSE:AAL)             | 2010 | 3,30  | 1,70 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)              | 2022 | 3,04  | 2,80 |
| BHP Group Limited (ASX:BHP)              | 2021 | 4,29  | 2,30 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2022 | 2,04  | 1,03 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2021 | 2,54  | 0,86 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2020 | 1,16  | 0,69 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2019 | 0,32  | 0,61 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2018 | 0,32  | 0,51 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2017 | 0,32  | 0,35 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2016 | 0,06  | 0,24 |
| Fortescue Metals Group Limited (ASX:FMG) | 2015 | 0,30  | 0,33 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2022 | 0,78  | 4,03 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2021 | 0,88  | 3,55 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2020 | 1,02  | 3,06 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2019 | 1,30  | 4,05 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2018 | 1,12  | 3,83 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2017 | 0,90  | 2,34 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2016 | 0,74  | 1,95 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2015 | 2,32  | 1,54 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2014 | 2,80  | 3,51 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2013 | 5,85  | 2,84 |
| Glencore plc (LSE:GLEN)                  | 2012 | 6,11  | 2,55 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2022 | 2,80  | 3,90 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2021 | 3,90  | 3,50 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2020 | 5,30  | 3,00 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2019 | 2,60  | 2,90 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2018 | 2,90  | 2,50 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2017 | 2,50  | 2,00 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2016 | 1,30  | 1,70 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2015 | 2,60  | 2,10 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2014 | 5,50  | 2,70 |
| Rio Tinto Group (LSE:RIO)                | 2013 | 11,00 | 1,90 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)                | 2022 | 1,60  | 3,80 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)                | 2021 | 1,00  | 4,03 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3)                | 2020 | 0,52  | 3,91 |

|                           |      |       |      |
|---------------------------|------|-------|------|
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2019 | 0,54  | 3,16 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2018 | 0,89  | 2,90 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2017 | 1,62  | 2,23 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2016 | 3,10  | 2,09 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2015 | 5,50  | 2,64 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2014 | 7,92  | 4,06 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2013 | 9,65  | 4,59 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2012 | 11,58 | 4,62 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2011 | 11,68 | 4,57 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2010 | 8,24  | 3,33 |
| Vale S.A. (BOVESPA:VALE3) | 2009 | 5,85  | 2,16 |

Fonte: Capital IQ, S&P

### APÊNDICE C – *Metals Price Index (IMF PCPS)*

|      | Metals     | Aluminum | Cobalt | Copper | Iron Ore | Lead  | Molybdenum | Nickel | Tin    | Uranium | Zinc  |
|------|------------|----------|--------|--------|----------|-------|------------|--------|--------|---------|-------|
| 2010 | <b>186</b> | 2.173    | 39.368 | 7.538  | 147      | 2.148 | -          | 21.810 | 20.367 | 46      | 2.160 |
| 2011 | <b>209</b> | 2.401    | 35.345 | 8.823  | 168      | 2.401 | 33.774     | 22.909 | 26.051 | 56      | 2.196 |
| 2012 | <b>172</b> | 2.023    | 28.931 | 7.959  | 129      | 2.064 | 27.798     | 17.542 | 21.109 | 49      | 1.950 |
| 2013 | <b>165</b> | 1.847    | 27.091 | 7.331  | 135      | 2.140 | 22.506     | 15.030 | 22.282 | 39      | 1.910 |
| 2014 | <b>145</b> | 1.867    | 30.781 | 6.863  | 97       | 2.095 | 25.067     | 16.893 | 21.899 | 33      | 2.161 |
| 2015 | <b>106</b> | 1.665    | 28.452 | 5.510  | 56       | 1.788 | 14.524     | 11.863 | 16.067 | 37      | 1.932 |
| 2016 | <b>100</b> | 1.604    | 25.463 | 4.868  | 59       | 1.867 | 14.016     | 9.595  | 17.934 | 26      | 2.090 |
| 2017 | <b>122</b> | 1.968    | 55.832 | 6.170  | 71       | 2.315 | 15.548     | 10.410 | 20.061 | 22      | 2.891 |
| 2018 | <b>130</b> | 2.108    | 72.911 | 6.530  | 70       | 2.240 | 22.894     | 13.114 | 20.145 | 25      | 2.922 |
| 2019 | <b>135</b> | 1.794    | 33.178 | 6.010  | 94       | 1.997 | 25.590     | 13.914 | 18.661 | 26      | 2.550 |
| 2020 | <b>140</b> | 1.704    | 31.445 | 6.175  | 108      | 1.825 | 19.654     | 13.790 | 17.125 | 29      | 2.267 |
| 2021 | <b>205</b> | 2.473    | 51.236 | 9.317  | 158      | 2.200 | 34.894     | 18.467 | 32.387 | 33      | 3.003 |
| 2022 | <b>194</b> | 2.707    | 63.765 | 8.829  | 121      | 2.153 | 39.173     | 25.867 | 31.383 | 41      | 3.485 |

Fonte: IMF Capital IQ, S&P