



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

ROGÉRIO AUGUSTO CARVALHO SOUZA

**MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE
PROJETOS DE UMA MINERADORA**

Recife
2024

ROGÉRIO AUGUSTO CARVALHO SOUZA

**MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE
PROJETOS DE UMA MINERADORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador (a): Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Souza, Rogério Augusto Carvalho.

Modelo de decisão multicritério para seleção de portfólio de projetos de uma mineradora / Rogério Augusto Carvalho Souza. - Recife, 2025.

107f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção, 2025.

Orientação: Jônatas Araújo de Almeida.

Inclui referências.

1. Seleção de portfólio de projetos; 2. MCDM/A; 3. FITradeoff.
I. Almeida, Jônatas Araújo de. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

ROGÉRIO AUGUSTO CARVALHO SOUZA

**MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE
PROJETOS DE UMA MINERADORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Aprovado em: 10/04/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dra. Eduarda Asfora Frej (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. Leonardo Antônio Monteiro Pessoa (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

AGRADECIMENTOS

Diante das dificuldades diárias e dos contratempos, pude contar com pessoas que deixaram aqui, de alguma maneira, a sua preciosa contribuição.

Agradeço, primeiramente, a Deus, fonte de sabedoria, que sempre iluminou os meus passos, dando-me a força e a determinação necessárias para avançar, mesmo nos momentos mais difíceis desta trajetória.

Aos meus pais Jackson e Marísia, exemplos da minha vida, pelo amor incondicional, pelo incentivo e por compreender a minha ausência em muitos momentos nos quais eu deveria estar com eles, mas estava me dedicando ao mestrado.

Gratidão à minha amada esposa Bruna e à minha querida filha Beatriz, pelo amor de todos os dias, fundamental para esta conquista, pelo suporte a mim dedicado, pelos vários incentivos, pela paciência, pela compreensão devido às minhas ausências do nosso convívio para encarar as aulas em muitos finais de semana e por renunciarem de vários momentos familiares para estarem comigo nesta jornada.

À minha irmã Rayana, pelas palavras de motivação, que me reintegraram no caminho da conquista em muitos momentos de correria e desânimo.

Ao estimado Prof. Dr. Jônatas Araújo de Almeida, pela orientação, pelo comprometimento comigo, pela paciência e pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional durante todo esse período de curso em que estivemos conectados. Sempre atencioso, ensinou-me, em nossas várias reuniões, como desenvolver a arte de pesquisar e encontrar o melhor caminho para a construção dos meus artigos e de minha dissertação.

Ao amigo e *big boss* Eduardo de Come, por me incentivar quanto ao desafio do mestrado desde o início desta jornada. Sou muito grato por toda a ajuda na aplicação do modelo dessa dissertação e nas discussões dos resultados. Além disso, agradeço a ele, principalmente, pela confiança e parceria nesses mais de dez anos de convívio na empresa, sempre me inspirando a ser um líder melhor.

Agradeço também a todos os professores envolvidos na minha trajetória, por transmitirem tão bem os vários ensinamentos do programa curricular deste mestrado. Muito obrigado a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para mais uma etapa vencida.

RESUMO

No atual cenário global da indústria de mineração e na perspectiva de expansão das operações desse segmento, é fundamental endereçar os principais recursos financeiros e esforços para a implementação dos projetos que ditarão o futuro dessas organizações. Nesse contexto, para a alta gestão da empresa, é fundamental estabelecer uma boa estratégia de negócio e alinhá-la com o processo de seleção de portfólio de projetos que venha a maximizar o valor para a organização quanto à eficiência, à rentabilidade e ao crescimento. Frente às limitações de recursos, alguns desafios desse problema de decisão se estabelecem mais fortemente, uma vez que lidam com múltiplos objetivos, diversos critérios, informações incompletas e envolvem inúmeras variáveis, que tornam o processo de decisão cada vez mais complexo. Diante disso, o presente estudo propõe a aplicação de um modelo de decisão para seleção de portfólio de projetos em uma mineradora, à luz dos conceitos de métodos multicritérios de apoio à decisão. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, com aplicação do método FITradeoff para a problemática de portfólio e com abordagem da relação custo-benefício, em que foram considerados 40 projetos candidatos de *Sustaining*. No contexto, analisaram-se os investimentos envolvidos de cada projeto e foi feita uma relação deles com uma avaliação dos principais riscos do negócio e de práticas de gestão da sustentabilidade, importantes ao segmento de mineração. O FITradeoff se mostrou bastante aderente às perspectivas do decisor e da empresa, uma vez que apoiou a tomada de decisão na seleção de portfólio de projetos, fornecendo mais isonomia e agilidade na decisão de priorização e reduzindo vieses institucionais típicos dos processos de priorização de projetos, quando não se tem uma metodologia clara e com critérios bem estabelecidos. Os resultados obtidos, por meio da aplicação do método, ajudaram a mineradora não somente na composição do portfólio de projetos, mas também apoiou na construção de um processo mais estruturado e dinâmico de priorização de projetos para seleções futuras.

Palavras-chave: seleção de portfólio de projetos; indústria de mineração; avaliação de riscos; MCDM/A; FITradeoff.

ABSTRACT

In the current global scenario of the mining industry, as well as in the perspective of the expansion of operations in this segment, it is essential to address the main financial resources and efforts for the implementation of the projects that will dictate the future such organizations. In this context, for the company's senior management, it is essential to establish a good business strategy and align it with the project portfolio selection process that will maximize the value for the organization in terms of efficiency, profitability and growth. In face of resource restrictions, challenges related to decision making are more strongly established, as they relate to multiple objectives, several criteria, incomplete information, and involve numerous variables, which make the decision-making process increasingly complex. Therefore, the present study proposes the application of a decision-making model for the selection of a portfolio of projects in a mining company, in the light of the concepts of multicriteria methods of decision support. In order to achieve that, a case study was carried out, with the application of the FITradeoff method of portfolio problematization with a cost-benefit approach in which 40 candidate projects of Sustaining were considered. In such context, the investment involved in each project was analyzed, and a relation was made with the assessment of the main risks of the business, as well as sustainability management practices, crucial to the mining segment. FITradeoff has proved to be very adherent to the perspectives of the decision-maker and the company, since it supports decision-making in the selection of the project portfolio, providing more isonomy and agility in the prioritization decision, reducing the institutional biases typical of project prioritization processes, when there is no clear methodology or well-established criteria. The results obtained, by means of the application of the method, have helped the mining company not only in the composition of the project portfolio, but also supporting the construction of a more structured and dynamic process of prioritization of projects for future selections.

Keywords: project portfolio selection; mining industry; risk assessment; MCDA/M; FITradeoff.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Função aditiva.....	34
Equação 2 - Benefício geral do projeto	37
Equação 3 - Cálculo Relação Custo-Benefício.....	38
Equação 4 - Modelo de programação linear.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Framework de decisão multicritério.....	46
Figura 2 - Tela de visualização dos dados carregados no FITradeoff.....	77
Figura 3 - Tela de visualização para ordenação dos critérios	77
Figura 4 - Tela com os critérios ordenados	78
Figura 5 - Tela de elicitaco flexível	78
Figura 6 - Portfólio de projetos final recomendado	79
Figura 7 - Análise de limites dos critérios	80
Figura 8 - Resultado parcial ps-ordenação dos critérios	83
Figura 9 - Resultado parcial do ciclo 2	83
Figura 10 - Resultado parcial do ciclo 3	84
Figura 11 - Diagrama de Hasse final para o portfólio da mineradora	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios qualitativos resumidos.....	66
Tabela 2 - Matriz 5x5 de avaliação de risco	67
Tabela 3 - Legenda dos níveis de classificação de probabilidade.....	67
Tabela 4 - Legenda da matriz de avaliação de risco	67
Tabela 5 - Matriz de consequência	75
Tabela 6 -Resultado do portfólio por pergunta respondida	85
Tabela 7 - Ranking do portfólio e valores envolvidos	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
BCR	<i>Benefit to Cost Ratio</i>
Capex	<i>Capital Expenditure</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CFO	<i>Chief Financial Officer</i>
COVID-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
ELECTRE	<i>Elimination Et Choix Traduisant la Réalité</i>
FITradeoff	<i>Flexible and Interactive Tradeoff</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IT2FS	<i>Interval Type-2 Fuzzy Set</i>
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MCDAM	<i>Multi-Criteria Decision Aiding/Making</i>
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
MAVT	<i>Multi-Attribute Value Theory</i>
ONGs	Organizações não governamentais
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PLMO	Programação Linear Multiobjetivo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
ROI	<i>Return over investment</i>
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SMART	<i>Simple Multiattribute Rating Technique</i>
SMARTER	<i>Simple Multiattribute Rating Technique Exploiting Ranks</i>
SMARTS	<i>Simple Multiattribute Rating Technique using Swings</i>
TI	Tecnologia da Informação
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution</i>

UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VIKOR	<i>Visekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje</i>
VFT	<i>Value Focused Thinking</i>
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Índice de alternativa
$b(p_i)$	Benefício geral do projeto p_i ;
${}_{i,k}^d BCR$	Benefit-to-Cost Ratio
c_i	Custo do Projeto i
c_k	Custo do Projeto k
k_j	Constante de escala para o critério j
p_i	Projeto i
p_k	Projeto k
$v(a)$	Função de valor da alternativa (a)
$v_i(a)$	Avaliação intracritério da alternativa (a) no critério i
v_j	Função de valor do critério j
ω	Espaço de pesos
x_{ij}	Valor do resultado do projeto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Justificativa e contribuição do estudo	18
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo geral	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Caracterização do estudo e metodologia da pesquisa	20
1.4. Estrutura da dissertação.....	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1. Fundamentação teórica.....	22
2.1.1. Estratégias organizacionais ou de negócios	22
2.1.2. Tomada de decisão multicritério e modelagem	24
2.1.3. Abordagens para a tomada de decisão e os métodos multicritério	27
2.1.4. Seleção de portfólio de projetos	30
2.1.5. O modelo aditivo e o método FITradeoff para portfólio com abordagem da relação custo-benefício	33
2.1.5.1. Método de critério único de síntese ou modelo aditivo	33
2.1.5.2. O método FITradeoff para portfólio com abordagem da relação custo- benefício.....	35
2.2. Revisão da literatura.....	39
2.2.1. Estudos multicritério recentes que resolvem problemas de seleção de portfólio de projetos	39
2.2.2. Seleção de portfólio de projetos sustentáveis no contexto da mineração	43
2.3. Síntese do estado da arte e posicionamento do trabalho.....	44
3. MODELO DE DECISÃO	46
3.1. O framework de decisão e as etapas do modelo considerando o contexto de mineração	46
4. APLICAÇÃO DO MODELO	51
4.1. Contextualização do problema	51
4.2. Caracterização das etapas do modelo na empresa	54
4.2.1. Fase preliminar	54
4.2.1.1. Caracterização do decisor e dos atores.....	54
4.2.1.2. Identificação dos objetivos.....	55

4.2.1.3. Estabelecimento dos principais critérios.....	55
4.2.1.3.1. Estabilidade operacional (C1)	57
4.2.1.3.2. Legal ou regulatório (C2).....	58
4.2.1.3.3. Segurança do trabalho e saúde (C3)	59
4.2.1.3.4. Dano ao patrimônio (C4)	61
4.2.1.3.5. Aspecto ambiental (C5).....	62
4.2.1.3.6. Social e reputação (C6).....	63
4.2.1.3.7. Maturidade de engenharia (C7).....	68
4.2.1.3.8. Impacto financeiro (C8).....	70
4.2.1.3.9. Tempo para execução (C9).....	71
4.2.1.4. Identificação dos projetos	71
4.2.1.5. Estabelecimento da matriz de consequências.....	72
4.2.2. Modelagem de preferências e escolha do método	76
4.2.2.1. Aplicação do SAD FITradeoff para portfólio.....	76
4.2.3. Finalização e discussão dos resultados	81
5. CONCLUSÃO	94
5.1. Impactos no negócio	98
5.2. Limitações e sugestão de trabalhos futuros	99
REFERÊNCIAS	101

1. INTRODUÇÃO

Para ser mais competitivo no mercado e atender às fortes demandas de produção que são impostas atualmente às empresas de mineração, é importante estar preparado financeiramente para apoiar os principais projetos que irão alavancar os resultados dessas organizações nos próximos anos.

A mineração no Brasil é considerada atualmente um segmento de mercado desafiador, em que muitos são os aspectos internos e externos os quais influenciam no desenvolvimento dos trabalhos e de seus resultados. Além disso, a complexidade da economia internacional e a globalização levam a desafios adicionais à estratégia de investimento das empresas de mineração (NJIKE; KUMARAL, 2019).

Muitos desses desafios são considerados fatores de risco para as mineradoras e passam por questões legais, cujas demandas são voltadas à segurança do trabalho, ao licenciamento ambiental e, até mesmo, à regulação de preços. Esse último se refere aos preços das commodities de metais, que são controlados por entidades externas, oscilam com as intempéries do mercado e, para as empresas brasileiras, converge com a influência direta da taxa de câmbio (dólar) para compor os resultados locais.

As mineradoras, atualmente, contribuem fortemente com a economia e têm sido um instrumento de crescimento sustentável para desenvolver regiões com potencial mineral, criando infraestrutura para as comunidades locais e ajudando-as a vencer os desafios sociais. No contexto socioeconômico e ambiental do Brasil, os empreendimentos minerários são importantes devido às suas vastas reservas e ao bom posicionamento no comércio mundial de commodities minerais.

Segundo o presidente do Ipea, a mineração, juntamente com a energia e o agronegócio, são setores propulsores da economia brasileira. De acordo com os dados divulgados em abril de 2021, o setor mineral representou, em 2019 e 2020, uma contribuição respectiva de 3,190% e 3,182% do PIB (Produto Interno Bruto), trazendo indicativos promissores que irão alavancar a economia nacional nos próximos anos (IPEA, 2021).

Contudo, no atual contexto global do segmento de mineração e metais, em que ainda permeiam incertezas em função do mercado, dos preços e das flutuações de câmbio, levando em conta também a perspectiva de expansão das operações

mineiras, é fundamental endereçar os principais recursos financeiros e esforços para a implementação das demandas que ditarão o futuro dessas mineradoras. Assim, mesmo nesse cenário, para a alta gestão das empresas, é fundamental estabelecer uma boa estratégia de negócio e alinhá-la com o processo de seleção de portfólio de projetos.

Essa seleção do portfólio de projetos, quando bem executada, poderá contribuir para atender não somente aos objetivos estratégicos, que são aqueles os quais estão alinhados com a missão e visão da empresa e que envolve planejar e implementar ações específicas de curto, médio e longo prazo, mas que proporcione principalmente a maximização dos resultados da organização no que se refere à eficiência, à rentabilidade e ao crescimento.

Nesse sentido, segundo o guia PMBOK (PMI, 2021), um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único, que podem ser independentes ou fazer parte de um programa ou portfólio. O gerenciamento de projetos é de suma importância para as empresas, já que se trata da aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para cumprir os requisitos definidos e entregar valor. Nesse caso, a entrega de valor se refere a uma coleção de atividades estratégicas de negócios destinadas a construir, sustentar e promover uma organização.

Apesar desse contexto de projetos e da busca por um cenário promissor para o segmento de mineração, existe uma contrapartida que está relacionada às questões ambientais, que pode ser impeditiva e que tem entrado no foco de debates de alguns países, de Organizações não Governamentais (ONGs) e da sociedade, principalmente pelo fato de o clima global estar piorando em função dos desmatamentos, da poluição e, conseqüentemente, das alterações drásticas no efeito estufa.

De modo geral, o processo de extrativismo mineral, quando praticado de forma irresponsável e não controlada, causa impactos significativos ao meio ambiente e trazem conseqüências, em sua grande maioria, negativas ao equilíbrio dos ecossistemas. São atividades de supressão vegetal, alterações no regime hidrológico de superfície e subsolo e poluição de rios e do ar que impõem a necessidade de colocar restrições para que esses empreendimentos não sejam implantados em maior escala. Muitas dessas restrições são reguladas por órgãos ambientais, que tem por

objetivo controlar, fiscalizar e fazer valer as condicionantes (requisitos) para que a mineradora inicie e/ou continue em operação mineira.

Assim, o conceito de sustentabilidade tem sido cada vez mais vinculado ao processo de gerenciamento de projetos, uma vez que os papéis essenciais dos projetos, nas práticas de negócios sustentáveis, têm recebido mais atenção das organizações (ZARJOU; KHALILZADEH, 2021). Muitas são as iniciativas de projetos propostas e viabilizadas pelos departamentos, que estão, em grande parte, diretamente ligadas a expansões e melhorias, sendo, inclusive, algumas voltadas ao atendimento da legislação socioambiental, a iniciar pelo requisito primário de uma mineração, que é a pesquisa de exploração mineral, em que se busca novos alvos os quais sustentarão o processo produtivo do futuro.

Para que essas pesquisas ocorram, é necessário estabelecer os projetos com escopos formatados e que irão demandar recursos financeiros e tempo. Tais iniciativas entram no portfólio de projetos da organização, concorrem com outros projetos e estão diretamente ligadas à continuidade do negócio.

Sendo assim, frente às restrições financeiras, de tempo e de recursos humanos, é importante que essas empresas contem com um modelo de análise e avaliação dos projetos, com seus respectivos investimentos, que melhor auxilie a direção da empresa em uma tomada de decisão mais ágil e pragmática e que priorize esses investimentos com critérios de decisão mais claros e assertivos.

Essa melhoria no processo de avaliação dos projetos, por exemplo, pode ser objeto de análise anual, durante o curso do ciclo orçamentário da empresa, momento em que ocorrem as proposições e a análise de projetos com vistas plurianuais, buscando avaliar a aderência deles aos objetivos estratégicos, além de trabalhar na condução de um processo de priorização dos investimentos para a tomada de decisão sobre quais iniciativas/projetos irão compor o portfólio.

Entretanto, muitas dessas empresas se deparam com a dificuldade de conectar suas iniciativas estratégicas com a seleção de portfólio de projetos e, normalmente, não se utilizam de critérios claros ou modelos matemáticos (a exemplo da programação linear) para realizar tal seleção, deixando, assim, o processo subjetivo, moroso e sem uma fundamentação científica que apoie a tomada de decisão pela alta gestão da empresa.

O processo vigente de composição do orçamento de investimentos capitais — Capex¹ — (MICHELON *et al.*, 2020), na empresa objeto do estudo, é extremamente moroso e envolve muitas variáveis externas, internas e tipos de investimentos diversos, que precisam ser bem analisados, como os projetos de exploração mineral, *sustaining*, expansão, P&D etc., que possuem, muitas vezes, pesos iguais e relevância e podem concorrer entre si por recursos, sejam eles financeiros, de tempo ou, até mesmo, de pessoal.

Esse processo normalmente tem gerado vários embates com os controladores da empresa, apresentando muitas versões de orçamento ao longo do ciclo e ocorrências de erros na consolidação dos números, o que provoca incertezas na melhor seleção dos projetos e afeta a credibilidade dos gestores da empresa que submetem os projetos.

Sendo assim, é preciso estabelecer um processo formal de forma mais estruturada e pragmática, que facilite a tomada de decisão pelo decisor da empresa. O intuito é prover mais agilidade no processo decisório, de modo a ter mais isonomia, reduzindo vieses institucionais de barganha, negociação e priorizando os projetos com a utilização de critérios mais robustos. Salienta-se ainda, nesse contexto, a importância de conectar a proposta do modelo de gestão de portfólio de projetos ao plano estratégico da organização, respeitando as premissas orçamentárias para alocação de recursos e investimentos.

No tocante ao atendimento aos requisitos de sustentabilidade dos projetos, um modelo formal que apoie a organização para um processo de decisão mais assertivo certamente trará contribuições voltadas ao desenvolvimento socioeconômico e ambiental mais rápido da região de interesse e com benefícios diretos para as populações locais. Isso porque, com uma boa gestão de portfólio de projetos e com indicadores bem estabelecidos, será percebido pela sociedade uma questão reputacional importante da empresa, o que, de certa forma, pode fundamentar mais tecnicamente as justificativas dos projetos submetidos e, assim, obter liberações céleres junto aos órgãos reguladores do governo.

Desta maneira, no intento de resolver o problema de decisão identificado na empresa objeto deste estudo, o presente trabalho se propõe a desenvolver um modelo

¹ Com origem na expressão inglesa: *Capital Expenditure*, que pode ser definida como despesas de capital ou investimentos em bens de capitais.

de gestão e decisão multicritério para seleção de portfólio de projetos, fundamentada na estrutura de processos formais do framework de decisão adaptado de De Almeida, (2013), e com o auxílio de um método multicritério. Esse método, por sua vez, será aplicado em uma situação prática de priorização de projetos capitais da empresa por meio de um sistema de apoio a decisão (SAD), em que serão utilizados os critérios estabelecidos na modelagem e a elicitación de preferências do decisor sobre o conjunto de consequências.

Tal dinâmica buscará apoiar o decisor na tomada de decisão do melhor portfólio de projetos, com mais agilidade e alinhado aos objetivos estratégicos da empresa.

1.1. Justificativa e contribuição do estudo

No contexto da mineradora foco deste estudo, o plano de negócio da empresa se inicia com um processo de avaliação das principais reservas minerais já certificadas com o objetivo de sequenciar e otimizar a exploração. Mediante a localização dessas reservas e os recursos disponíveis, monta-se uma estratégia, que é traduzida em forma de plano de produção e com os principais projetos que visam alavancar a organização para manter as operações no futuro.

Dentre eles, destacam-se os projetos de pesquisa exploratória, que são iniciativas que visam otimizar as reservas existentes, como também encontrar novos alvos/minas, uma vez que o recurso mineral hoje trabalhado é finito; os projetos adjacentes de infraestrutura, os quais viabilizam o negócio e que, em sua maioria, estão relacionados a expansões de capacidade de planta industrial, e os projetos de *Sustaining*, que visam manter a produção com melhoria nas frotas de equipamentos de perfuração, carga e transporte, nas instalações, nos projetos de recuperação de áreas degradadas etc.

Diante disso, para apoiar essas iniciativas, é crucial estabelecer uma sistemática com um melhor controle e endereçamento dos investimentos não só para a sobrevivência da empresa, mas, principalmente, diante da necessidade de selecionar o portfólio de projetos que atenda a todos esses requisitos e que também dê subsídios à empresa para crescer de forma sustentável.

Observando o processo atual de seleção de portfólio de projetos da mineradora, percebe-se que há uma dinâmica, porém sem um método ou o uso de

modelos matemáticos que apoiem a diretoria na avaliação e definição de quais projetos serão selecionados e investidos e que irão maximizar os resultados da organização. A diretoria executiva toma essa decisão de forma não fundamentada e, na grande maioria das vezes, o processo é demorado, desgastante e com muitas reviravoltas ao longo do ciclo.

Sendo assim, essa pesquisa se justifica diante da proposição de desenvolver, na mineradora, um modelo formal de gestão e seleção de portfólio de projetos, por meio de experimento e aplicação de um método matemático, à luz dos conceitos de decisão multicritério, que possa fundamentar e dar suporte à diretoria executiva na tomada de decisão quanto à seleção de portfólio de projetos mais eficientes, ágil e que possa ser padronizado para todo o grupo.

Além disso, cabe ressaltar as contribuições adjacentes do modelo em que poderão apoiar a empresa para que as implantações se concretizem de modo mais célere, favorecendo principalmente a questão social com o desenvolvimento local e com a criação de emprego e renda.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é desenvolver, na mineradora objeto do estudo, um modelo de gestão e decisão para seleção de portfólio de projetos mais simplificado e pragmático, à luz dos conceitos de decisão multicritério, visando apoiar a alta gestão da empresa nas tomadas de decisão do portfólio ideal de forma mais ágil e assertiva, atendendo aos objetivos estratégicos organizacionais e orçamentos estabelecidos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Obter uma visão geral sobre os principais métodos multicritérios de apoio à decisão, através de uma revisão da literatura, em que podem ser aplicáveis ao contexto de seleção de portfólio de projetos da empresa objeto de estudo e assim embasar a escolha do método mais adequado para o trabalho, entendendo suas

características, aplicações, identificando as tendências e desenvolvimentos recentes na área.

- Compreender as conexões entre os objetivos organizacionais da mineradora com o contexto dos projetos propostos, para assim garantir que a seleção de projetos seja feita de maneira estratégica, que contribua para o sucesso geral da organização e maximize o valor para as partes interessadas.
- Elaborar um modelo de decisão para seleção de portfólio de projetos que represente o problema no contexto da mineradora, bem como realizar uma aplicação prática através de um método multicritério e respectivo Sistema de Apoio à Decisão (SAD), que facilite o entendimento do processo de priorização proposto e agilize os resultados.
- Demonstrar as vantagens e contribuições da adoção do novo modelo através da avaliação dos resultados deste, comparando-os com a forma atual de priorização de projetos e assim viabilizar a padronização do modelo proposto para empresa.

1.3. Caracterização do estudo e metodologia da pesquisa

Este trabalho é um estudo de caso, com objetivo exploratório e de natureza aplicada, uma vez que se pretende estabelecer um modelo de gestão e seleção de portfólio de projetos, com uso de um método multicritério para resolver um problema de decisão na empresa e prover embasamento prático para que essa dinâmica seja padronizada para os próximos ciclos de orçamentação (GIL, 1999).

Quanto a abordagem, a mesma é de ordem combinada, em que, no aspecto qualitativo, caracteriza-se pelo processo de elicitação das preferências do decisor a observar os critérios construídos envolvidos no processo e, no quantitativo, mensuram-se essas variáveis da pesquisa com uso de recursos computacionais para produzir os dados do resultado que serão avaliados e que servirão de base para demonstrar as contribuições do modelo do ponto de vista prático, robustez da solução, e assim confirmar o alcance dos objetivos do trabalho (GIL, 1999).

1.4. Estrutura da dissertação

O presente trabalho foi dividido em cinco capítulos e estruturado da seguinte maneira:

No capítulo 1, introduziu-se o tema, com uma abordagem inicial voltada ao contexto de mineração e uma visão dos desafios do segmento e das variáveis que influenciam na tomada de decisão acerca da seleção de portfólio de projetos. Além disso, foram apresentados a justificativa e contribuição do trabalho, os objetivos, tanto geral quanto específicos, a serem alcançados. Ainda nesta seção, foi discorrida a caracterização do estudo com a metodologia da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, em que foram abordados os temas voltados às estratégias organizacionais, à decisão multicritério e modelagem, à seleção de portfólio de projetos, o método FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) para a problemática de portfólio e com uma abordagem de relação custo-benefício, e cujas informações são basilares para o delineamento do trabalho. Ainda nessa seção, foi feita uma revisão da literatura apresentando alguns estudos multicritérios recentes que resolvem problemas de seleção de portfólio de projetos e que tratam das bases conceituais matemáticas sobre o modelo aditivo, bem como uma fundamentação sobre seleção de portfólio projetos considerando o contexto de mineração e sustentabilidade.

No capítulo 3, foram explorados, com detalhes, o modelo de decisão adotado com base no framework de decisão e a descrição de suas etapas de forma adaptada para o cenário da mineradora.

No capítulo 4, foi feita a aplicação do modelo, por meio de um estudo de caso, a apresentação das características específicas de todas as etapas do framework de decisão para o contexto da mineradora objeto do estudo. Além disso, na discussão de resultados, foram trazidas as informações geradas com base na aplicação do SAD, em um contexto de decisão de seleção de portfólio de projetos, fazendo um comparativo dos resultados obtidos com a forma atual de priorização de projetos na empresa.

Por fim, no capítulo 5, foram apresentadas as conclusões do trabalho, as contribuições encontradas na aplicação do modelo e as sugestões para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, serão apresentadas as bases conceituais referentes às estratégias organizacionais, à decisão multicritério e modelagem, à seleção de portfólio de projetos, cujas informações complementam o entendimento quanto às conexões desses temas com o processo de tomada de decisão e com uso da metodologia multicritério. Além disso, serão abordados, dentro da revisão da literatura, alguns estudos multicritério recentes que resolvem problemas de seleção de portfólio de projetos, pontuando também o contexto de mineração e sustentabilidade.

2.1. Fundamentação teórica

2.1.1. Estratégias organizacionais ou de negócios

A estratégia de negócios descreve a maneira pela qual uma empresa decide competir no mercado em comparação com seus concorrentes (MESKENDAHL, 2010). Adicionalmente, na visão de Iacob *et al.* (2012), a estratégia de negócios também é descrita, em termos de objetivos estratégicos, quanto ao dimensionamento de recursos, das competências e capacidades, buscando se posicionar em que lugar a organização deseja estar no futuro.

Na abordagem clássica de Michael Porter (1980), considerado referência no tema, foi pontuado que desenvolver uma estratégia competitiva é gerar uma fórmula ampla de como uma empresa vai competir, destacando quais devem ser suas metas (missão ou objetivo) e quais políticas serão necessárias para realizar esses objetivos (PORTER, 1980 *apud* HYVARIA, 2014).

Os objetivos da empresa podem ser caracterizados como desafios a serem superados e, segundo Oliveira (2004), são percebidos dessa maneira quando há o estabelecimento da situação atual e da situação futura desejada, que é perfeitamente quantificável, bem como o período para a sua realização. Definidos os objetivos, tem-se, então, a formulação da estratégia, que é um dos aspectos mais importantes que os executivos enfrentam no processo de elaboração do planejamento estratégico e que tem um teor de complexidade, uma vez que depende de inúmeros fatores e condições que se alternam e se modificam constantemente (OLIVEIRA, 2004).

A formulação da estratégia visa planejar como: encontrar metas, competir com os concorrentes, alcançar vantagem competitiva sustentável e tornar a visão estratégica da administração uma realidade para uma empresa (WARDANA, 2022). Para Keeney (1979 *apud* OLIVEIRA, 2004), a complexidade das estratégias está relacionada com alguns pontos relevantes: a existência de múltiplos objetivos hierarquizados e diferenciados na empresa; a existência de objetivos intangíveis; o horizonte de tempo muito longo correlacionado às decisões; a influência de diferentes grupos da empresa, com atitudes e valores diferenciados; a incidência de risco e incerteza, o aspecto interdisciplinar, que envolve grande variedade de assuntos; a presença de vários tomadores de decisão e a existência de julgamento de valor.

Nesse contexto, é importante entender quais são os caminhos e as principais estratégias organizacionais a serem adotados e que necessariamente precisam estar em consonância com a situação da empresa e com as metas propostas. Na literatura, são abordadas as estratégias que podem contribuir para o processo de formulação ou de planejamento estratégico e que diz respeito às posturas estratégicas da empresa frente à situação apresentada, como aquelas voltadas à sobrevivência, à manutenção, ao crescimento e ao desenvolvimento (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Porter (2005), o planejamento estratégico se tornará amplamente aceito como uma importante tarefa de traçar rumos da empresa em longo prazo, sendo que, nas últimas décadas, os fundamentos da estratégia competitiva e as suas disciplinas (liderança em custo, diferenciação e foco) proporcionaram uma nova direção e um novo ímpeto ao pensamento econômico para as organizações. Contudo, nas organizações, o dilema mais comum está no enfrentamento das dificuldades com a implementação da estratégia do que com a sua formulação (MESKENDAHL, 2010). Essa implementação inclui índices para direcionar a estratégia organizacional, que aborda um programa abrangente de ações, projetos e arranjo geral da organização (BAI *et al.*, 2022).

Nesse contexto, faz-se necessário avaliar as conexões entre os objetivos estratégicos organizacionais e o processo de gestão e seleção de portfólio de projetos, com vistas a estruturar um modelo que seja eficiente em sua aplicação, levando à necessidade de apresentar as principais concepções sobre projetos antes de adentrar os modelos multicritérios. Os projetos são os instrumentos que, quando bem selecionados e com a devida alocação de recursos, contribuirão para maximizar os

resultados da empresa e podem ser considerados pilares importantes para a materialização da estratégia pretendida.

2.1.2. Tomada de decisão multicritério e modelagem

Várias decisões são tomadas diariamente nas organizações, com ou sem o uso de métodos formais de apoio (DE ALMEIDA, 2013). Quando executivos e gerentes se encontram em situações que requerem tomada de decisão entre uma série de alternativas conflitantes e concorrentes, duas opções básicas se apresentam: usar a intuição gerencial ou realizar um processo de modelagem da situação com exaustivas simulações dos mais diversos cenários, de maneira a estudar mais profundamente o problema (LACHTERMACHER, 2016).

Quanto mais complexo o ambiente, mais difícil é a tomada de decisão. Isso porque, em muitos casos, envolve dados imprecisos ou parciais, vários critérios (às vezes, mal estabelecidos) e inúmeros atores inseridos na tomada de decisão. Sem falar que os problemas de decisão podem também ter múltiplos objetivos e que acabam, em sua grande maioria, conflitando entre si. Para Lachtermacher (2016), uma das formas de entender a tomada de decisão é como ocorre o processo de identificação de um problema ou de uma oportunidade e a seleção de uma linha de ação para resolvê-lo.

A formulação e a resolução de problemas de decisão são naturalmente uma preocupação crescente nas organizações, e o posicionamento destas, em termos de competitividade, depende fortemente da forma como os problemas são analisados e do desempenho dos decisores envolvidos (DE ALMEIDA, 2016). Nesse sentido, vários são os fatores que impactam a tomada de decisão. Segundo Lachtermacher (2016), são eles:

- Tempo disponível para tomada de decisão.
- Importância da decisão.
- O ambiente.
- Certeza ou incerteza e risco.
- Agentes decisores.
- Conflitos de interesse.

De acordo com De Almeida (2013), quanto ao processo de tomada de decisão, a preocupação geral nas organizações está associada às consequências de tais decisões e à forma como estas impactam no futuro da organização. Contudo, uma das preocupações naturais envolve a construção de modelos de decisão e a escolha de métodos que embasem tais decisões.

Lachtermacher (2016) retrata as vantagens para o decisor quanto à utilização de um processo de modelagem para tomada de decisão: (1) os modelos forçam os decisores a tornarem explícito seus objetivos; (2) os modelos forçam a identificação e o armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos; (3) os modelos forçam a identificação e o armazenamento dos relacionamentos entre as decisões; (4) os modelos forçam a identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis; (5) os modelos forçam o reconhecimento de limitações e (7) os modelos permitem a comunicação de sua ideia e de seu entendimento para facilitar o trabalho de grupo.

Contudo, o uso de modelos foi disseminado em diversas áreas, nas organizações, para apoiar a descrição, o estudo, a análise e outras atividades relacionadas aos problemas ou sistemas de interesse. De acordo com Lachtermacher (2016), pode-se ter basicamente três tipos de modelos: os físicos, os análogos e os matemáticos ou simbólicos. Na modelagem de situações gerenciais, os mais utilizados são os modelos matemáticos, em que as grandezas são representadas por variáveis de decisão e as relações entre essas variáveis são caracterizadas por expressões matemáticas.

Para De Almeida (2013), um modelo de decisão multicritério corresponde à representação formal e à simplificação do problema de decisão com múltiplos objetivos enfrentados pelo decisor. Sendo assim, para a construção de modelos de decisão úteis, deve-se considerar a modelagem de preferências do decisor voltada ao problema em questão, bem como precisa ser desenvolvido com base em algum método de apoio à decisão.

Esse mesmo autor afirma que alguns modelos podem ser construídos para um problema específico, como a seleção de fornecedores, ou com abrangência de aplicação. Entretanto, para a construção do modelo, deve-se não só incorporar a estrutura de preferências do decisor quanto ao entendimento da problemática, como escolher um método a ser aplicado no contexto proposto.

No que tange ao entendimento da problemática, segundo Roy (1996), foram estabelecidas, na década de 1990, quatro referências, cuja utilização está intimamente associada ao estado de desenvolvimento do processo de decisão:

- Problemática de Escolha ($P.\alpha$): o objetivo da $P.\alpha$ é auxiliar o tomador de decisão na escolha de um subconjunto que seja o menor possível para que uma única ação possa eventualmente ser escolhida. Esse subconjunto contém ações ótimas ou, talvez, ações satisfatórias. O resultado de $P.\alpha$ é uma escolha ou um procedimento de seleção.

- Problemática de Classificação ($P.\beta$): o objetivo de $P.\beta$ é auxiliar o tomador de decisão para levar a atribuição de cada ação a uma categoria, sendo as categorias definidas de antemão, em função de certas normas que tratam do destino final das ações e que apoiam no direcionamento da investigação para determinar uma recomendação ou simples participação. O resultado de $P.\beta$ é um procedimento de classificação ou atribuição.

- Problemática de Ordenação ($P.\gamma$): o objetivo do $P.\gamma$ é auxiliar o tomador de decisão por meio de um ranking que é obtido, colocando todas as ações, ou simplesmente as “mais atraentes”, em classes de equivalência total ou parcialmente ordenadas, de acordo com as preferências. A $P.\gamma$ resulta em um procedimento de ordenação.

- Problemática de Descrição ($P.\delta$): o objetivo do $P.\delta$ é auxiliar o tomador de decisão, desenvolvendo uma descrição das ações e suas consequências em termos apropriados (formalizada e sistemática). Ela resulta em desenvolver uma descrição ou um procedimento cognitivo.

De acordo com De Almeida (2013), anos mais tarde, além das problemáticas abordadas anteriormente, foi inserida a Problemática de Portfólio, que tem o objetivo de escolher, entre um conjunto de alternativas, um certo subconjunto que atenda aos objetivos e sob determinadas restrições. Um exemplo clássico dessa problemática é a seleção de portfólio de projetos, que diz respeito à escolha de um subconjunto de projetos, o qual eleva o valor total de benefícios obtidos (consequências) e está sujeito a uma restrição orçamentária (pode haver outras restrições envolvidas).

Diante do exposto até aqui, no próximo tópico, apresentam-se as abordagens para a tomada de decisão quanto à construção de modelos e à escolha dos métodos multicritérios.

2.1.3. Abordagens para a tomada de decisão e os métodos multicritério

Observar-se que, para a construção de modelos e a escolha de métodos no contexto organizacional, é fundamental destacar o papel dos atores do processo decisório.

Dentro do processo de tomada de decisão, muitas organizações passam a adotar uma visão do ator racional como uma abordagem básica do processo decisório. No entanto, para o estudo de tomada de decisão, são trazidas outras abordagens: a descritiva, a normativa, a prescritiva e a construtivista (DE ALMEIDA, 2013).

A abordagem descritiva tem um foco mais direcionado a descrever como as pessoas decidem em situações reais, caracterizando a forma como o decisor faz seus julgamentos e escolhas com base em comportamentos. A abordagem normativa se concentra na escolha racional de forma ampla ou parcial, com base em modelos normativos construídos, mantendo a estrutura axiomática e provendo uma lógica para o processo decisório.

Já a abordagem prescritiva utiliza os resultados obtidos da abordagem descritiva, em que se observa as inconsistências e os erros da ótica comportamental e combina com a abordagem normativa, criando procedimentos para apoiar o decisor e evitando, assim, os erros conhecidos. Por fim, tem a abordagem construtivista, que consiste em um processo no qual o decisor tem interações com um analista, utilizando-se de algum método e/ou ferramenta, e busca modelar uma solução para o problema enfrentado (EDWARDS *et al.*, 2007 *apud* DE ALMEIDA, 2013).

O uso de modelos multicritérios é uma abordagem poderosa para lidar com problemas de decisão complexos, nos quais múltiplos critérios e alternativas precisam ser considerados. Essa abordagem por sua vez, ajuda a organizar o processo decisório, tornando-o mais transparente e compreensível.

Segundo De Almeida (2013), o processo de construção de modelos é de natureza criativa, envolve intuição, várias etapas com ordem lógica, pode abordar refinamentos sucessivos (voltar a quaisquer etapas anteriores) e geralmente é desenvolvido com base em algum método de apoio a decisão.

Foi proposto em 2013 um procedimento de resolução que ajuda a estruturar e resolver esses problemas de decisão de forma sistemática. Esse procedimento também conhecido como framework de decisão é baseado em 3 fases principais

(preliminar, modelagem de preferências e escolha do método e finalização) e possui etapas sequenciadas (DE ALMEIDA, 2013).

De forma sucinta, o framework apoia a dinâmica no tocante a fornecer uma ordem lógica de etapas sendo que, para segui-las, se faz necessário identificar claramente o problema de decisão em questão, o decisor envolvido, bem como outros atores que estarão no processo. Nesta fase também envolve definir os objetivos a serem alcançados e os critérios relevantes que serão considerados na tomada de decisão.

Estando definido os critérios que serão usados para avaliar as alternativas disponíveis (espaço de ações), segue-se para a fase de modelagem de preferências, em que uma matriz de avaliação é construída para comparar as alternativas em relação aos critérios e escolha do método mais adequado que inclui técnicas de análise multicritério e outras abordagens. Salienta-se que os critérios podem ter diferentes pesos ou importâncias na tomada de decisão e que esses são determinados com base na sua relevância para o problema e nas preferências dos decisores (DE ALMEIDA, 2013).

Ainda de acordo com De Almeida (2013), uma vez que as avaliações e ponderações dos critérios são obtidas, as preferências individuais são agregadas para obter uma visão geral das preferências do decisor e em sequência, já na fase final, avaliar as alternativas realizar uma análise de sensibilidade para verificar a robustez dos resultados obtidos em relação a possíveis variações nos pesos dos critérios ou nas avaliações das alternativas. Por fim, analisar os resultados, elaborar a recomendação e implementar a decisão.

As etapas do framework serão explicadas em mais detalhes no capítulo 3 considerando o modelo de decisão adaptado de De Almeida (2013) e o contexto de mineração.

No que diz respeito aos métodos multicritérios de apoio à decisão (MCDA/M), dentro de um contexto de decisão, eles são necessários quando não se podem representar todos os objetivos de um problema por meio de uma única métrica. Vários são os métodos elucidados na literatura e que foram desenvolvidos para tratar dos problemas de decisão multicritério.

Segundo De Almeida (2013), os métodos multicritérios podem ser classificados conforme a natureza do conjunto de alternativas (discreto ou contínuo) e, de acordo com Roy (1996), são caracterizados em três tipos principais: (i) métodos de critério

único de síntese, (ii) métodos de sobreclassificação, superação, prevalência ou subordinação e (iii) métodos interativos.

Os métodos de critério único de síntese agregam as contribuições de diversos critérios em um único critério, por meio de função valor ou função utilidade, dentre os quais o mais utilizado é o modelo aditivo determinístico. Sobre esses métodos, destacam-se: o SMARTS (*Simple Multi-attribute Rating Technique using Swings*), o SMARTER (*Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks*), o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), a MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), o FITradeoff (*Flexible and Interactive Tradeoff*) etc., que basicamente se diferenciam entre si quanto ao processo de elicitação de preferências junto ao decisor para, assim, estabelecer os dados do modelo.

Já os métodos de sobreclassificação, superação, prevalência ou subordinação são baseados na comparação par a par entre as alternativas, explorando uma relação de prevalência, e representados pelas famílias dos métodos ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) e PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (DE ALMEIDA, 2013).

Com relação aos métodos interativos, segundo De Almeida (2013), eles podem estar associados aos problemas discretos ou contínuos e, em sua maioria, estão inseridos nos procedimentos dos métodos de PLMO (Programação Linear Multiobjetivo). Esses métodos podem ser suportados com o uso de SAD e são baseados em duas concepções, sendo uma orientada à busca e outra, à aprendizagem.

Contudo, ainda no processo de construção do modelo de decisão, para a escolha do método a ser utilizado, visando resolver o problema multicritério, é fundamental definir com o decisor o grau de importância ou compensações que devem ser feitas entre os critérios, direcionando ao tipo de racionalidade da situação-problema: compensatória ou não compensatória.

Em se tratando dos métodos com racionalidade compensatória, consideram-se os *trade-offs*. O *trade-off* é um conceito em inglês que está relacionado às consequências decorrentes da escolha de uma alternativa em detrimento de outra, e que basicamente está relacionado à ideia de compensar um menor desempenho de uma alternativa, levando em conta um dado critério, por meio de um melhor desempenho em outro critério. Esse tipo de racionalidade está presente nas avaliações dos métodos de agregação aditiva. No caso da racionalidade não

compensatória, não há *trade-offs* entre os critérios, e o tratamento dessas avaliações está direcionado aos métodos de sobreclassificação, superação, prevalência ou subordinação (DE ALMEIDA, 2013).

Independentemente do modelo a ser adotado, um outro aspecto relevante, durante o processo de modelagem de preferências com o decisor, é a obtenção da avaliação das consequências, que diz respeito ao tratamento de números, escalas e pesos a serem aplicados aos critérios envolvidos.

Nesse sentido, quando da avaliação dos critérios e de suas respectivas constantes de escala, é preciso adotar o procedimento de normalização, também conhecido como “transformação de escala”. Assim, a normalização efetua uma transformação na escala de avaliação, que passar a utilizar um intervalo: 0,1, em que o 0 é o elemento de menor preferência e 1 é o de maior preferência, assumindo que a função valor é linear para todos os critérios sendo que a avaliação intracritério pode ser feita também através de um processo de elicitación da função marginal, considerando funções não lineares (DE ALMEIDA, 2013).

Após a contextualização dos temas voltados à decisão, às problemáticas, às abordagens e aos métodos, faz-se importante combinar esses conceitos com o processo de seleção de portfólio de projetos. Para tanto, é fundamental esclarecer como os portfólios de projetos podem ser a base para um melhor direcionamento estratégico nas empresas, cujo assunto integra o próximo tópico.

2.1.4. Seleção de portfólio de projetos

Atualmente, as organizações têm enfrentado inúmeros desafios em seus segmentos de mercado e com muitas mudanças abruptas, que têm exigido uma atenção quanto à observação dos riscos e à forma de conduzir o negócio. Para tanto, as empresas precisam de processos estratégicos eficientes, sendo uma parte fundamental disso não somente aos objetivos estratégicos na sua formulação, mas também à sua implementação.

Um dos principais desafios nas organizações é o alinhamento do gerenciamento de portfólio com as principais estratégias corporativas (HAGHIGHI RAD; ROWZAN, 2018). Uma implementação eficaz da estratégia da empresa está diretamente ligada à crescente importância do gerenciamento de portfólio e às

melhores seleções de projetos. Segundo Iacob *et al.* (2012), a seleção de projetos é comumente entendida como o processo de avaliar um determinado conjunto de propostas formais de projetos em relação a um ou mais objetivos estratégicos e de decidir selecionar uma ou mais propostas que podem atingir esses objetivos de maneira otimizada e, assim, iniciá-los.

De acordo com o PMI (2021), um portfólio é um conjunto de projetos, programas, subportfólios e operações gerenciadas em grupo para alcançar objetivos estratégicos. Entretanto, um portfólio, diferentemente de programas e projetos específicos, não possui um caráter temporário, e seus projetos não necessariamente possuem interdependências, embora haja competição pelos recursos da organização e possam ser priorizados.

A gestão de portfólio produz informações valiosas para apoiar ou alterar estratégias organizacionais e decisões de investimento (IACOB *et al.*, 2012). Já a estruturação do portfólio de projetos está associada aos ciclos de planejamento estratégico, que incluem o próprio planejamento e a seleção de projetos, de acordo com a estratégia da organização (MICAN *et al.*, 2021).

Segundo Archer e Ghasemzadeh (1999), a seleção do portfólio de projetos é uma atividade periódica desafiadora, que requer alocação efetiva de recursos para um subconjunto de projetos possíveis, de acordo com as estratégias e os objetivos de uma organização, sem violar restrições indispensáveis para alcançar o sucesso futuro e a competitividade da organização.

O uso eficaz do processo de seleção de portfólio de projetos pode ajudar os envolvidos no processo de tomada de decisão quando da escolha de um portfólio de projetos ideal, de acordo com os objetivos significativos dos projetos; do cumprimento da estratégia declarada para atender ao desenvolvimento sustentável na organização e da garantia de uma execução bem-sucedida dentro dos recursos disponíveis na organização (BAI *et al.*, 2022).

No entanto, ressalta-se que a seleção de portfólio de projetos geralmente envolve múltiplos critérios e objetivos e, tradicionalmente, é caracterizada como um problema de decisão recorrente nas empresas. Em muitas organizações, ela é feita com base em informações incompletas, muitas vezes, subjetivas e sem o uso de uma metodologia que fundamente o processo.

Entretanto, é importante conhecer e avaliar os modelos de decisão que podem apoiar o processo. Os modelos (ou técnicas) de seleção de portfólio são instrumentos

de gestão utilizados para avaliar projetos de acordo com determinados critérios, compará-los e decidir sobre sua aceitação ou rejeição. Normalmente, um modelo de seleção tende a ser associado a um “modelo matemático” (IACOB *et al.*, 2012).

Assim, escolher um método multicritério é fundamental no processo de construção de modelos de decisão. Nesse contexto, um fator decisivo na escolha desse método se refere à estrutura de preferências do decisor (representação formal de comparação de elementos), que deve ser avaliada com base na situação-problema, observando e caracterizando a racionalidade (compensatória ou não compensatória) de forma adequada (DE ALMEIDA, 2013).

Muitos frameworks de seleção de portfólio de projetos foram desenvolvidos na literatura, com o foco de apoiar na seleção de um portfólio de projetos que seja efetivo e que consiga se alinhar melhor com as prioridades estratégicas da organização (BAI *et al.*, 2022).

Considerando a problemática de portfólio e um modelo de decisão estabelecido, para apoiar na seleção ideal, será necessária a realização de um bom delineamento dos critérios e uma boa modelagem de preferências junto ao decisor de modo a identificar a racionalidade quanto a compensações dos critérios.

Assim, segundo Marques *et al.*, (2022), a seleção do portfólio de projetos geralmente envolve múltiplos critérios e, de modo mais frequente, esse problema é abordado pela Teoria do Valor Multiatributo (MAVT, do inglês *Multi-Attribute Value Theory*), que por sua vez trata das consequências determinísticas (utilizando modelos aditivos) e considera a racionalidade compensatória do decisor. No entanto, quando a racionalidade do decisor for não compensatória, o problema de portfólio poderá ser tratado através do PROMETHE V que é um método de sobreclassificação, superação, prevalência ou subordinação (ALMEIDA, 2012).

Contudo, é importante salientar um aspecto relevante para o processo de seleção de portfólio de projetos, em que o problema de decisão pode ter seu nível de complexidade incrementado, considerando os efeitos de diferentes escalas de utilidade. Segundo De Almeida *et al.* (2014), são três os problemas que podem tornar a decisão complexa: o problema do tamanho do portfólio, o problema de linha de base e o problema de consistência de agregações.

O problema do tamanho do portfólio traz mudanças na utilidade dos itens e cria vieses na avaliação dele quando da inclusão de mais itens. Essa circunstância tem similaridade com o problema de linha de base, o qual implica que o resultado de não

realização de um projeto tem utilidade zero e traz alterações. Quanto ao problema de consistência de agregações, este envolve diferentes sequências de agregações entre itens e critérios, podendo levar a resultados diferentes do portfólio.

Diante do exposto, e segundo De Almeida (2014), ressalta-se que os problemas citados têm causa comum e podem ser contornáveis por meio da transformação do tipo de escala, atentando-se para que os pesos dos critérios sejam obtidos usando a escala correta (escala de razão ao invés da escala intervalar) na aplicação do método.

Cabe destacar que, para o presente trabalho, considerando a aplicação do método FITradeoff para a problemática de portfólio, a questão da transformação de escala não é relevante, uma vez que o método está sendo adaptado para resolver o problema de decisão por priorização (FREJ *et al.*, 2021).

2.1.5. O modelo aditivo e o método FITradeoff para portfólio com abordagem da relação custo-benefício

Em geral, seja no mundo corporativo, seja em diferentes entidades ou instituições, observa-se que há muitos problemas sendo analisados que são multicritérios, principalmente quando a decisão parte dos mais altos níveis hierárquicos e quando os problemas são de natureza estratégica (DE ALMEIDA, 2013).

Muitos são os métodos desenvolvidos para o tratamento de problemas multicritérios, que podem ser classificados de diversas formas. Neste próximo tópico será abordado o método de critério único de síntese também conhecido como modelo aditivo uma vez agregam os critérios em um único critério. (ROY, 1996).

2.1.5.1. Método de critério único de síntese ou modelo aditivo

O modelo de agregação aditivo, também conhecido como modelo aditivo, é um método compensatório e faz referência ao modelo matemático de agregação dos critérios, sendo o modelo determinístico mais utilizado (DE ALMEIDA, 2013).

Na literatura, o modelo aditivo é considerado o mais popular para as atividades de MCDA/M, principalmente quando um decisor deseja obter um ranking completo de

um conjunto de ações avaliadas em uma família consistente de critérios e que possuem mutuamente uma independência de preferência (HURSON; SISKOS, 2014).

De acordo com Zheng e Lienert (2018), uma função de valor multicritério é considerada aditiva quando a representação do valor global da alternativa a é o valor médio ponderado de todos os critérios:

$$v(a) = \sum_{i=1}^n k_i v_i(a) \quad (1)$$

Nessa equação, $v_i(a)$ é uma função de valor marginal normalizada em 0,1, refletindo o valor da alternativa a no atributo i . Já k_i é uma constante de escala (=peso) do atributo i , indicando o valor de melhorar o atributo i do pior para o melhor caso. Os pesos devem ser não negativos e somados a um (ZHENG; LIENERT, 2018).

A hipótese necessária para validar uma função de valor aditivo é a independência de preferência dos critérios (HURSON; SISKOS, 2014). De Almeida (2013) afirma que usar o modelo aditivo em uma situação na qual o decisor não esteja de acordo com a condição de independência pode levar a muitas inconsistências na avaliação das alternativas, em que algumas dessas alternativas recebem avaliações com valores maiores que outras, podendo ter valor preferencial menor para esse decisor.

De acordo com Hurson e Siskos (2014), existe uma infinidade de técnicas clássicas bem conhecidas para avaliar funções de valor aditivo em todo o espaço de critérios, com base na Teoria da Utilidade de Multiatributos (MAUT), na qual se incorpora a questão do tratamento de problemas com múltiplos critérios, que são representados por atributos.

De Almeida (2013) retrata que muitos métodos multicritérios seguem o modelo aditivo e se associam a essa forma de agregação de critérios, incluindo SMARTS, SMARTER, MACBETH, AHP, dentre outros. Esses métodos se diferenciam entre si em função do processo de modelagem de preferências e consistem na elicitacão de preferências do decisor no tocante ao estabelecimento de valores dos parâmetros do modelo.

Contudo, Hurson e Siskos (2014) abordaram que algumas das técnicas supracitadas requerem informação muito precisa e específica como o procedimento de trade-off tradicional explícito entre critérios econômicos, políticos e sociais, sendo

difícil de implementar em ambientes de decisão do mundo real, principalmente devido à quantidade de esforço cognitivo necessário.

2.1.5.2. O método FITradeoff para portfólio com abordagem da relação custo-benefício

Buscando simplificar o processo de elicitación de *trade-offs* e melhorar a aplicabilidade do procedimento dos métodos clássicos, que exigem uma quantidade maior de esforço cognitivo por parte do decisor no processo de elicitación de compensações, foi proposto por De Almeida *et al.* (2016) o método FITradeoff. Ele foi desenvolvido com base na visão de elicitación flexível, em que, na maioria dos métodos, as informações solicitadas para resolver o problema são necessárias (DE ALMEIDA, 2013).

De acordo com De Almeida (2013), a principal vertente do método de elicitación flexível é que ele considera o procedimento trade-off e a possibilidade de se trabalhar com comparação de consequências baseadas em relações de preferências estritas em vez de relações de indiferença. Nesse sentido, assume-se que a relação de indiferença exige um maior esforço cognitivo do decisor, podendo levar a erros e inconsistências do processo.

Baseado no modelo aditivo e pertencente ao conjunto de métodos da MAVT (KEENEY; RAIFA, 1976), o método FITradeoff aborda o conceito de elicitación flexível, na utilização de um modelo de decisão multicritério, que visa avaliar os pesos dos critérios e as funções valor marginal, geralmente elicitados separadamente no procedimento de agregação direta (ZHENG; LIENERT, 2018).

Contudo, o método proposto por De Almeida *et al.* (2016), além de trabalhar as inconsistências encontradas nos procedimentos clássicos de trade-off e de considerar uma estrutura axiomática robusta (WEBER; BORCHERDING, 1993), o FITradeoff contribuiu bastante para o processo de elicitación, tornando-o menos complexo, uma vez que as informações incompletas ou imprecisas podem ser assumidas pelo decisor, de forma a reduzir a dificuldade cognitiva da decisão.

Quando proposto, o método FITradeoff (DE ALMEIDA *et al.*, 2016) foi desenvolvido inicialmente para resolver de forma interativa e flexível problemas multicritério de escolha. Nesse trabalho, o método foi implementado em um sistema de apoio à decisão (SAD), com base em modelos aplicados, para resolver um

problema de programação linear, fundamentado em informações parciais recebidas do decisor no procedimento de elicitación. No entanto, ao longo dos últimos anos, outros estudos sobre o método foram desenvolvidos e outras problemáticas puderam ser contempladas, inclusive com a aplicação em casos reais diversos.

Frej *et al.* (2019) abordou o uso do método FITradeoff extensivo para a problemática de ordenação, incorporando a ideia de relações de dominância par a par, com o objetivo de obter uma ordem parcial ou completa a cada interação com o decisor. Diferentemente dos problemas de escolha, na problemática de ordenação, as alternativas devem ser comparadas entre si e as relações de preferência precisam ser verificadas já que o conceito de alternativa potencialmente ótima não seja mais suficiente para conduzir a análise.

Nesse sentido, a dominância par a par precisa ser verificada em cada etapa. Tal abordagem foi também implementada em um sistema de apoio à decisão (SAD), com aplicação em um caso real de seleção por ordenação de fornecedores da indústria de alimentos e com o uso de visualização de dados gráficos para melhor análise do decisor durante o processo de elicitación dos pesos dos critérios.

Um ano depois, Kang *et al.* (2020) apresentaram o método FITradeoff para resolver problemas de classificação também no contexto da MAVT. Ainda baseado no uso de informações parciais, o método proposto fez uso de valores de fronteira, ou seja, limites inferior e superior, que limitavam as classes consecutivas de problemas. Depois de estabelecido o problema de programação linear e de obter os valores máximo e mínimo do valor global, uma regra de decisão para classificação foi aplicada para decidir se cada alternativa devia ser atribuída ou não a uma classe (KANG *et al.*, 2020).

Considerando os últimos trabalhos desenvolvidos, sob a condução de um processo de elicitación flexível, em que foi possível, com o uso do método FITradeoff, contemplar as problemáticas de decisão de escolha, ordenação e classificação, no ano seguinte, Frej *et al.* (2021) propuseram uma metodologia voltada a problemática de portfólio, que foi tratada pela abordagem da relação custo-benefício ou BCR (*Benefit-to-Cost Ratio*). Assim, foi apresentada uma alternativa para a priorização de projetos, que se baseou em ordenar o subconjunto de projetos em ordem decrescente de sua relação custo-benefício e, em seguida, selecionou aqueles que se encaixavam no orçamento disponível (FREJ *et al.*, 2021).

Segundo Frej *et al.* (2021), nesse trabalho, ressaltou-se um ponto fundamental, que é a principal motivação quanto à aplicação da metodologia para seleção de portfólio de projetos com base na relação custo-benefício, relacionada com a vantagem de tratar do problema de seleção de portfólio de maneira mais prática, com o uso de informações parciais/incompletas sobre as preferências, fazendo com que o processo de decisão se tornasse mais fácil para o decisor e com menos esforço cognitivo no processo. Adicionalmente, na aplicação do método FITradeoff em um SAD, houve também uma redução de esforço computacional na análise do modelo de otimização combinatória, fornecendo, assim, resultados mais rápidos.

Assim, o problema de decisão que será abordado no presente trabalho diz respeito à aplicação do método FITradeoff para a problemática de portfólio, objetivando a seleção de portfólio de projetos da mineradora objeto deste estudo e com base nos conceitos de relação custo-benefício abordados por Frej *et al.* (2021).

Contudo, é razoável destacar que, para essa priorização de projetos e visando trazer de alguma forma uma medida de benefício para uma organização, é preciso calcular o benefício geral de um projeto, de acordo com a MAVT. Para tanto, ressaltase que cada projeto tem um custo associado à sua implementação e um orçamento limitado e definido pela organização, assim como os projetos são avaliados aplicando critérios múltiplos e conflitantes, que são importantes para a empresa na hora da escolha deles. Ademais, calcula-se a soma dos valores dos atributos ponderados pelos valores das constantes de escala de cada atributo, conforme fórmula a seguir (FREJ *et al.*, 2021):

$$b(p_i) = \sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{ij}) \quad (2)$$

Nessa equação, k_j representa a constante de escala para o critério j ; o $b(p_i)$ é o benefício geral do projeto p_i ; x_{ij} é o valor do resultado do projeto p_i no atributo k_j e v_j é a função de valor do atributo k_j , que é obtido a partir de uma transformação de escala dos valores de x_{ij} , para que todos os critérios sejam avaliados na mesma escala de valores (FREJ *et al.*, 2021).

Para obter o benefício geral do projeto e, conseqüentemente, selecioná-lo para compor o portfólio, as funções de valor são implementadas por meio de uma avaliação intracritério, em que também se faz necessário realizar uma transformação de escala

de valores com a normalização ou, até mesmo, obter o benefício mediante as relações de preferências do decisor com o uso de algum método. Ademais, um ranking dos projetos é estabelecido em ordem decrescente de BCR (Equação 3), que é calculado pelas diferenças de relação de custo-benefício para qualquer par de projetos, até que o orçamento previsto seja consumido (FREJ *et al.*, 2021).

$${}_{i,k}^d BCR = \frac{b(p_i)}{c_i} - \frac{b(p_k)}{c_k} \quad (3)$$

No entanto, para o contexto de se construir um ranking de projetos sem informações exatas acerca dos pesos dos critérios (nível de incompletude das informações), sabe-se que não é possível calcular o valor exato do BCR. Contudo, o ranking a ser calculado pela diferença máxima entre o BCR dos projetos candidatos pode ser feito por meio da Equação 4, sujeita às condições propostas, considerando o conceito de dominância pareada entre os projetos (FREJ *et al.*, 2021).

$$\max {}_{i,k}^d BCR = (\sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{kj}))/c_i - (\sum_{j=1}^m k_j v_j(x_{kj}))/c_k \quad (4)$$

S. t ω = espaço de pesos representada pelas equações (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14) e (15).

$$k_1 > k_2 > \dots > k_m \quad (5)$$

$$k_1 v_1 (Y'_1) > k_2 \quad (6)$$

$$k_1 v_1 (Y''_1) < k_2 \quad (7)$$

$$k_2 v_2 (Y'_2) > k_3 \quad (8)$$

$$k_2 v_2 (Y''_2) < k_3 \quad (9)$$

...

$$k_j v_j (Y'_j) > k_{j+1} \quad (10)$$

$$k_j v_j (Y''_j) < k_{j+1} \quad (11)$$

...

$$k_{m-1} v_{m-1} (Y'_{m-1}) > k_m \quad (12)$$

$$k_{m-1} v_{m-1} (Y''_{m-1}) < k_m \quad (13)$$

$$k_j \geq 0, j = 1, \dots, \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^m k_j = 1 \quad (15)$$

Analisando a Equação 4, observa-se que ela é focalizada para maximizar o valor de ${}_{i,k}^d BCR$, sob as restrições que formam o espaço de pesos ω , com a adição das restrições de normalização e não negatividade, sendo que o primeiro passo é assumir que os pesos dos critérios são classificados pelo decisor em ordem decrescente (5) (FREJ *et al.*, 2021).

Contudo, no processo de elicitação, observam-se as desigualdades, sendo também nessa etapa que o decisor declara suas preferências podendo encontrar o ponto de compensação entre pares de critérios, em diferentes níveis de atributos adjacentes.

As equações (6), (7), (8), (9), (10) e (11) representam as desigualdades e elas permitem construir um conjunto factível de vetores de pesos também chamado de espaço de pesos viável ω . As desigualdades que formam o espaço de pesos dependerão, em cada situação, de quais informações o decisor está disposto a fornecer. (FREJ *et al.*, 2021).

Assim, com o objetivo de construir o ranking dos projetos com base na relação de custo-benefício, mesmo com informações incompletas, considera-se o conceito de dominância entre os projetos que estão disponíveis e que se referem à prerrogativa de que um determinado projeto p_i domina outro projeto p_k , se a relação custo-benefício de p_i for maior que a relação custo-benefício de p_k considerando os vetores de pesos válidos para todo o espaço de pesos.

Assim, a condição de dominância é testada pela verificação que é feita em todos os pares de projetos, por meio do modelo de programação linear (Equação 4). Se a condição não for satisfeita, os projetos serão considerados incomparáveis entre si para o nível de informação de preferências recebidas do decisor, porém, ainda assim, será obtido uma ordenação parcial dos projetos (FREJ *et al.*, 2021).

2.2. Revisão da literatura

2.2.1. Estudos multicritério recentes que resolvem problemas de seleção de portfólio de projetos.

No cenário global e com recursos limitados, as organizações se deparam cada vez mais com decisões de investimentos, muitas das quais são relacionadas com a seleção de portfólio de projetos que a organização deve empreender para alcançar seus objetivos estratégicos. Na literatura, vários são os métodos multicritérios de apoio à decisão (MCDA/M) encontrados e estudados e há diversas pesquisas voltadas à problemática de portfólio e, em especial, à seleção de portfólio de projetos, uma vez que esse tema geralmente envolve vários objetivos ou critérios conflitantes (WU *et al.*, 2019).

De acordo com Vetschera e De Almeida (2012), os problemas de decisão de portfólio ocorrem em muitas áreas de aplicação, tendo exemplos conhecidos como no campo do portfólio financeiro, em que são formadas combinações de vários ativos financeiros, como estoques, e de portfólios de projetos, nos quais diferentes projetos a serem realizados por uma organização são combinados.

Em geral, as empresas devem lidar com a escassez de recursos, pois eles não são suficientes para todos os projetos. Em virtude disso, destaca-se a importância de selecionar o melhor conjunto de projetos (MARTINS; BARUCKE MARCONDES, 2020).

Nos últimos cinco anos, mesmo antes da pandemia provocada pelo vírus Sars-CoV-2, causador da Covid-19, também conhecido como “novo” coronavírus ou, até mesmo, durante o período mais crítico da crise mundial de saúde, o tema voltado à seleção de portfólio de projetos permeou a academia, sendo alvo de muitos estudos e abordado com o uso diversificado de métodos multicritérios de apoio à decisão (MCDA/M), às vezes, combinados entre si, tendo como objetivo solucionar problemas de decisão multicritério ou facilitar a tomada de decisão aos executivos nas corporações.

Nesse horizonte, alguns trabalhos foram publicados. Wu *et al.* (2019) trataram do tema em seu artigo, que teve como objetivo construir um método híbrido multicritério de tomada de decisão para selecionar o portfólio ideal de projetos de geração distribuída de energia, com vistas a atingir os objetivos estratégicos das empresas desse ramo.

Nesse trabalho, além de identificados os objetivos estratégicos, foram também levantados 15 critérios, os quais tiveram tratamento por meio da lógica *fuzzy* tipo-2 (IT2FS) e que representaram a adoção de números como pesos dos critérios, visando descrever as incertezas dos projetos e obter índices de alinhamento estratégico de

cada um deles. Entretanto, para obter o portfólio ótimo de projetos, foram também agregados uma programação inteira não linear e um algoritmo genético de ordenação não dominada sob diferentes cenários estratégicos.

Já Martins e Marcondes (2020) abordaram, em sua pesquisa, a comparação dos métodos PROMETHEE II, VIKOR e TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) para a seleção de um portfólio de projetos, bem como propuseram uma forma de combiná-los com um método de avaliação de risco de retorno (*Mean-Gini*) para indicar o melhor portfólio a ser executado.

No estudo em questão, os métodos foram aplicados em um conjunto de oito projetos, com valores estimados de retorno dos projetos e coeficiente de *Gini* (uma medida de dispersão estatística) para indicar o risco. Na sequência, para a avaliação multicritério, foram determinados três critérios com seus respectivos pesos e com os quais os especialistas avaliaram cada projeto. As listas de classificação de portfólio para cada método foram apresentadas.

Biagi *et al.* (2021), por sua vez, apresentaram os resultados de um trabalho realizado com uma empresa que gerenciava ativos de tecnologia na Itália, a qual necessitava de ter um modelo de seleção de portfólio de projetos confiável para fins industriais. O modelo foi testado por meio da combinação dos métodos ANP (*Analytical Network Process*) e do *fuzzy-TOPSIS*. A combinação dessas duas metodologias aplicadas no estudo, com o envolvimento de 26 projetos, demonstrou ser de fácil usabilidade para gerentes e conseguiu não somente prover resultados rápidos, mas confiáveis e replicáveis, apresentando uma classificação final do portfólio de projetos satisfatória e alinhada com os objetivos estratégicos da organização.

Reforçando a perspectiva de se aplicar métodos de fácil utilização e que pudessem requerer menos esforço cognitivo do decisor, Frej *et al.* (2021) descreveram, em seu trabalho, a aplicação do método FITradeoff, que se utiliza de informações de preferência parciais/incompletas do decisor para lidar com os problemas de decisão multicritério. Nesse artigo, foi proposto um modelo baseado na relação custo-benefício, calculado de acordo com a função de valor multiatributo para selecionar portfólios de projetos de P&D e com aplicação prática em uma concessionária de energia elétrica.

Segundo os autores, foi utilizado o sistema de apoio à decisão (SAD) do método FITradeoff para a problemática de portfólio, em que foi possível trabalhar em um subconjunto de 46 projetos candidatos, avaliados em relação a 15 critérios, com o

estabelecimento do ranking de projetos, que foi calculado com base nas relações de dominância encontradas pelo modelo de relação custo-benefício de maneira interativa e flexível (FREJ *et al.*, 2021).

No ano seguinte, Marques *et al.* (2022) retrataram o uso do método FITradeoff em sua pesquisa, que é motivada pelo atual desafio inovador de como lidar com o problema combinatório no processo de geração de portfólio de projetos, ao fazê-lo considerando informações parciais sobre as preferências e a redução de esforço cognitivo do decisor para a seleção de portfólio de projetos.

Para atingir o objetivo, este estudo propôs o uso de uma árvore de busca combinada com o conceito de portfólios c-ótimos e não dominados e que evita a geração de portfólios indesejados. Como resultado, respeitando a forte estrutura axiomática do método FITradeoff, observou-se que as estratégias utilizadas na pesquisa, para verificar a viabilidade e a eficiência dos portfólios, por meio da análise de dominância par a par, mostraram-se satisfatórias no tocante à redução do número de portfólios de projetos gerados e, conseqüentemente, à minimização da complexidade do problema combinatório (MARQUES *et al.*, 2022).

Em 2023, Swanepoel *et al.* (2023) apresentaram um trabalho até então inusitado na literatura, voltado à aplicação na indústria de mineração e que compreende o uso combinado de dois métodos multicritérios de apoio à decisão para priorização de projetos de ventilação na melhoria ambiental em mina subterrânea (objeto do estudo), otimização de ventilação e conseqüente resfriamento da área.

Nesse estudo, os dois métodos utilizados foram o AHP e o TOPSIS e, no processo de identificação das alternativas, ou seja, das áreas da mina (limite da área investigada), foi feita a avaliação delas quanto à relação custo-benefício e definiu-se quatro critérios, os quais foram utilizados no modelo e objetivaram priorizar os projetos que melhor se adaptassem à condição econômica da organização, diminuindo o risco operacional de segurança e melhorando as condições de trabalho no ambiente da mina subterrânea.

Como resultado desse estudo, observou-se que a utilização de métodos científicos para a tomada de decisão na seleção de projetos de ventilação, eliminando alguns vieses, proporcionou uma clareza do quão crítico é o tempo para fazer as escolhas das áreas-alvo e a aplicação da decisão nas operações de mina subterrânea (SWANEPOEL *et al.* 2023).

Concluída a abordagem quanto aos estudos multicritérios que resolveram problemas de seleção de portfólio, em sequência serão abordados os aspectos conceituais acerca do modelo aditivo e do método FITradeoff para a problemática de portfólio.

2.2.2. Seleção de portfólio de projetos sustentáveis no contexto da mineração

A agenda de sustentabilidade das empresas, nos principais mercados nacionais ou internacionais da indústria de mineração, está cada vez mais impulsionada pelas tendências globais e principalmente pelos efeitos que as boas práticas de gestão da sustentabilidade trazem para os resultados das empresas.

Nas últimas décadas, a sustentabilidade corporativa tornou-se uma parte importante da estratégia das organizações empresariais. A mudança das condições climáticas, a escassez de recursos, o aquecimento global e a conscientização entre as diferentes partes interessadas tornaram essencial incluir o desenvolvimento sustentável no processo de negócios (KUDRATOVA *et al.*, 2019).

No cerne desse processo, está a atitude fundamental que a organização deve adotar em relação ao seu impacto na sociedade e à responsabilidade social (SILVIUS *et al.*, 2022), assim, integrar objetivos ambientais e sociais, em decisões estratégicas, táticas e operacionais, é um desafio complexo, muitas vezes, abordado sem o rigor analítico adequado (PIMENTEL *et al.* (2016).

Várias abordagens definiram a sustentabilidade usando uma combinação de três dimensões: ambiental (ecológica), econômica e social (DELOUYI *et al.*, 2021). Contudo, tais dimensões fornecem uma base conceitual para vários indicadores, fazendo com que uma atitude básica da liderança corporativa seja entender sua responsabilidade pelos efeitos desses indicadores em relação às suas estratégias e tomar iniciativas para cumpri-las.

Quando uma organização adota uma atitude de responsabilidade em relação à sustentabilidade, ela integrará ativamente as considerações de sustentabilidade em suas políticas e ações (SILVIUS *et al.*, 2022). Para as indústrias de mineração, considerando suas características centrais, como possuir um horizonte de planejamento de longo prazo, a necessidade de mão de obra qualificada e não qualificada, os requisitos desafiadores de serviços e infraestrutura regionais, essas

exigem uma abordagem ampla e responsável para alcançar metas econômicas desafiadoras e que contribuam para o desenvolvimento social e a integridade do ecossistema (PIMENTEL *et al.*, 2016).

De acordo com Silvius *et al.* (2022), a transição para práticas de negócios mais sustentáveis exige a mudança de produtos, serviços, processos, políticas e recursos das organizações. Reconhecendo o papel que os projetos desempenham nessas mudanças, o conceito de sustentabilidade deve ser integrado na forma como os projetos são selecionados, priorizados, executados, gerenciados, governados e avaliados.

Nesse contexto global, a seleção eficaz de projetos está se tornando mais complicada de implementar e a sociedade tem exigido que as empresas integrem os aspectos ambientais e sociais, quanto aos seus indicadores, no processo de seleção de portfólio de projetos (MA *et al.*, 2019).

Segundo Delouyi *et al.* (2021), o objetivo da seleção de portfólio é selecionar um subconjunto de projetos entre os projetos candidatos, considerando vários critérios, que estão sujeitos a diversas restrições. Essa seleção de portfólio de projetos é uma abordagem baseada em atividades que apoia a missão de longo prazo de uma empresa e combina a utilização de muitos indicadores — dentre eles, os de sustentabilidade — com um método de tomada de decisão multicritério para avaliar a decisão do projeto de uma organização (MA *et al.*, 2019).

2.3. Síntese do estado da arte e posicionamento do trabalho

O processo de seleção de portfólio de projetos é fundamental para o sucesso a longo prazo das organizações, uma vez que ajuda elas a direcionar seus recursos para as iniciativas certas, mitigando riscos, impulsionando a inovação e garantindo sua competitividade em um ambiente de negócios em constante mudança.

Neste sentido, para que a seleção de portfólio de projetos tenha resultados concretos, é de suma importância avaliar os objetivos estratégicos e selecionar quais projetos estão mais aderentes às diretrizes organizacionais.

Observando o contexto local e global, muitas empresas têm enfrentado cada vez mais dificuldades de obter uma seleção de projetos apropriada e que atenda os objetivos estratégicos do negócio. (SOUZA *et al.* 2021). Seja por limitação de

recursos, seja pela dinâmica do ambiente organizacional ou pela complexidade das decisões envolvidas, essa tarefa de priorização e seleção tem sido vista pelos decisores como desafiadora, uma vez que envolvem inúmeras variáveis e muitas vezes com o uso de critérios que aguçam mais às incertezas no processo de tomada de decisão.

Não obstante, no segmento de mineração, muitas mineradoras têm enfrentado uma série de desafios únicos que permeiam desde a complexidade dos projetos (diversidade), passando pelos riscos geológicos, operacionais, os ciclos de mercado voláteis (flutuações nos preços do minério) e chegando até os impactos ambientais e regulatórios que exigem uma abordagem cuidadosa e estratégica para garantir o sucesso das operações de mineração.

Na literatura, para resolver problemas de decisão para seleção de portfólio de projetos, muito tem sido explorado de técnicas e métodos em diferentes contextos organizacionais e que visam embasar cada vez mais os resultados do processo de seleção. Entretanto, nas pesquisas feitas na literatura existente, observou-se uma lacuna de trabalhos envolvendo seleção de portfólio de projetos multicritério com abordagem flexível de elicitação no segmento de mineração.

Desta maneira, o presente trabalho buscou posicionar-se, no contexto organizacional de uma mineradora, para a construção adaptada de um modelo de decisão e aplicação prática e real de um método multicritério de apoio a decisão para seleção de portfólio de projetos, observando aspectos relacionados aos riscos envolvidos em operações mineiras e sua importância quanto aos impactos econômicos, socioambientais e de segurança do trabalho.

Sendo assim, o estudo proporcionou um avanço do conhecimento, trazendo uma visão abrangente e convincente dos métodos multicritério de apoio a decisão e pontuando a relevância e as contribuições teóricas e práticas da aplicação no contexto de mineração. Além disso, a pesquisa se posiciona em relação as tendências atuais e futuras no campo de seleção de portfólio de projetos e métodos multicritério, colocando o decisor no centro do processo e proporcionando a oportunidade de ajudar outras mineradoras a superar os desafios enfrentados para se ter um processo de decisão cognitivamente mais simples, mais ágil e eficaz.

3. MODELO DE DECISÃO

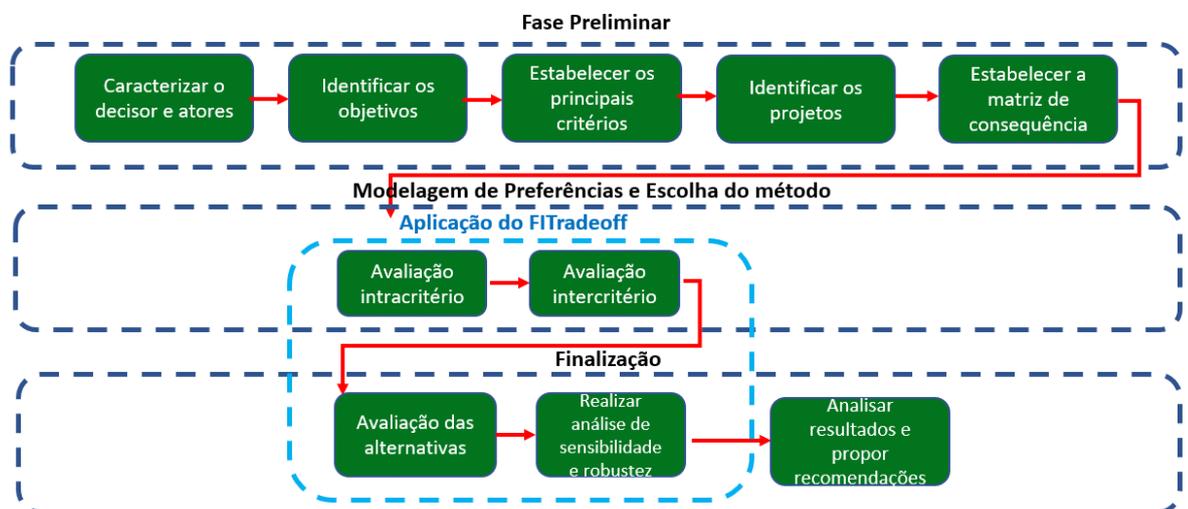
No processo de pesquisa e revisão da literatura, para lidar com a problemática de seleção de portfólio de projetos, objeto deste trabalho, foi escolhida uma metodologia que aborda o processo de construção de um modelo de decisão através do framework adaptado de De Almeida (2013) e que pudesse apoiar a tomada de decisão nas organizações envolvendo múltiplos critérios.

3.1. O framework de decisão e as etapas do modelo considerando o contexto de mineração

Como metodologia, e segundo De Almeida (2013), utilizou-se o framework, na forma adaptada para resolução de problemas de decisão, e, por meio dele, a proposição de um modelo de decisão multicritério para atender à mineradora. Ressalta-se que a construção do modelo é dividida em três etapas genéricas: fase preliminar, etapa de modelagem de preferências e escolha do método e finalização. Em cada uma delas, são caracterizadas as atividades, com descrição dos detalhes, e as entregas de acordo com o contexto do problema na mineradora e das etapas da modelagem.

A Figura 1 caracteriza o detalhamento das etapas do modelo de decisão adotado para o presente trabalho.

Figura 1- Framework de decisão multicritério



Fonte: Adaptado de De Almeida (2013).

De acordo com o fluxograma, e considerando a adoção para um contexto de empresas de mineração, na primeira etapa também chamada de fase preliminar, determinam-se alguns elementos importantes que podem influenciar o modelo final instituído para analisar o problema. Em primeiro lugar, é necessário caracterizar o decisor e os atores. É fundamental identificar quem é o decisor, tendo em vista que ele exerce um papel importante em nome da organização, cujo envolvimento nos processos decisórios é caracterizado a todo tempo, principalmente ao definir se os problemas de decisão multicritério enfrentados na organização terão o seu envolvimento direto ou indireto e se, de alguma forma, podem envolver uma decisão individual ou em grupo.

Além disso, cabe ao decisor o estabelecimento de suas preferências (julgamento de valor) sobre as consequências envolvidas no problema, as quais, ao longo da fase de modelagem, serão elicitadas, buscando a definição da racionalidade do problema (compensatória ou não compensatória), que, por sua vez, norteará quanto à construção do modelo de decisão e escolha do método a ser utilizado para apoiar o processo decisório (DE ALMEIDA, 2013).

De acordo com De Almeida (2013), é importante também identificar os outros atores (analistas, especialistas, assessores etc.) e as partes interessadas dentro do processo, uma vez que, quando das interações com o decisor, eles podem influenciar no processo de decisão.

Dentre as contribuições, esses atores fornecem suporte metodológico (no caso do analista), trazem apoio em relação à coleta de informações sobre o problema em questão, oferecem ajuda na geração de ideias para eleger alternativas voltadas ao desafio enfrentado e auxiliam o decisor em um melhor entendimento do problema. Ademais, é fundamental identificar também as partes interessadas no processo, uma vez que dentro do contexto de mineração, elas podem estar referenciadas aos órgãos governamentais, agências do governo nas esferas federal, estadual e municipal, comunidades locais e sociedade em geral pois exercem influência fundamental na dinâmica, seja contribuindo com informações acerca da solução, seja estabelecendo algum tipo de restrição ou pressão para obter a resolução final.

Na sequência da fase preliminar, faz-se necessário identificar os objetivos, pois eles são as molas propulsoras do modelo de decisão e devem estar alinhados com os objetivos estratégicos da organização. Segundo De Almeida, (2013), é preciso estabelecer quais são os objetivos fundamentais, que são a base de interesse do

processo decisório, e os objetivos-meio, os quais são levantados frente ao desdobramento dos fundamentais. Visualizando a abordagem no contexto da mineradora e de outras organizações, os objetivos normalmente estão associados à visão, missão da empresa e onde são demarcadas as principais métricas para se alcançar os resultados. Além disso, de alguma maneira, a composição dos objetivos pode ser incrementada a partir do julgamento dos decisores e, portanto, servem de guia para a verificação qualitativa sobre o resultado do processo.

A próxima atividade refere-se ao estabelecimento dos principais critérios, também chamados de atributos, que serão utilizados para medir o grau de desempenho dos objetivos e embasar o decisor na solução do problema de decisão e na avaliação das alternativas/projetos. Assim sendo, seja na abordagem de mineração ou em outros tipos de organização, elencar e/ou construir os critérios é uma tarefa muito importante no estabelecimento do modelo de decisão.

No cenário da mineradora, os critérios fazem jus às necessidades de se operar com responsabilidade perante a lei, aos seus empregados e para com o meio ambiente. Por ser um segmento muito regulamentado e fiscalizado, é importante reforçar os princípios e valores da empresa e que se aplicam como direcionadores dos critérios (como exemplo a segurança de todos, o respeito absoluto para com as pessoas, ao meio ambiente, às comunidades locais, à ética e a transparência) norteando todos para obtenção dos resultados pretendidos.

De acordo com Keeney (1992) *apud* De Almeida (2013), os atributos/critérios são segregados por tipo: (i) dos atributos naturais, em que são atribuídas escalas numéricas que quantificam o critério (ex. custo), (ii) dos atributos construídos, que são utilizados quando não é possível quantificar o critério e, portanto, precisa-se elaborar a escala considerando os aspectos qualitativos (mais subjetivos) e (iii) os atributos proxy, que consistem em uma medida indireta, a qual pode ser associada ao objetivo a ser mensurado, e são utilizados quando não se pode utilizar os outros dois tipos mencionados anteriormente.

A penúltima e a última atividade da fase preliminar estabelecida no modelo adaptado está relacionada respectivamente à identificação dos projetos ou à geração das alternativas, que serão avaliados e priorizados, e a construção da matriz de consequências, em que o decisor compara as alternativas por meio do estabelecimento das relações de preferências dele.

Quando se refere ao contexto de mineração, o processo de identificação dos projetos está relacionado a maneira como se trabalha esse tipo de empresa em projetos e os empreendimentos que compõem a forma de expandir ou mesmo melhorar em seu posicionamento no mercado.

Na segunda fase, são feitas a modelagem de preferências e a escolha do método a ser aplicado no modelo de decisão. Para o presente trabalho, ficou estabelecida a problemática de portfólio, em que o decisor consegue expressar as relações de preferências, considerando o conjunto de alternativas/projetos envolvidos e verificando também as restrições de recursos orçamentários estabelecidos no processo de decisão da empresa objeto do estudo.

Nessa abordagem, pode-se fazer a compensação entre alternativas conflitantes, de acordo com os julgamentos de valor, prioridade e ordenação por parte do decisor. Portanto, fica estabelecido que a racionalidade do problema é compensatória, que o método a ser utilizado é baseado no modelo de agregação aditiva e o SAD escolhido para aplicação é o FITradeoff para portfólio (FREJ *et al.*, 2021).

Ainda na fase de modelagem, são executadas etapas importantes do modelo, tais como as avaliações intra e intercritério, que serão trabalhadas dentro do arcabouço que envolve o método e SAD FITradeoff escolhido para o trabalho. Mesmo estando incorporadas ao SAD FITradeoff, ambas as etapas de avaliações exercem um papel relevante no resultado do modelo de decisão. Segundo De Almeida (2013), para a avaliação intracritério, no método de agregação aditiva aqui escolhido, tal procedimento consiste na elicitação da função valor a cada atributo, podendo ser uma função valor linear ou não linear, no intento de normalizar as consequências das alternativas de cada critério, para, em seguida, realizar a etapa de avaliação intercritério, com o estabelecimento dos *trade-offs*.

Concluindo as etapas do framework, na fase de finalização do modelo, segue-se com a avaliação das alternativas, em que são apresentados os resultados do portfólio de projetos indicado, movendo-se, então, para uma importante etapa do processo de apuração dos resultados do modelo de decisão, por meio da análise de sensibilidade.

De acordo com De Almeida, (2013), dentro do contexto de decisão e com vistas à sua importância conceitual, faz-se necessária a análise do impacto provocado nos

resultados da saída, variando os dados de entrada, cuja análise pode ajudar a identificar pontos críticos e as imprecisões do modelo.

Esse procedimento permite avaliar a importância relativa de cada critério de decisão e identificar quais deles são mais influentes na tomada de decisão final. Isso porque, em função do envolvimento de dados numéricos de entrada, algumas vezes não precisos, de cunho parcial ou estimado, eles podem fornecer resultados não adequados, requerendo revisão do processo e, em decorrência disso, o retorno às etapas anteriores (refinamentos sucessivos).

A análise do impacto pode ainda ser usada tanto para identificar cenários futuros que possivelmente afetam a decisão quanto para ajudar na avaliação dos pontos que podem impactar os resultados. Em resumo, a análise de sensibilidade é uma ferramenta valiosa para garantir a qualidade e a robustez dos modelos de decisão multicritério, além de ajudar nas tomadas de decisão informadas e assertivas (DE ALMEIDA, 2013).

Da utilização do SAD FITradeoff para portfólio proposto neste trabalho, a robustez do resultado é testada por meio do gráfico de intervalos de pesos, que ilustra o limite superior e o limite inferior para cada peso de critério e permite avaliar a sensibilidade do ranking resultante para quaisquer mudanças nos valores das constantes de escala dos critérios. A robustez é evidenciada, uma vez que, para qualquer vetor de pesos dentro desses intervalos (e somando até 1), não há mudanças no resultado.

Como etapa final dessa fase, validando não ser mais necessário retornar às etapas anteriores, são feitas as análises finais dos resultados, após a evidência da robustez, para assim propor as recomendações ao decisor quanto aos próximos passos. Essas recomendações são feitas por meio de um reporte estruturado, sinalizando a confiabilidade dos resultados e do modelo de decisão. Salienta-se esclarecer que, para o decisor, todos os modelos são errados e que a ideia é buscar o modelo que seja mais útil, sempre pontuando quais são os riscos envolvidos no processo (DE ALMEIDA, 2013).

4. APLICAÇÃO DO MODELO

Para validar o modelo de decisão proposto neste trabalho, foi realizada a aplicação prática no primeiro semestre de 2023, em uma empresa do segmento de manufatura em mineração e metais. A sede da empresa fica localizada na região norte da Bahia, a 500 quilômetros da capital Salvador, no entanto, ela possui alguns ativos operacionais e escritórios em outras regiões do país.

Com mais de 3.500 funcionários, entre próprios e terceiros, a empresa, que já possui mais de 40 anos de operação, vem provendo o desenvolvimento socioeconômico para toda a região e nas comunidades do entorno e tem seu foco principal na produção de concentrado de cobre. No entanto, ela também tem, em uma escala menor, a produção de ouro em uma de suas unidades operacionais, sendo que ambos os produtos são comercializados nos mercados interno e externo.

Cabe ressaltar que, para essa mesma empresa, foi realizada uma aplicação anterior das abordagens multicritério de seleção de portfólio, em que foi utilizado também o método FITradeoff para seleção de portfólio de projetos de TI (Tecnologia da Informação) objetivando constituir o subconjunto ótimo de projetos que estivessem alinhados ao contexto estratégico do departamento de TI, da empresa e respeitando os direcionamentos orçamentários envolvidos no contexto. Esse trabalho foi submetido no XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (SOUZA *et al.*, 2022) e serviu de bases para propor e alcançar um modelo que tivesse uma amplitude maior para todos os projetos de investimento capital da referida mineradora.

4.1. Contextualização do problema

Anualmente, empresas de todos os segmentos trabalham na proposição de seus projetos e respectivos investimentos financeiros com vistas plurianuais. Elas buscam avaliar a aderência desses projetos aos objetivos estratégicos e trabalham na condução de um processo de priorização desses investimentos para tomar a melhor decisão de quais iniciativas/projetos irão compor o portfólio, de modo a maximizar os resultados da empresa.

Entretanto, muitas delas se deparam com a dificuldade de conectar suas iniciativas estratégicas com a seleção de portfólio de projetos e normalmente não se

utilizam de critérios claros ou modelos matemáticos para realizar tal seleção, deixando, assim, o processo subjetivo, moroso e sem uma fundamentação científica que apoie a tomada de decisão pela alta gestão da empresa.

Na mineradora objeto do estudo, o ciclo orçamentário inicia-se no mês de julho e tem, como base principal, o plano de produção, que também tem caráter plurianual. No entanto, o processo de elencar os projetos é uma dinâmica muito complexa e demorada, com critérios não muito claros e que não fornecem um bom embasamento ao decisor, com vistas aos multicritérios e multiobjetivos envolvidos.

É importante salientar que, no segmento de mineração, a proposição de projetos de investimentos tem um peso significativo, pois eles possuem valores expressivos e envolvem, em maiores proporções, recursos que são destinados à pesquisa de exploração mineral, que tem a finalidade de expansão do plano de recursos e reservas da empresa e mostrará o futuro dela.

Outras aplicações que estão também no prospecto são categorizadas como demandas ou projetos de *Sustaining* e, na sua grande maioria, referem-se a recursos destinados às iniciativas, que têm por objetivo manter a capacidade produtiva das unidades e historicamente se apresentam em maior quantidade com valores diversificados.

Além disso, é importante ressaltar os projetos de construção de infraestrutura de novas minas/operações, que possuem um peso relevante dentro do portfólio, pois são iniciativas de grande porte, com um nível de recursos e ordem de grandeza elevados, e que também concorrem no processo de seleção de portfólio de projetos.

Não menos importantes, têm-se os projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia e os projetos com investimentos significativos destinados à manutenção e preservação do meio ambiente e à recuperação das áreas degradadas.

Como dinâmica, os projetos são submetidos pelos gestores dos departamentos com critérios não muito claros e, muitas vezes, aparentam ser “fruto de desejos”. Existe um gestor de Capex, que é responsável pelo acompanhamento, pelo controle e pela consolidação dos investimentos, e que, a cada ciclo, solicita dos gestores que seja preenchida uma planilha com alguns campos obrigatórios (por exemplo, título do projeto, justificativa, classificação, valor etc.). Esse é um processo considerado preliminar e que servirá de base inicial para o levantamento de valores mais abrangente de todos os projetos propostos para um período determinado de cinco anos.

Após o prazo estabelecido em cronograma, uma vez consolidado o plano de produção dos anos seguintes, a próxima etapa é fazer reuniões específicas com os departamentos para que sejam mais bem detalhados cada um dos projetos. Nesse momento, participam da sessão o gestor solicitante, com alguns integrantes da sua equipe, os diretores e o gestor de Capex.

É importante salientar que, para os projetos de grande porte, com valores mais expressivos, é feito o uso da análise financeira com alguns cálculos indicativos, tais como: Valor Presente Líquido (VPL) e *Payback*. Esses projetos e outros que, considerando a avaliação de risco, sinalizam consequências adversas são tratados separadamente e retirados do subconjunto de alternativas, já que são priorizados pela alta cúpula para serem trabalhados sem que eles concorram com os demais.

Diante desse contexto, conclui-se que o processo de composição do orçamento de Capex, na seleção de portfólio de projetos de investimentos, é feito sem uma metodologia, pois não há uma padronização, um modelo de gestão e seleção mais estruturado, que utilize um embasamento matemático de avaliação de projetos, com exceção dos projetos de grande porte, com valores expressivos, para os quais são feitas as análises monetárias, comparando o resultado com possíveis aplicações financeiras e seus retornos.

Para o escopo deste trabalho, serão utilizadas, como alternativas, os projetos ou as iniciativas relacionadas à categoria de *Sustaining*, cuja finalidade é conservar a capacidade produtiva pela substituição do ativo ou pela sua melhoria. Entretanto, essa é a categoria que possui maior volume de solicitações e que, em sua grande maioria, apresentam-se com informações não tão bem estruturadas, certas vezes até incompletas, imprecisas e que tornam o processo atual de seleção de portfólio difícil e moroso.

Por tudo isso, o processo atual de seleção de portfólio dessa categoria é considerado subjetivo, apresentando-se, em muitos casos, como uma abordagem que pode ter influência de vieses institucionais, tais como interesses políticos de relacionamentos, negociação e barganhas com justificativas de urgência, cujas decisões, muitas vezes, são efetivadas com critérios pouco estabelecidos.

4.2. Caracterização das etapas do modelo na empresa

Nos próximos tópicos serão apresentados, de acordo com as fases do framework, as principais informações que irão compor a estrutura do modelo de seleção de portfólio de projetos da empresa.

4.2.1. Fase preliminar

Serão percorridos na sequência as etapas contidas da fase preliminar do framework de decisão.

4.2.1.1. Caracterização do decisor e dos atores

Utilizando o framework de decisão adaptado de De Almeida (2013) e com o intuito de estabelecer um modelo de gestão e seleção de portfólio de projetos, segue-se, então, para a fase preliminar do modelo com a identificação do tomador de decisão. No contexto da mineradora, o decisor é o CEO (Chief Executive Officer) da empresa. Ele é conhecedor, em um bom nível, dos processos operacionais da empresa, possui experiência financeira por já ter exercido a função de CFO (Chief Financial Officer) e tem uma assessoria com outros atores, a exemplo do time de planejamento de financeiro, que o apoia no entendimento situacional econômico e fornece algumas análises de cenários e projeções financeiras, de acordo com o plano de produção plurianual desenvolvido pela diretoria de operações.

Cabe salientar que, embora seja uma decisão individual por parte do CEO, ele pode ser influenciado por outras diretorias e pelos vice-presidentes da controladora majoritária, que fica no Canadá e que acompanha diariamente o andamento dos projetos e os resultados das demonstrações financeiras, principalmente no tocante aos investimentos de capital (Capex).

No que diz respeito aos outros atores do processo, destaca-se o analista, que é o proponente deste trabalho, e que, enquanto estudante do curso de Mestrado Profissional de Engenharia da Produção da UFPE, buscou transmitir, no processo e para os envolvidos diretos, os conhecimentos adquiridos da metodologia, trazendo suporte quanto ao uso do software FITradeoff.

É importante destacar também a participação dos especialistas, nesse caso, o gestor de Capex, que conduz as análises, reuniões e consolidações do processo de seleção de portfólio dos projetos submetidos e trouxe informações acerca de cada um deles para que o decisor tivesse conhecimento, mesmo que, às vezes, de forma superficial, em relação ao contexto de aplicação de cada um, aos benefícios e às possíveis consequências, caso o projeto não fosse priorizado.

Outro especialista importante, nesse contexto, é o gerente de planejamento financeiro, que, com base nas informações apontadas pelo gestor de Capex, produziu as análises do modelo financeiro consolidado da organização e forneceu as projeções dos resultados em cada cenário rodado e o impacto na rentabilidade da organização.

4.2.1.2. Identificação dos objetivos

Para a resolução do problema multicritério de seleção de portfólio de projetos da empresa objeto de estudo, cabe destacar que os objetivos pretendidos são: estruturar um modelo de gestão e priorização de portfólio de projetos para todas as empresas do grupo e propor uma sistemática de análise e avaliação do portfólio de projetos de investimento (Capex) de Sustaining (possui o maior volume de projetos) e seus respectivos recursos (esforço, tempo e custos), utilizando a metodologia multicritério de apoio à decisão (MCDAM), de maneira a contribuir para uma melhor escolha de quais projetos serão aprovados, conforme as prioridades alinhadas à estratégia da empresa e considerando os aspectos operacionais e econômicos. Não menos importante, busca-se também promover um processo mais ágil e transparente quanto à tomada de decisão.

4.2.1.3. Estabelecimento dos principais critérios

Seguindo o fluxo do modelo proposto, foram estabelecidos os critérios de avaliação, considerando uma matriz de classificação de risco utilizada pela empresa no processo de gerenciamento de riscos e que está diretamente ligada a alguns indicadores de desempenho, os quais são acompanhados rotineiramente.

O gerenciamento de risco, no contexto da mineradora, é considerado um instrumento de tomada de decisão na condução do negócio, com foco em segurança, saúde e meio ambiente, sem, no entanto, desmerecer as outras dimensões do negócio, como o impacto social, a perda de ativos, a perda financeira por interrupção de operações e os danos à imagem e à reputação (LAPA, 2020).

Por se tratar de uma matriz de risco, a proposta é avaliar, de acordo com os critérios, qual é a escala de consequência (de insignificante até muito alto) em que um determinado projeto pode ser enquadrado. Contudo, a proposta é fazer uma correlação entre os projetos contidos no subconjunto de alternativas, considerando quais impactos e probabilidades podem acarretar à empresa caso eles não sejam escolhidos ou priorizados, de acordo com os critérios descritos na matriz de avaliação de risco.

Para atender aos objetivos fundamentais, foram estabelecidos nove critérios, os quais o decisor utilizará para avaliar cada um dos projetos, buscando concordância com a estratégia da organização. Dos critérios levantados, seis deles serão avaliados e combinados com a utilização de uma matriz 5x5 de avaliação de risco (Tabela 2), quais sejam: estabilidade operacional (C1); legal ou regulatório (C2); segurança do trabalho e saúde (C3), dano ao patrimônio (C4), aspecto ambiental (C5) e social e reputação (C6). Esses critérios são do tipo “construído”, em que foi estabelecida uma escala qualitativa com cinco níveis, abordada dentro da perspectiva de avaliação de consequência da matriz 5x5 de avaliação de risco.

Os outros três critérios, maturidade de engenharia (C7), impacto financeiro (C8) e tempo para execução (C9), não serão avaliados com base na matriz de risco. Salienta-se que o critério C7 foi também construído em uma escala qualitativa de cinco níveis e os critérios C8 e C9, que são do tipo “natural”, foram trabalhados por meio de valores estimados (escala quantitativa). É importante sinalizar que, com relação à direção, os critérios C7 e C8 são de maximização, em que os desempenhos maiores são mais desejáveis, e os demais têm direção de minimização, cujos critérios com menores desempenhos são mais desejáveis.

Ademais, os projetos a serem avaliados podem ter perspectivas de curto, médio e longo prazo de implementação. Para tanto, o enquadramento dos projetos na matriz será feito mediante a avaliação de probabilidade versus a consequência, conforme Tabela 4, que classifica o risco em quatro categorias, especificando em baixo risco, risco médio, risco significativo e alto risco.

Considerando as particularidades de uso interno na empresa, a seguir, apresenta-se uma breve explicação quanto ao significado de cada um dos critérios adotados para o modelo.

4.2.1.3.1. *Estabilidade operacional (C1)*

A estabilidade operacional, para a empresa, refere-se à capacidade de manter a sua produção de forma consistente, sem interrupções e sustentável ao longo do tempo, independentemente das flutuações do mercado, mudanças nas demandas e variações nos preços dos minérios.

No contexto de seleção de portfólio de projetos da mineradora, a estabilidade operacional é considerada um critério importante de seleção, uma vez que os projetos que causam grandes interrupções, com perdas ou mudanças significativas na rotina operacional, como a implementação de novos processos ou a adoção de novas tecnologias, podem gerar riscos e incertezas, afetar a estabilidade operacional — no tocante à perda de produtividade e eficiência — e, conseqüentemente, gerar impactos financeiros para a empresa.

A seguir, têm-se as descrições dos cinco níveis em escala qualitativa de consequência desse critério:

1. Insignificante: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto de perda operacional de até 6 horas, em base anual, e um impacto financeiro no produto menor que US\$ 55 mil (R\$ 270 mil).
2. Baixo: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto de perda operacional, com interrupção da operação de 6 horas até 24 horas, em base anual, e um impacto financeiro no produto de US\$ 55 mil (R\$ 270 mil) até US\$ 1,3 milhão (R\$ 6,5 milhões), não previsto no orçamento.
3. Moderado: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto de perda operacional, com interrupção da operação de 1 a 3 dias, em base anual, e um impacto financeiro no produto de US\$ 1,3 milhão (R\$ 6,5 milhões) até US\$ 3,9 milhões (R\$ 20 milhões), não previsto no orçamento.
4. Alto: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto de perda operacional, com interrupção da operação de 3 a 6 dias, em base anual, e um impacto

financeiro no produto de US\$ 3,9 milhões (R\$ 20 milhões) até US\$ 7,8 milhões (R\$ 39 milhões), não previsto no orçamento.

5. Muito alto: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto de perda de operação substancial ou total, com interrupção da operação por mais de 6 dias, em base anual, e um impacto financeiro no produto maior que US\$ 7,8 milhões (R\$ 39 milhões), não previsto no orçamento.

4.2.1.3.2. *Legal ou regulatório (C2)*

O aspecto legal ou regulatório é um critério importante na seleção de projetos na empresa, o qual ajuda a garantir que a empresa esteja em conformidade com as leis e os regulamentos aplicáveis e que os projetos selecionados sejam viáveis e sustentáveis em longo prazo. Isso se aplica especialmente para empresas que operam em setores altamente regulamentados, como de mineração, financeiro, de saúde e de energia.

No contexto de seleção dos projetos da mineradora, é importante avaliar como eles podem estar sujeitos a mudanças nas leis e nos regulamentos que afetam o negócio da empresa. Um exemplo clássico é quando uma mineradora planeja desenvolver uma nova operação de mina, em que ela deve avaliar as leis ambientais e de segurança para garantir que o projeto seja viável e não esteja sujeito a multas ou outras sanções legais.

Projetos que possam violar leis ou regulamentos existentes ou estar sujeitos a mudanças regulatórias significativas podem gerar riscos e incertezas, afetando a viabilidade deles e trazendo impactos severos à reputação da empresa no mercado.

A seguir, são descritas as caracterizações dos cinco níveis desse atributo:

1. Insignificante: o projeto, quando não priorizado, não determina um impacto legal ou regulatório para empresa (risco insignificante). Não existe conformidade técnica, bem como nenhum sinal recebido e nenhum relatório regulatório necessário. Não há necessidade de acionamento do seguro.

2. Baixo: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto legal ou regulatório, com descumprimento de requisitos regulatórios. Ele apresenta relatório/envolvimento da autoridade, atrai multa administrativa e tem necessidade de

acionamento da seguradora, porém evidencia laudo de baixo risco, podendo a empresa atuar na mitigação.

3. Moderado: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto legal ou regulatório com violação de lei menor. Ele apresenta um relatório/investigação pela autoridade; atrai compensação, penalidades e ação de execução formal da autoridade fiscalizadora e tem a necessidade de acionamento da seguradora, porém evidencia laudo de baixo risco, com possível dano reputacional.

4. Alto: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto legal ou regulatório com violação parcial da lei. Ele pode atrair processos criminais, penalidades e ação de execução da autoridade fiscalizadora; apresenta a licença individual temporariamente revogada e tem a necessidade de acionamento da seguradora, porém evidencia laudo de risco médio, com possível dano reputacional.

5. Muito alto: o projeto, quando não priorizado, determina um impacto legal ou regulatório com violação significativa da lei. Ele apresenta processos individuais ou societários, a empresa tem permissão para operar substancialmente modificada ou retirada, com paralização das atividades e há a necessidade de acionamento da seguradora, além de evidenciar um laudo de risco alto.

4.2.1.3.3. *Segurança do trabalho e saúde (C3)*

A segurança do trabalho e saúde é considerado um critério importante na seleção de projetos em mineradoras, uma vez que se trata de uma indústria com atividades que apresentam riscos significativos em suas operações e para seus colaboradores. A segurança do trabalho é uma questão crucial para a proteção dos trabalhadores e para garantir a continuidade das operações da empresa.

Ao selecionar os projetos, aqueles que apresentam riscos maiores ou que exigem a realização de atividades perigosas devem ser avaliados cuidadosamente e só devem ser aprovados se medidas adequadas de segurança forem implementadas para minimizar os riscos aos trabalhadores.

Dessa forma, para caracterizar projetos que possam correlacionar consequências de eventos, caso não sejam priorizados, foi estabelecido um atributo, construído com base em uma abordagem de classificação de incidente e em um potencial de gravidade, que esteja diretamente relacionado ao evento acidental. Essa

classificação prevê uma avaliação médica, que enquadra cada acidente, com consequências de baixo impacto em lesões ou perda de tempo até um acidente que traga fatalidade.

A seguir, são apresentadas as descrições dos cinco níveis relacionados a esse critério:

1. Insignificante: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes aos colaboradores, com lesão de simples atendimento ambulatorial, sem risco de agravamento, com baixa gravidade e que não impeça o acidentado de continuar exercendo sua função na totalidade. Exemplo: pequenos ferimentos, contusões leves, manifestações emocionais discretas etc.

2. Baixo: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes aos colaboradores, sem perda de tempo, sem risco de agravamento, com baixa gravidade e que não impeça o acidentado de continuar exercendo sua função na totalidade. Exemplo: ferimentos que demandam curativo, presença de corpo(s) estranho (s), trauma ocular, trauma de crânio leve, traumatismo articular etc.

3. Moderado: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes aos colaboradores, apresentando lesão ou doença comnexo causal, com baixa gravidade e que não impeça o acidentado de continuar exercendo sua função parcialmente ou de forma adaptada (trabalho com função restrita). Exemplo: lesões com necessidade de imobilização, ferimentos com necessidade de sutura ou alterações do comportamento que comprometam parcialmente a capacidade de realizar as mesmas tarefas.

4. Alto: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes aos colaboradores, apresentando lesão ou doença comnexo causal estabelecido com trabalho, que impossibilite o acidentado de retornar na próxima jornada de trabalho, deixando-o afastado das atividades (acidente com perda de tempo). Exemplo: traumatismo ocular com necessidade de curativo (tampão), lesões articulares com necessidade de imobilização, outras alterações físicas ou funcionais incapacitantes (temporárias).

5. Muito alto: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes aos colaboradores, com danos que ameaçam a

vida, danos múltiplos, doença comnexo causal estabelecido com o trabalho, gerando incapacidade permanente total, fatal ou mais de uma fatalidade. Exemplo: perda de um membro por amputação traumática ou por complicações secundárias, cegueira de ambos os olhos, lesões medulares ou traumatismo de crânio moderado grave ou morte.

4.2.1.3.4. *Dano ao patrimônio (C4)*

O dano ao patrimônio, seja em equipamentos ou em instalações, é um dos critérios de seleção de projetos da empresa, pois pode afetar diretamente a viabilidade econômica e a sustentabilidade do projeto.

No contexto de mineradoras, quando se trata de danos a equipamentos, isso pode incluir avarias, falhas ou perdas de equipamentos utilizados nas operações mineiras, como maquinários, veículos, instalações e infraestruturas. Esses danos podem resultar em interrupções na produção, aumento de custos, perda de receitas e comprometimento da eficiência operacional.

Para avaliar o critério de dano ao patrimônio, a empresa deve considerar o potencial de ocorrência desses danos, a magnitude deles, as medidas preventivas e mitigadoras que podem ser implementadas e os custos associados à sua reparação. É importante considerar a conformidade com as normas, as regulamentações ambientais e de saúde e a segurança ocupacional, bem como a adoção de boas práticas de gestão ambiental e de segurança na operação do projeto.

Iniciativas que possam apresentar um alto risco de dano ao patrimônio, seja em equipamentos, seja em instalações, ou impactos ambientais significativos, devem ser objeto de uma análise mais rigorosa e de medidas preventivas e mitigadoras adequadas. Projetos que demonstrem um menor risco de ocorrência de danos ao patrimônio podem ser priorizados, desde que atendam aos demais critérios de seleção de projetos.

A seguir, tem-se a caracterização dos cinco níveis desse critério:

1. Insignificante: o projeto, quando não priorizado, pode determinar consequências de eventos com dano patrimonial e com impacto financeiro de US\$ 5 mil (R\$ 25 mil).

2. Baixo: o projeto, quando não priorizado, pode determinar um evento com dano patrimonial e com impacto financeiro entre US\$ 5 mil (R\$ 25 mil) e US\$ 10 mil (R\$ 50 mil).

3. Moderado: o projeto, quando não priorizado, pode determinar consequências de eventos com dano patrimonial e com impacto financeiro entre US\$ 10 mil (R\$ 50 mil) e US\$ 100 mil (R\$ 500 mil).

4. Alto: o projeto, quando não priorizado, pode determinar consequências de eventos com dano patrimonial e com impacto financeiro entre US\$ 100 mil (R\$ 500 mil) e US\$ 200 mil (R\$ 1 milhão).

5. Muito alto: o projeto, quando não priorizado, pode determinar consequências de eventos com dano patrimonial e com impacto financeiro maior ou igual a US\$ 200 mil (R\$ 1 milhão).

4.2.1.3.5. *Aspecto ambiental (C5)*

Os aspectos ambientais são importantes no contexto de mineração, sendo um critério fundamental na seleção de projetos ao considerar que as atividades de mineração podem afetar significativamente o meio ambiente, a biodiversidade e as comunidades locais.

No que diz respeito ao segmento de mineração e ao seu impacto ambiental, em caso de acidentes, estes podem resultar em vazamentos de produtos químicos, derramamentos de óleo e outros tipos de poluição, que causam a degradação do solo e a poluição da água e do ar e que podem ter efeitos duradouros sobre a biodiversidade, prejudicando os ecossistemas naturais da região.

Nesses casos, a empresa deve avaliar cuidadosamente o potencial impacto ambiental de cada projeto e implementar medidas adequadas para minimizá-lo. Contudo, o impacto ambiental pode ser avaliado por meio de indicadores, como a quantidade de incidentes de derramamento ou vazamento de resíduos gerados, o consumo de água e energia, a emissão de gases poluentes, a biodiversidade afetada, entre outros. A análise desses indicadores consegue ajudar a identificar os principais impactos ambientais associados a cada projeto e definir medidas para mitigá-los.

Ao selecionar projetos, a empresa deve levar em consideração também as leis e os regulamentos ambientais aplicáveis, bem como as normas e os padrões de

sustentabilidade, para garantir que as operações de mineração sejam conduzidas de forma responsável e sustentável.

Para avaliar os projetos, foi estabelecido um atributo construído, cujo objetivo é avaliar as consequências de não priorizar o projeto e sua correlação quanto ao impacto ambiental em caso de ocorrência.

A seguir, são apresentadas as descrições de cada um dos cinco níveis desse critério:

1. Insignificante: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes ambientais, com impacto restrito ao equipamento, remediação natural sem intervenção técnica, sem efeitos duradouros e baixo impacto sobre o ambiente físico e biótico.

2. Baixo: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes ambientais, com impacto em abrangência interna à unidade da ocorrência e remediação natural sem intervenção técnica, apresentando efeitos menores no ambiente físico e biótico.

3. Moderado: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes ambientais, com impacto em abrangência interna à unidade da ocorrência e remediação natural com intervenção técnica, apresentando efeitos moderados sobre o ambiente físico e biótico, mas sem afetar o funcionamento do ecossistema.

4. Alto: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes ambientais, com impacto em abrangência interna e remediação total por meio de intervenção técnica, apresentando efeitos graves no meio ambiente, com relativo prejuízo para o meio ambiente.

5. Muito alto: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam acidentes ambientais, com impacto na comunidade, não podendo ser remediado mediante intervenção técnica, apresentando um impacto significativo com potencial efeito duradouro sobre as espécies importantes ao ecossistema e podem levar à extinção.

4.2.1.3.6. *Social e reputação (C6)*

As questões sociais são muito relevantes no contexto de mineração e, quando da possibilidade de ocorrência de incidentes com impacto nesse âmbito, é um fator importante a ser considerado durante o processo de seleção de projetos, uma vez que pode afetar diretamente a reputação da empresa e gerar prejuízos financeiros e de imagem.

Esses incidentes podem incluir, por exemplo, desabamentos de barragens de rejeitos, vazamentos de produtos químicos, poluição sonora ou visual, impactos negativos na saúde e na segurança das comunidades locais, os quais podem afetar a economia local, prejudicando as atividades comerciais e afetando a renda das pessoas, entre outros.

Para avaliar os riscos associados a essas ocorrências, a mineradora deve realizar uma análise detalhada dos projetos, observando as condições locais e as normas e regulamentações aplicáveis. É importante também considerar a opinião das partes interessadas, incluindo as comunidades locais, as organizações não governamentais e os órgãos regulatórios.

Nesse contexto, os projetos que possam apresentar um alto risco de ocorrência de incidentes, com impacto social, devem ser evitados ou sujeitos a uma análise mais rigorosa e às medidas preventivas e mitigadoras mais efetivas. Projetos que apresentem um baixo risco de ocorrência de incidentes, com impacto social, podem ser priorizados, desde que atendam aos demais critérios de seleção de projetos da empresa.

A mineradora deve considerar que a gestão responsável e sustentável dos impactos sociais e ambientais em seus projetos é essencial para a sua longevidade e para manter uma relação de confiança com as comunidades locais e as demais partes interessadas.

A seguir, têm-se os cinco níveis de escala para esse critério:

1. Insignificante: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam incidentes, com impacto social de escala insignificante, conscientização e preocupação de indivíduos específicos e pequena perturbação da cultura e das estruturas sociais.

2. Baixo: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam incidentes, com impacto social limitado, preocupação e reclamações de certos grupos ou organizações (por exemplo, ONGs). Ele apresenta

alguns impactos na população local, mas reparáveis. Há reclamação de uma única parte interessada.

3. Moderado: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam incidentes, com impacto social de escala moderada no local. Ele apresenta preocupação pública, com publicidade adversa localizada nas comunidades vizinhas e com questões sociais em andamento. Há reclamações isoladas de membros da comunidade e de partes interessadas.

4. Alto: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam incidentes, com impacto social com proporções mais altas no local e/ou regional, com suspeita de danos à reputação e preocupação quanto às reações das comunidades. Apresenta impactos sociais significativos.

5. Muito alto: o projeto, quando não priorizado, pode trazer consequências de eventos que causam incidentes, com impacto social, danos à reputação perceptíveis à atenção pública nacional e internacional e repercussões com grandes impactos sociais generalizados. Pode causar reação da comunidade, afetando a continuidade dos negócios. A licença ambiental para operar estará em risco e poderá ser suspensa.

Na Tabela 1, apresentada na sequência, têm-se os critérios C1, C2, C3, C4, C5 e C6 resumidos, que serão avaliados de acordo com a matriz 5x5 de avaliação de riscos (Tabela 2), cujas legendas, utilizadas para explicá-la, constam nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 1 - Critérios qualitativos resumidos

Matriz de Classificação de Risco		AVALIAÇÃO DE CONSEQUÊNCIA				
Critério	Tipo de consequência / Impacto	(1) Insignificante	(2) Baixo	(3) Moderado	(4) Alto	(5) Muito Alto
C1	Estabilidade Operacional	Sem impacto relevante / Sem interrupção relevantes da operação até 6 horas com impacto no produto menor que US\$ 55 mil (R\$ 270 mil)	Pouco Impacto/ Pouca interrupção da operação, 6 a 24 horas com impacto no produto - US\$ 55 mil (R\$ 270 mil) até US\$ 1,3 Milhão (R\$ 6,5 Milhões). Não previsto no orçamento.	Perda parcial de produção / Interrupção da operação, 1 a 3 dias com impacto no produto -US\$ 1,3 Milhão (R\$ 6,5 Milhões) até US\$ 3,9 Milhões (R\$ 20 Milhões). Não previsto no orçamento	Perda parcial de produção / Interrupção da operação, 3 a 6 dias , com impacto no produto - US\$ 3,9 Milhões (R\$ 20 Milhões) até US\$ 7,8 Milhões (R\$ 39 Milhões). Não previsto no orçamento.	Perda de operação substancial ou total / Interrupção da operação mais de 6 dias , com impacto no produto maior que US\$ 7,8 Milhões (R\$ 39 Milhões). Não previsto no orçamento.
C2	Legal ou Regulatório	Não conformidade técnica. Nenhum sinal recebido; nenhum relatório regulatório necessário. Não solicitar à seguradora.	Descumprimento de requisitos regulatórios; relatório/envolvimento da autoridade. Atrai multa administrativa. O laudo da seguradora mostra baixo risco e a empresa atuar na mitigação.	Violação de lei menor; relatório/Investigação por autoridade. Atrai compensação / penalidades / ação de execução. O relatório da seguradora mostra baixo risco e deve fazê-lo.	Violação parcial da lei; pode atrair processos criminais, penalidades/ação de execução. Licença individual temporariamente revogada. O relatório da seguradora mostra risco médio.	Violação significativa da lei. Processos individuais ou societários; permissão para operar substancialmente modificada ou retirada. O relatório da seguradora mostra alto risco.
C3	Segurança do trabalho e saúde	Acidente com lesão com simples atendimento ambulatorial sem risco de agravamento , com baixa gravidade, que não impeça o acidentado de continuar exercendo sua função na totalidade (Acidente Sem Perda de Tempo).	Acidentes com lesão sem risco de agravamento, com baixa gravidade, que não impeça o acidentado de continuar exercendo sua função na totalidade (Acidente Sem Perda de Tempo).	Acidente com lesão ou doença comnexo causal com baixa gravidade que não impeça o acidentado de continuar exercendo sua função parcialmente ou em função adaptada (Com Função Restrita).	Acidente com lesão ou doença comnexo causal estabelecido com trabalho que impossibilite o acidentado a retornar na próxima jornada de trabalho (Acidente Com Perda de Tempo).	Danos que ameaçam a vida, danos múltiplos, doença com nexocausal estabelecido com o trabalho gerando incapacidade permanente total, fatal ou mais de uma fatalidade.
C4	Dano ao Patrimônio	Acidente até US\$ 5,000 (R\$ 25.000) (Incluso quaisquer custos de descontaminação e limpeza ou compensação de terceiros)	Acidente de US\$ 5,000 (R\$ 25.000) até US\$ 10,000 (R\$ 50.000) (Incluso quaisquer custos de descontaminação e limpeza ou compensação de terceiros)	Acidente de US\$ 10,000 (R\$ 50.000) até US\$ 100,000 (R\$ 500.000) (Incluso quaisquer custos de descontaminação e limpeza ou compensação de terceiros)	Acidente de US\$ 100,000 (R\$ 500.000) até US\$ 200,000 (R\$ 1.000.000) (Incluso quaisquer custos de descontaminação e limpeza ou compensação de terceiros)	Acidente maior ou igual a US\$ 200,000 (R\$ 1.000.000) (Incluso quaisquer custos de descontaminação e limpeza ou compensação de terceiros)
C5	Aspecto Ambiental	Impacto restrito ao equipamento, remediação naturalmente sem intervenção técnica, sem efeitos duradouros , baixo impacto sobre o ambiente físico e biótico.	Impacto restrito ao local em abrangência interna a unidade, remediação naturalmente sem intervenção técnica, efeitos menores no ambiente físico e biótico.	Impacto restrito ao local em abrangência interna à unidade, remediação com intervenção técnica, efeitos moderados sobre o ambiente físico e biótico, mas sem afetar o funcionamento do eco-sistema.	Impacto na unidade industrial ou local do acidente , remediação total por meio de intervenção técnica, efeitos graves no meio ambiente, com relativo prejuízo para o meio ambiente.	Impacto na comunidade, não podendo ser remediado , mediante intervenção técnica, impacto significativo sobre as espécies muito importantes ao ecossistema podendo causar extinção.
C6	Social e Reputação	Impacto menor; conscientização / preocupação de indivíduos específicos / pequena perturbação da cultura / estruturas sociais	Impacto limitado; preocupação / reclamações de certos grupos / organizações (por exemplo, ONGs) / Alguns impactos na população local , principalmente reparáveis. Reclamação de uma única parte interessada no período relatado.	Impacto local; preocupação pública / publicidade adversa localizada nas comunidades vizinhas / questões sociais em andamento. Reclamações isoladas de membros da comunidade / partes interessadas	Suspeita de danos à reputação ; preocupação e reações do público local / regional / Impactos sociais significativos.	Danos à reputação perceptíveis; atenção pública nacional / internacional e repercussões. Grandes impactos sociais generalizados. Reação da comunidade afetando a continuidade dos negócios. "Licença para operar" em risco.

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Tabela 2 - Matriz 5x5 de avaliação de risco

PROBABILIDADES	CONSEQUÊNCIAS				
	(1) Insignificante	(2) Baixo	(3) Moderado	(4) Alto	(5) Muito Alto
(5) Quase Certo	11 (M)	16 (S)	20 (S)	23 (H)	25 (H)
(4) Provável	7 (M)	12 (M)	17 (S)	21 (H)	24 (H)
(3) Possível	4 (L)	08 (M)	13 (S)	18 (S)	22 (H)
(2) Improvável	2 (L)	5 (L)	9 (M)	14 (S)	19 (S)
(1) Raro	1 (L)	3 (L)	6 (M)	10 (M)	15 (S)

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Tabela 3 - Legenda dos níveis de classificação de probabilidade

CLASSIFICAÇÃO	PROBABILIDADE
(5) Quase certo	O evento indesejado ocorreu com frequência: ocorre na ordem de uma ou mais vezes por ano e é provável que ocorra novamente dentro de 1 ano.
(4) Provável	O evento indesejado ocorreu com pouca frequência: ocorre menos de uma vez por ano e é provável que ocorra novamente dentro de 5 anos
(3) Possível	O evento indesejado aconteceu no negócio em algum momento; ou pode acontecer dentro de 10 anos.
(2) Improvável	O evento indesejado aconteceu no negócio em algum momento; ou pode acontecer dentro de 20 anos.
(1) Raro	O evento indesejado nunca foi conhecido por ocorrer no negócio; ou é altamente improvável que ocorra dentro de 20 anos.

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Tabela 4 - Legenda da matriz de avaliação de risco

Peso	Classificação do Risco	Nível de Risco	Descrição
4	21 to 25	A - Alto Risco	Existe um alto risco em que os objetivos da administração não sejam alcançados. Ações estratégicas de mitigação devem ser formalizadas para a atenção e decisão do conselho de administração.
3	13 to 20	S - Risco Significativo	Existe um risco significativo em que os objetivos da administração ou plano orçamentário podem não ser alcançados. Ações para o negócio quanto a mitigação devem ser formalizadas para a atenção e decisão do CEO.
2	6 to 12	M - Risco Médio	Existe um risco moderado , que os objetivos da administração podem não ser alcançados. Ações para o negócio quanto mitigação devem ser formalizadas para a atenção e decisão com diretor e gerente responsável.
1	1 to 5	B - Baixo Risco	Existe um baixo risco de que os objetivos da administração não sejam alcançados. Monitoramento do risco, sem necessidade de mitigação adicional.

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Na Tabela 3, está destacada a caracterização dos níveis de classificação de probabilidade dos projetos que serão avaliados observando o enquadramento nas consequências/impactos (tabela 2), caso o projeto não seja priorizado. Em outras palavras, os projetos serão avaliados individualmente, por meio da avaliação de risco (matriz 5x5), em que será observado se algum evento indesejado já aconteceu e a sua probabilidade de ocorrer novamente (tabela 3) e considerando se a iniciativa ou projeto em questão pode mitigar ou eliminar o risco caso seja priorizado.

Ademais, os critérios C7, C8 e C9, que não são avaliados de modo combinado com a matriz de avaliação de risco 5x5, estão descritos a seguir:

4.2.1.3.7. *Maturidade de engenharia (C7)*

O grau de maturidade de engenharia é um critério de seleção de projetos da empresa, pois representa a capacidade de desenvolver e implementar projetos de forma eficiente e eficaz. A maturidade de engenharia é medida pela capacidade da empresa de aplicar as melhores práticas de engenharia em todas as fases do projeto, desde a concepção até a conclusão. Essas práticas incluem a utilização de tecnologias modernas, a adoção de métodos de gestão de projetos avançados, a otimização de processos e a redução de custos.

Ao considerar a maturidade de engenharia como um critério de seleção de projetos, a empresa busca garantir que seus projetos sejam concluídos com sucesso e dentro do prazo e orçamento previstos. Isso é especialmente importante em um setor tão complexo e de alto risco como a mineração, em que os projetos podem envolver grandes investimentos financeiros e operações de longo prazo.

Uma empresa com um bom grau de maturidade de engenharia tem uma vantagem competitiva em relação às empresas com um grau de maturidade de engenharia inferior, pois pode concluir projetos com mais eficiência e eficácia, reduzir riscos e custos bem como alcançar melhores resultados e com mais rapidez.

Na sequência, estão descritos os cinco níveis de escala qualitativa para esse atributo:

1. Muito baixo: esses projetos são geralmente caracterizados pela falta de clareza sobre o escopo do projeto e pela ausência de estudos de viabilidade. A equipe do projeto ainda está identificando as necessidades e os requisitos do projeto. Não há

ainda uma definição clara dos objetivos, metas e requisitos do projeto, e a equipe do projeto ainda não tem uma compreensão completa das restrições técnicas e financeiras envolvidas. A documentação do projeto não possui estudos de engenharia conceitual e/ou detalhamento do projeto.

2. Baixo: os projetos são caracterizados por uma definição inicial do escopo, mas ainda há incertezas significativas quanto à viabilidade técnica e financeira. Os estudos de viabilidade estão em andamento, mas as alternativas técnicas ainda não foram completamente avaliadas. A equipe do projeto está trabalhando para identificar soluções possíveis e pode ter iniciado estudos de engenharia conceitual, mas ainda não há uma definição completa do projeto e dos riscos envolvidos.

3. Moderado: os projetos já têm uma definição mais clara do escopo, com requisitos identificados e documentados. Os estudos de viabilidade já foram iniciados e algumas alternativas técnicas já foram avaliadas. Os estudos de engenharia conceitual iniciaram-se pela equipe de projeto e algumas soluções técnicas já foram identificadas. Os detalhes do projeto estão sendo definidos, mas ainda há incertezas técnicas e financeiras. A avaliação de riscos já foi iniciada, mas ainda não está completa.

4. Alto: os projetos são caracterizados por uma definição completa do escopo do projeto e uma avaliação completa da viabilidade técnica e financeira. A equipe do projeto concluiu estudos de engenharia conceitual e detalhada e pode ter iniciado estudos de engenharia de construção e comissionamento. As alternativas técnicas foram avaliadas e selecionadas, bem como houve a identificação e o gerenciamento das principais restrições técnicas e financeiras, com a avaliação de riscos concluída. O projeto está pronto para entrar na fase de construção.

5. Muito alto: os projetos foram caracterizados por uma definição ainda mais completa do escopo do projeto e por uma avaliação ainda mais abrangente da viabilidade técnica e financeira. A equipe do projeto concluiu os estudos de engenharia conceitual, detalhada e de construção, e está se concentrando na fase de comissionamento. As principais restrições técnicas e financeiras foram gerenciadas de forma eficaz, e a equipe do projeto está trabalhando para garantir que todos os requisitos regulatórios e de conformidade sejam atendidos antes que o projeto seja entregue para operação.

4.2.1.3.8. *Impacto financeiro (C8)*

Muitos são os indicadores financeiros, como o VPL, o Retorno sobre Investimento (ROI) e o *Payback*, que podem ser utilizados como métricas e critérios na seleção de projetos, uma vez que ajudam a avaliar o aspecto financeiro das alternativas e a priorizar aqueles que oferecem a melhor condição para a empresa.

No entanto, ao observar o cenário da mineradora e considerando a categoria de projetos de *Sustaining*, que é o foco do processo de seleção de portfólio de projetos deste estudo, cuja finalidade é preservar a capacidade produtiva pela substituição ou pela melhoria dos ativos, ressalta-se a dificuldade de utilizar as métricas financeiras supracitadas.

Contudo, determinou-se que a métrica financeira será por meio de uma memória de cálculo voltado ao impacto financeiro das iniciativas e que diz respeito aos valores que estão relacionados, com possíveis oportunidades de converter em ganhos os custos operacionais correntes (custo evitado) ou, até mesmo, a perspectiva de projetar uma receita, caso o projeto em questão seja incorporado ao portfólio.

Assim, para o modelo, a atribuição do impacto financeiro é feita por meio da opinião especializada, com a indicação de uma ou mais pessoas, e de forma a prover uma estimativa de custos em reais (R\$) para um ano, seja por analogia de outras situações similares, seja por meio de algum cálculo paramétrico mais específico de itens já utilizados.

Contar com uma opinião especializada é uma alternativa razoável para estimar o impacto financeiro de projetos de *Sustaining*, uma vez que esses profissionais têm experiência e conhecimentos para avaliar os custos envolvidos que podem ser evitados caso o projeto seja aprovado ou, até mesmo, para apurar valores que podem ser considerados como custo de oportunidade (receita).

Para obter uma opinião especializada sobre o impacto financeiro de um projeto, a empresa pode dispor de uma equipe de especialistas das gerências de controle de investimentos e controladoria bem como de alguns dos engenheiros lotados nos departamentos solicitantes, que possuem conhecimento situacional e experiência em quantificar demandas similares.

4.2.1.3.9. *Tempo para execução (C9)*

O tempo de execução do projeto é um dos principais critérios de seleção de projetos da empresa, pois está diretamente relacionado com o prazo para o início da operação e, conseqüentemente, com a geração de receita e o retorno sobre o investimento. Quanto menor o tempo para executar um projeto, maior a probabilidade de atender às expectativas financeiras e de mercado. Por outro lado, um tempo de execução muito longo pode comprometer a competitividade da empresa e o retorno sobre o investimento.

Na seleção de projetos, o tempo de execução pode ser influenciado por diversos fatores, tais como: o nível de maturidade do projeto; a disponibilidade de recursos financeiros, humanos e materiais; as restrições regulatórias e de licenciamento; a complexidade do processo de construção e comissionamento, entre outros.

Assim, é importante não só avaliar o tempo necessário para a execução de um projeto, em relação aos requisitos dos acionistas e às expectativas financeiras da empresa, como também identificar as principais oportunidades e os riscos associados à execução do projeto dentro desse prazo. Dessa forma, a empresa pode priorizar projetos que apresentem um tempo de execução mais curto e que ofereçam uma maior probabilidade de retorno financeiro em um prazo razoável.

Para esse critério, fez-se necessário informar a estimativa de tempo (em dias úteis) para cada projeto candidato inserido no subconjunto de alternativas. Essa estimativa foi fornecida por opinião especializada e pelo time de engenheiros que possuem experiência com projetos análogos ou por meio de algum cálculo paramétrico mais específico.

Após a explanação de cada um dos critérios envolvidos no modelo, segue-se na continuidade do framework de decisão (figura 1), ainda na fase preliminar, em que a próxima etapa a ser abordada é a identificação dos projetos.

4.2.1.4. *Identificação dos projetos*

Estabelecidos os critérios e seguindo as etapas do modelo da fase preliminar do framework, o passo seguinte foi identificar as alternativas que irão compor o espaço

de ações. Para a aplicação do modelo, foi levantada uma amostragem de 40 iniciativas candidatas para a priorização. São projetos de *Sustaining* que abrangem demandas de diversos departamentos e que estão relacionadas com itens os quais visam conservar ou melhorar a estrutura operacional, tais como: a aquisição de novos equipamentos, a substituição de alguns outros, as peças sobressalentes importantes e as demandas voltadas às instalações, como reformas prediais de menor ou maior porte.

Cada um dos projetos possui um custo associado e juntos perfazem um montante de R\$ 33.925.530. Contudo, para essa amostragem, a alta administração estabeleceu um limite orçamentário no valor de R\$ 22.051.595 e que se aplica como restrição para o processo de seleção de portfólio dos projetos. Esse montante representa 65% do valor total dos projetos candidatos.

4.2.1.5. *Estabelecimento da matriz de consequências*

Uma vez listado o subconjunto de projetos candidatos, dando continuidade às etapas do modelo ainda na fase preliminar, foi estabelecida a matriz de consequência (Tabela 5) do problema de seleção de portfólio de projetos, com as primeiras informações elicitadas junto ao decisor e que fizeram referência às avaliações dos nove critérios (naturais e construídos), sendo que seis construídos foram abordados com a correlação com a matriz 5x5 de avaliação de risco.

O processo inicial de avaliação dos critérios construídos e sua correlação com a matriz 5x5 de risco foi realizada por meio de uma associação aos riscos de ocorrências de eventos indesejados para cada contexto que os projetos candidatos objetivam alcançar, analisando, portanto, a consequência versus a probabilidade de ocorrer.

Assim, para todos os critérios, foram avaliadas as consequências (Tabela 2), por meio de uma escala que vai de (1) insignificante até (5) muito alto, cruzando com a probabilidade, sendo está classificada, na Tabela 3, por níveis, a começar pelo (1) raro, em que o evento indesejado nunca foi conhecido por ocorrer no negócio, até o (5) quase certo, no qual o evento indesejado ocorreu com frequência ou ocorre na ordem de uma ou mais vezes por ano.

Para cada alternativa/projeto candidato, foram verificadas a ocorrência, no passado ou atualmente, de algum evento que possa estar associado a alguma consequência e a sua probabilidade para o caso desse projeto em avaliação não ser priorizado, ou seja, o projeto em questão pode mitigar ou eliminar o risco de ocorrer novamente. Feito o cruzamento, ele é posicionado na matriz 5x5 e enquadrado na escala de classificação de risco (Tabela 4), que é o resultado a ser atribuído na matriz de consequências para cada projeto, de modo individual e seguindo os critérios de avaliação.

Para melhor caracterizar a dinâmica de construção da matriz de consequências, seguem alguns exemplos de como foram avaliados as iniciativas e seu enquadramento quando incorporado a avaliação do risco:

O primeiro é o projeto P1 que foi a iniciativa de adquirir novas estações de monitoramento sísmico para o aprofundamento da mina subterrânea e que visa realizar a captação de dados de sismicidade. Sabe-se que, em minas subterrâneas, há probabilidade de ocorrer abalos sísmicos com certa frequência e que podem trazer consequências para cada um dos critérios avaliados. Assim, com a finalidade de ter um melhor monitoramento e captação de dados sísmicos e considerando por exemplo os critérios de estabilidade operacional (C1) e segurança do trabalho e saúde (C3), a iniciativa foi avaliada pelo decisor com uma probabilidade (5) quase certo de ocorrer para ambos os critérios e respectivamente as consequências (3) moderada e (4) alta, ou seja, pela avaliação no critério C1, caso haja algum evento indesejado, esse pode causar a interrupção de 1 a 3 dias de operação da mina. Já para o critério C3, se houver abalos não monitorados, pode ocorrer desprendimento de rocha do teto da mina e a consequência de se ter um acidente fatal. Como resultado do enquadramento na matriz 5x5, o P1 ficaria na posição 23(S) no critério estabilidade operacional, com a classificação de M – Risco Médio, peso 2 e para o critério segurança do trabalho e saúde ficaria na posição 25(H) como A - Alto risco e, assim sendo, com peso 4.

Um outro exemplo é projeto P17 que se refere a aquisição e instalação de automação para monitoramento dos paddocks de rejeito. Essa iniciativa tem um viés forte para questões ambientais, legal e diz respeito a ter um melhor monitoramento contra desabamento. Os paddocks são pilhas de rejeito seco que são estocados na superfície. Quando da avaliação dessa iniciativa observando o critério ambiental (C5), o decisor pontuou a probabilidade de ocorrer um evento indesejado (neste caso o desabamento) como (3) possível e com consequência (4) alta (impacto na unidade

industrial com efeitos graves ao meio ambiente). Definido tais combinações, o projeto ficou enquadrado na posição 18(S) da matriz, incorporando assim o risco S-Significativo com peso 3 a ser inserido na matriz de consequências.

Ainda na exemplificação, tem o projeto P34 que está relacionado ao investimento para manutenção do asfalto no trecho que atende uma comunidade local. Essa demanda tem um viés social e legal já que visa cumprir uma condicionante socioambiental de implantação de uma mina. Essa comunidade está localizada na beira de uma via de estrada de chão em que trafegam caminhões de transporte de minério. O asfalto foi colocado neste trecho específico com o objetivo de reduzir o particulado (poeira) e ruído na comunidade. No entanto, em função da intensidade de trânsito dos caminhões o asfalto certamente acabará sendo deteriorado e a empresa precisará manter o trecho em boas condições para atender a condicionante. Na avaliação e observando o critério social e reputação (C6), o decisor indicou na elicitação que a probabilidade é (5) quase certo de haver um problema com a comunidade, uma vez que o asfalto terá sua condição piorada. Avaliando a consequência, ele pontuou como A – Alta em que haveria danos a reputação com reações do público local ficando enquadrado na matriz de risco na posição 23(H) incorporando a classificação do risco A – Alto com peso 4.

Tabela 5 - Matriz de consequência

Alternativas (Código Projeto)	CRITÉRIOS									
	Estabilidade Operacional (C1)	Legal e Regulatório (C2)	Segurança / Saúde (C3)	Dano ao Patrimônio (C4)	Aspecto Ambiental (C5)	Social e Reputação (C6)	Maturidade de engenharia (C7)	Impacto Financeiro (R\$ em 1 ano)	Tempo de Execução (dias úteis) (C9)	Custo (R\$)
P1	3	1	4	4	2	3	3	R\$ 0,00	30	424.844
P2	2	3	4	4	1	4	3	R\$ 0,00	300	5.612.972
P3	2	3	4	4	1	4	3	R\$ 0,00	30	2.997.440
P4	4	1	1	1	1	1	3	R\$ 88.644.600	240	7.447.167
P5	3	1	1	1	1	1	3	R\$ 1.573.200	30	737.867
P6	2	1	3	2	1	1	3	R\$ 172.080	180	440.172
P7	4	1	1	1	2	2	3	R\$ 217.000	150	300.000
P8	4	2	2	1	1	2	3	R\$ 0,00	90	974.400
P9	2	1	1	2	1	1	3	R\$ 222.000	30	150.000
P10	2	1	1	2	1	1	3	R\$ 252.000	30	250.000
P11	2	1	1	1	1	1	3	R\$ 207.000	30	45.000
P12	1	1	1	1	1	1	3	R\$ 60.000	30	85.000
P13	2	1	1	1	1	1	3	R\$ 12.000	30	48.000
P14	1	2	2	2	2	2	3	R\$ 31.800	30	135.000
P15	1	1	1	1	1	1	3	R\$ 30.000	30	50.000
P16	1	3	1	2	3	2	3	R\$ 128.000	30	1.650.000
P17	1	3	1	2	3	2	3	R\$ 91.560	210	600.000
P18	4	1	1	1	1	1	3	R\$ 71.632.000	210	945.971
P19	2	1	1	1	1	1	3	R\$ 0,00	30	220.000
P20	2	1	1	1	1	1	3	R\$ 0,00	30	220.000
P21	2	1	1	1	1	1	3	R\$ 0,00	30	220.000
P22	2	1	2	2	1	2	3	R\$ 570.000	30	687.218
P23	1	1	1	1	1	1	3	R\$ 9.600	30	24.000
P24	1	1	1	1	1	1	3	R\$ 1.311.500	30	211.900
P25	1	1	1	1	1	1	3	R\$ 0,00	30	306.628
P26	1	1	2	3	1	2	3	R\$ 0,00	30	40.254
P27	1	1	2	3	1	2	3	R\$ 1.244.160	180	3.302.640
P28	1	3	3	3	1	3	3	R\$ 0,00	210	256.550
P29	4	1	1	1	1	1	3	R\$ 26.220.000	150	1.032.818
P30	1	1	2	2	1	1	3	R\$ 0,00	60	148.458
P31	2	1	3	3	1	2	2	R\$ 275.184	30	1.840.300
P32	4	1	1	1	1	1	2	R\$ 18.354.000	30	800.000
P33	1	3	3	1	1	2	3	R\$ 16.800	30	21.690
P34	1	4	2	2	1	3	4	R\$ 466.181	90	466.181
P35	4	1	1	1	1	1	2	R\$ 4.840.000	30	80.000
P36	3	2	3	2	2	2	3	R\$ 0,00	30	275.000
P37	2	1	2	2	1	2	2	R\$ 0,00	60	92.800
P38	1	1	3	2	1	1	3	R\$ 60.000	30	184.690
P39	1	2	3	2	1	2	2	R\$ 0,00	120	90.570
P40	1	1	1	1	1	1	1	R\$ 396.000	30	510.000

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

4.2.2. Modelagem de preferências e escolha do método

Dando sequência ao framework de decisão, já adentrando na segunda fase voltada a modelagem de preferências e escolha do método, ambos determinantes para o sucesso de aplicação do modelo para seleção de portfólio de projetos e que tem a aplicação do método FITradeoff.

Uma vez avaliados todos os critérios na dinâmica de avaliação dos critérios para construção da matriz de consequência e já considerando a escolha do método FITradeoff para a problemática de portfólio, o processo de elicitação continuou por meio do uso do SAD FITradeoff, até que se obtivesse a seleção de portfólio de projeto.

4.2.2.1. Aplicação do SAD FITradeoff para portfólio

Para iniciar o uso do SAD FITradeoff para a problemática de portfólio, foi preciso carregar as informações construídas na matriz de consequência (Tabela 5), cuja ação foi realizada por meio da importação do arquivo padrão da aplicação via Excel, que contém todas as especificações, por exemplo, os tipos de critérios e a direção, que irão nortear o desenvolvimento dos trabalhos no SAD.

Uma vez importada a planilha em Excel com as informações-requisito, o SAD FITradeoff iniciou sua interação com o decisor, mostrando uma tela com os dados de entrada carregados e a matriz de consequência, e já sinalizou que o processo poderia ser percorrido em duas etapas (Figura 2).

A primeira etapa é referente à ordenação dos critérios, que pode ser feita por meio de uma avaliação global, em que o decisor faz a escolha direta e sequenciada, por ordem de importância de seu julgamento ou por meio de comparação dos critérios par a par, quando é feita por escolha de preferência, comparando as piores consequências entre cada um dos critérios (Figura 3).

Figura 2 - Tela de visualização dos dados carregados no FITradeoff

The screenshot displays the FITradeoff software interface. The 'Input Values' section contains a table with the following data:

Criteria	Estabilidade Operacional	Legal e Regulatório	Segurança / Saúde	Dano Patrimon
0-ContMin;1-ContMax;2-DiscMin;3-DiscMax	2	2	2	2
Weights				
type	1	1	1	1
a				

The 'CONSEQUENCES MATRIX' section shows a table with 12 projects and 4 criteria:

Project	Estabilidade Operacional	Legal e Regulatório	Segurança / Saúde	Dano Patrimon
Project 1	3	1	4	4
Project 2	2	3	4	4
Project 3	2	3	4	4
Project 4	4	1	1	1
Project 5	3	1	1	1
Project 6	2	1	3	2
Project 7	4	1	1	1
Project 8	4	2	2	1
Project 9	2	1	1	2
Project 10	2	1	1	2
Project 11	2	1	1	1
Project 12	1	1	1	1

The 'Initial Order' section lists criteria in a specific sequence: Estabilidade Operacional, Legal e Regulatório, Segurança / Saúde, Dano Patrimonial, Aspecto Ambiental, Social e Reputação, Maturidade de engenharia, Retorno Financeiro R\$, and Tempo de Entrega. The 'Value of Equivalence Distance' is set to 0.0.

Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Para o estudo de caso, foi feita a ordenação direta das constantes de escala dos critérios com o decisor, que ficou determinada, no SAD FITradeoff, na seguinte ordem das constantes de escala.

Ordem das constantes de escala:

$$K3 > K5 > K2 > K1 > K4 > K8 > K6 > K7 > K9$$

Figura 3 - Tela de visualização para ordenação dos critérios

The screenshot displays the 'Holistic Evaluation' screen. It features a bar chart titled 'Consequence of Hypothetical Alternative' with 9 criteria (C1 to C9) on the x-axis. The y-axis ranges from 'WORST' to 'BEST'. The chart shows the following values for each criterion:

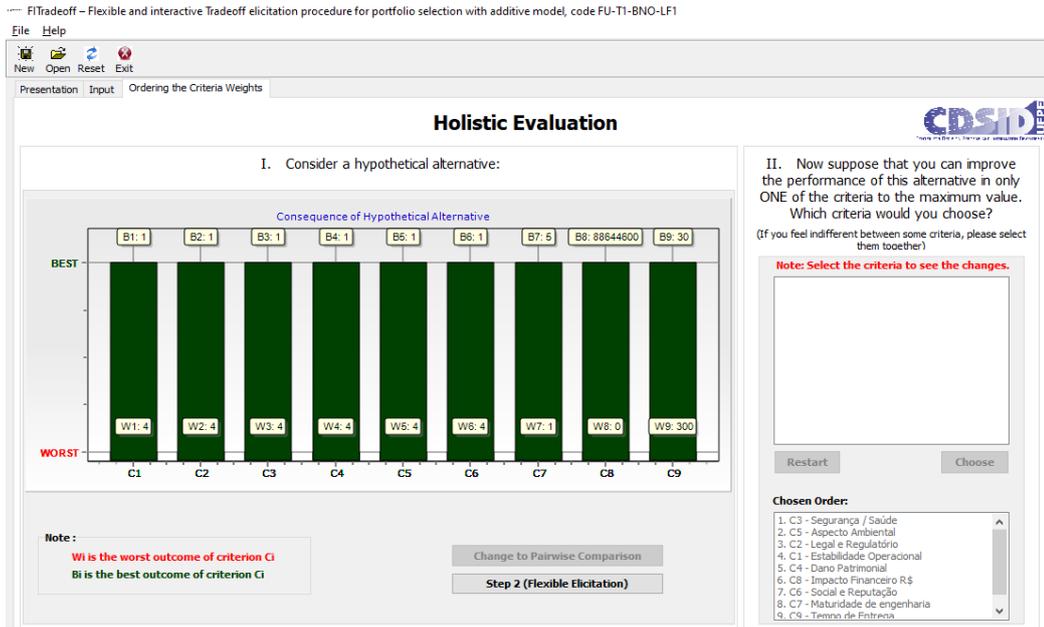
Criterion	Best Outcome (Bi)	Worst Outcome (Wi)
C1	B1: 1	W1: 4
C2	B2: 1	W2: 4
C3	B3: 1	W3: 4
C4	B4: 1	W4: 4
C5	B5: 1	W5: 4
C6	B6: 1	W6: 4
C7	B7: 5	W7: 1
C8	B8: 88644600	W8: 0
C9	B9: 30	W9: 300

The interface includes instructions for selecting criteria to improve performance and a list of criteria for selection:

- C1 - Estabilidade Operacional
- C2 - Legal e Regulatório
- C3 - Segurança / Saúde
- C4 - Dano Patrimonial
- C5 - Aspecto Ambiental
- C6 - Social e Reputação
- C7 - Maturidade de engenharia
- C8 - Impacto Financeiro R\$
- C9 - Tempo de Entrega

Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

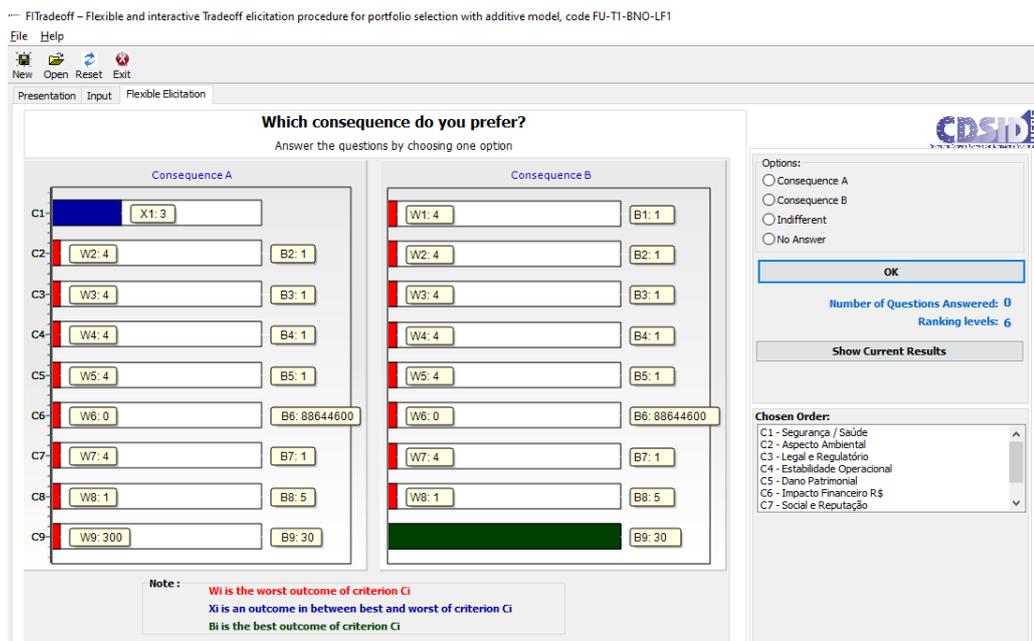
Figura 4 - Tela com os critérios ordenados



Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Concluída a ordenação dos critérios, o passo seguinte foi realizar a elicitação flexível de preferências com o decisor, interagindo com o SAD FITradeoff e respondendo quanto à sua preferência, na comparação de duas consequências hipotéticas entre critérios diferentes (Figura 5).

Figura 5 - Tela de elicitação flexível



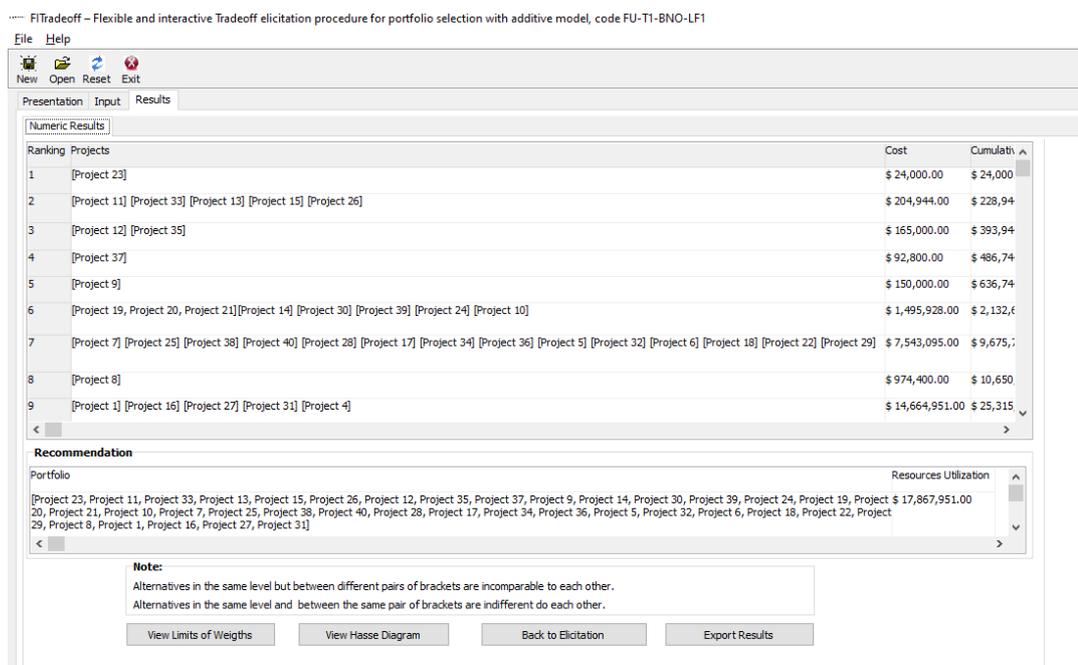
Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Ressalta-se que, no processo de elicitação flexível no SAD FITradeoff, o decisor tinha cinco opções de respostas. Duas delas se tratava da escolha de preferir entre as consequências A ou B; a outra, com possibilidade de escolher a opção “indiferente” entre as alternativas; a quarta, com a possibilidade de escolher “sem resposta” e, por último, a opção “inconsistência”.

O processo de elicitação seguiu seu curso e, já na primeira resposta, o software indicou um resultado parcial com um ranking de seis posições, determinando um montante acumulado do portfólio. A elicitação transcorreu com o decisor, foram respondidas 17 perguntas ao todo e as posições dos projetos foram se definindo de acordo com o estabelecimento das relações de dominância, calculadas pelo problema de programação linear definido na Equação 4.

A Figura 6 mostra o resultado fornecido pelo SAD FITradeoff, em que, dos 40 projetos candidatos, o portfólio selecionado incorporou 37 projetos, ficando 3 de fora: projetos 2, 3 e 4. O ranking proposto pelo SAD, após a elicitação, evidenciou 11 níveis ou posições com os devidos projetos enquadrados e os respectivos valores em reais (R\$) acumulados.

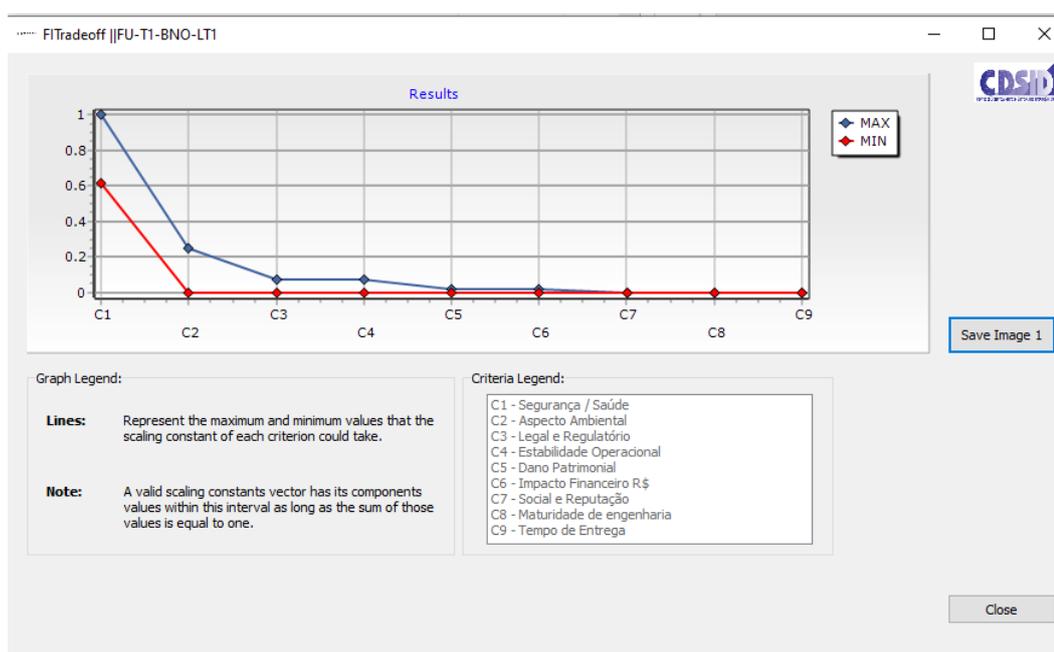
Figura 6 - Portfólio de projetos final recomendado



Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Em função de estar trabalhando com as informações parciais, é preciso testar se os resultados do modelo são de fato confiáveis e, portanto, é necessário realizar uma análise de sensibilidade. Para isso, o sistema incorpora a função e fornece um gráfico (Figura 7), que sinaliza os limites superiores e inferiores dos pesos para cada um dos critérios e que visa avaliar o impacto das imprecisões por parte das informações colocadas e do decisor no processo de elicitação.

Figura 7 - Análise de limites dos critérios



Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Como resultado do processo e para o gráfico em específico, os intervalos de pesos mínimos e máximos para os critérios destacados no modelo ficaram da seguinte forma: segurança do trabalho e saúde [0,61-1], aspecto ambiental [0-0,25], legal ou regulatório [0-0,07], estabilidade operacional [0-0,07], dano ao patrimônio [0-0,02] e impacto financeiro [0-0,02]. Os critérios remanescentes, nesses casos, os critérios social e reputação, maturidade de engenharia e tempo de entrega, ficaram com o intervalo de pesos [0-0].

Percebe-se que a faixa de pesos de cada um dos critérios do modelo em estudo possui uma diferença significativa, o que, de certa forma, indica uma confiança nas respostas por parte do decisor, refletindo no resultado com um certo grau de robustez do ranking (Figura 6), quando considerada a variação dos pesos dentro do intervalo apresentado.

4.2.3. Finalização e discussão dos resultados

Para chegar ao resultado, foram realizadas antes as eliciações com o decisor referentes à correlação dos critérios qualitativos e a matriz 5x5 de avaliação de risco, que, por sua vez, compôs a matriz de consequências. De um modo geral, essa etapa foi considerada importante por repassar e debater com o decisor as informações acerca de cada um dos projetos, verificando os propósitos, os impactos e o julgamento dos riscos de ocorrência de eventos indesejados na operação, caso eles não fossem priorizados. A frequência (probabilidade) e a consequência puderam ser combinadas para identificar o risco da decisão e classificá-lo.

Dado o contexto de mineração, eis que nasceu a necessidade de integrar as abordagens de análise de risco em decisões estratégicas-chave, para, assim, alcançar uma redução ideal dos riscos e obter melhores resultados operacionais. Nesse sentido, os aspectos de saúde e segurança do trabalho, ambientais e regulatórios, por serem considerados valores fundamentais da empresa, foram trabalhados e priorizados, por meio de uma avaliação dos riscos de eventos indesejados, que apoiou na construção da matriz de consequências, cujo item foi fundamental para prosseguir com a aplicação do método.

Contudo, uma vez carregada a matriz de consequência e com a aplicação do método FITradeoff, um total de 17 perguntas foram respondidas por parte do decisor, de forma interativa, apresentando um resultado em que, dos 40 projetos de *Sustaining* candidatos, 37 foram selecionados. A seleção do portfólio ficou composta pelos projetos na seguinte sequência: P23, P11, P33, P13, P15, P26, P12, P35, P37, P9, P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10, P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29, P8, P1, P16, P27 e P31. O montante acumulado do portfólio de projetos da mineradora, considerando a restrição orçamentária estabelecida do modelo, perfaz um total de R\$ 17.867.951.

Foram observados alguns pontos relevantes do estudo com o decisor no curso do trabalho. Já no início do processo de eliciação, foram observados alguns resultados parciais, que já indicavam que os três projetos que apresentavam valores de orçamento mais altos haviam ficado de fora do portfólio. Inclusive, um deles, que retratava um impacto financeiro significativo, também ficou de fora, uma vez que, considerando a equação da programação linear com base na relação custo-benefício

e a restrição orçamentária imposta, esses foram determinantes para que o projeto não fosse contemplado.

Isso porque, no processo de ordenação dos critérios e considerando que tal decisão estava ligada à condição financeira e de caixa da empresa, favoráveis no contexto, de certa forma, houve uma tendência de formação de valor por parte do decisor naquele momento, em que ele seguiu a estratégia de atender a alguns critérios mais técnicos, que possuíam vieses legais, de segurança ou, até mesmo, voltados ao aspecto ambiental, em detrimento ao impacto financeiro, que, de certa forma, favorece as finanças da empresa.

Essa prerrogativa, de certa forma, pode ser perigosa, embora aceitável, uma vez que, com o tempo, a empresa poderá sofrer no tocante à condição financeira para atender ao portfólio dos próximos anos, já que os projetos geradores de receita não estão sendo priorizados.

No entanto, assume-se que, se a empresa continuar utilizando modelos formais de estruturação de preferência, isso vai mostrar claramente a adaptação das decisões, conforme o contexto e a estratégia que ela vem adotando, inclusive, sinalizando que há a possibilidade de o decisor indicar que é oportuno priorizar mais projetos com impactos financeiros. Enfim, entende-se que os modelos multicritérios possuem essa característica de perceber e rastrear tais circunstâncias, dando os direcionamentos devidos de acordo com a estratégia organizacional do momento.

Na avaliação dos resultados, como pode ser visto na Figura 8, após a ordenação dos critérios, o software já determinou um ranking de 6 níveis, selecionou um portfólio com 37 projetos e com o montante acumulado em R\$ 17.867.951, o qual já seria o valor final da seleção.

No ciclo 1, não houve alteração no resultado parcial, porém, seguindo para o ciclo 2, em que o decisor optou pela consequência mais preferível para o critério segurança e saúde, em detrimento ao critério aspecto ambiental, o ranking aumentou mais uma posição, ficando com 7 níveis. Nesse momento, percebeu-se que alguns projetos mudaram de posição na sequência do portfólio antes descrita, porém apenas 2 projetos alteraram de nível, no caso em questão, os projetos P3 e P2, que estavam nos níveis 5 e 6, respectivamente (Figura 8), e sofreram alteração para os níveis 6 e 7 (Figura 9).

Figura 8 - Resultado parcial pós-ordenação dos critérios

FITradeoff – Flexible and interactive Tradeoff elicitation procedure for portfolio selection with additive model, code FU-TI-BNO-LF1

File Help

New Open Reset Exit

Presentation Input Results

Numeric Results

Ranking	Projects	Cost	Cumulative Cost
1	[Project 23]	\$ 24,000.00	\$ 24,000.00
2	[Project 11] [Project 26] [Project 33] [Project 13] [Project 15]	\$ 204,944.00	\$ 228,944.00
3	[Project 12] [Project 35]	\$ 165,000.00	\$ 393,944.00
4	[Project 37]	\$ 92,800.00	\$ 486,744.00
5	[Project 19, Project 20, Project 21][Project 9] [Project 30] [Project 39] [Project 14] [Project 24] [Project 38] [Project 10] [Project 7] [Project 25] [Project 28] [Project 40] [Project 36] [Project 5] [Project 17] [Project 34] [Project 6] [Project 22] [Project 32] [Project 1] [Project 18] [Project 29] [Project 8] [Project 16] [Project 31] [Project 27] [Project 4] [Project 3]	\$ 27,825,814.00	\$ 28,312,558.00
6	[Project 2]	\$ 5,612,972.00	\$ 33,925,530.00

Resources Utilization

Portfolio [Project 23, Project 11, Project 26, Project 33, Project 13, Project 15, Project 12, Project 35, Project 37, Project 9, Project 30, Project 39, Project 14, Project 24, Project 19, Project 20, Project 21, Project 10, Project 7, Project 25, Project 28, Project 40, Project 36, Project 5, Project 17, Project 34, Project 6, Project 22, Project 32, Project 1, Project 18, Project 29, Project 8, Project 16, Project 31, Project 27]

Note:
 Alternatives in the same level but between different pairs of brackets are incomparable to each other.
 Alternatives in the same level and between the same pair of brackets are indifferent to each other.

View Limits of Weights View Hasse Diagram Back to Elicitation Export Results

Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Figura 9 - Resultado parcial do ciclo 2

FITradeoff – Flexible and interactive Tradeoff elicitation procedure for portfolio selection with additive model, code FU-TI-BNO-LF1

File Help

New Open Reset Exit

Presentation Input Results

Numeric Results

Ranking	Projects	Cost	Cumulative Cost
1	[Project 23]	\$ 24,000.00	\$ 24,000.00
2	[Project 11] [Project 33] [Project 13] [Project 15] [Project 26]	\$ 204,944.00	\$ 228,944.00
3	[Project 12] [Project 35]	\$ 165,000.00	\$ 393,944.00
4	[Project 37]	\$ 92,800.00	\$ 486,744.00
5	[Project 19, Project 20, Project 21][Project 9] [Project 39] [Project 14] [Project 30] [Project 24] [Project 10] [Project 38] [Project 7] [Project 25] [Project 40] [Project 28] [Project 36] [Project 5] [Project 17] [Project 34] [Project 6] [Project 32] [Project 22] [Project 18] [Project 29] [Project 1] [Project 8] [Project 16] [Project 27] [Project 31] [Project 4]	\$ 24,828,374.00	\$ 25,315,118.00
6	[Project 3]	\$ 2,997,440.00	\$ 28,312,558.00
7	[Project 2]	\$ 5,612,972.00	\$ 33,925,530.00

Resources Utilization

Portfolio [Project 23, Project 11, Project 33, Project 13, Project 15, Project 26, Project 12, Project 35, Project 37, Project 9, Project 39, Project 14, Project 30, Project 24, Project 19, Project 20, Project 21, Project 10, Project 7, Project 25, Project 40, Project 28, Project 36, Project 5, Project 17, Project 34, Project 6, Project 32, Project 22, Project 18, Project 29, Project 1, Project 8, Project 16, Project 27, Project 31]

Note:
 Alternatives in the same level but between different pairs of brackets are incomparable to each other.
 Alternatives in the same level and between the same pair of brackets are indifferent to each other.

View Limits of Weights View Hasse Diagram Back to Elicitation Export Results

Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Já no ciclo 3, em que o decisor tinha a comparação entre os critérios aspecto ambiental, na coluna A, e legal ou regulatório, na coluna B, ele decidiu pela consequência A, gerando um resultado parcial, em que o portfólio mudou de 7 para 11 níveis. Nesse momento, houve um refinamento dos níveis do ranking dos projetos

no portfólio devido as relações de dominâncias que vão sendo encontrada ao longo dos ciclos, em que, por exemplo, os projetos P19, P20, P21, P14, P30, P39, P24 e P10, os quais anteriormente estavam no ranking 5, foram dominados pelo P9 e tiveram sua posição alterada para o ranking 6 (Figura 10).

Figura 10 - Resultado parcial do ciclo 3

--- FITradeoff – Flexible and interactive Tradeoff elicitation procedure for portfolio selection with additive model, code FU-T1-BNO-LF1

File Help

New Open Reset Exit

Presentation Input Results

Numeric Results

Ranking	Projects	Cost	Cumulath
1	[Project 23]	\$ 24,000.00	\$ 24,000
2	[Project 11] [Project 33] [Project 13] [Project 15] [Project 26]	\$ 204,944.00	\$ 228,94
3	[Project 12] [Project 35]	\$ 165,000.00	\$ 393,94
4	[Project 37]	\$ 92,800.00	\$ 486,74
5	[Project 9]	\$ 150,000.00	\$ 636,74
6	[Project 19, Project 20, Project 21][Project 14] [Project 30] [Project 39] [Project 24] [Project 10]	\$ 1,495,928.00	\$ 2,132,€
7	[Project 7] [Project 25] [Project 38] [Project 40] [Project 28] [Project 17] [Project 34] [Project 5] [Project 36] [Project 6] [Project 32] [Project 18] [Project 22] [Project 29]	\$ 7,543,095.00	\$ 9,675,;
8	[Project 8]	\$ 974,400.00	\$ 10,650
9	[Project 1] [Project 16] [Project 27] [Project 31] [Project 4]	\$ 14,664,951.00	\$ 25,315

Recommendation

Portfolio

Resources Utilization

[Project 23, Project 11, Project 33, Project 13, Project 15, Project 26, Project 12, Project 35, Project 37, Project 9, Project 14, Project 30, Project 39, Project 24, Project 19, Project 20, Project 21, Project 10, Project 7, Project 25, Project 38, Project 40, Project 28, Project 17, Project 34, Project 5, Project 36, Project 6, Project 32, Project 18, Project 22, Project 29, Project 8, Project 1, Project 16, Project 27, Project 31]

Note:

Alternatives in the same level but between different pairs of brackets are incomparable to each other.
 Alternatives in the same level and between the same pair of brackets are indifferent to each other.

View Limits of Weights View Hasse Diagram Back to Elicitation Export Results

Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Após o ciclo 3, foram respondidas as próximas perguntas com o decisor, e o resultado do portfólio sofreu poucas alterações, ficando as mudanças, na sequência dos projetos do portfólio, nos ciclos 5 e 10. No ciclo 5, o P6, que estava no ranking 7, sofreu mudança na sequência dos projetos, ficando depois do P32. No ciclo 10, o P5, que também estava no ranking 7, ficou atrás do P36. Ressalta-se que tais modificações não implicaram nos valores acumulados das posições, nem tão pouco no consumo final.

Depois das perguntas dos ciclos 15 e 16, em que foi pontuado o comparativo de um critério quantitativo com um qualitativo, o decisor optou por responder, no ciclo 17, como “indiferente”, uma vez que ele entendera que a opção escolhida por ele, neste caso a consequência A era mais preferível, no entanto e conforme a performance apresentada foi sendo reduzida, chegou ao ponto de indiferença aos olhos do decisor. Assim, o sistema encerrou a elicitação, sinalizando ao decisor a

mensagem de que não havia critérios de comparação porque todos foram cobertos, e, portanto, indicou que uma ordem parcial tinha sido alcançada.

Finalizado o processo de elicitação flexível e interativo, restou um valor de R\$ 4.183.644, que representa 19% do valor limite previsto no orçamento, pela alta direção da empresa, para o processo de seleção de portfólio da mineradora, que poderá ser utilizado para somar com outros aportes, podendo ser incrementado ou incluir outros projetos menores que surjam como emergência ao longo do ano.

A seguir, tem-se a Tabela 6, composta do rastreamento das perguntas, das definições dos níveis do ranking e das composições parciais do portfólio até o final da elicitação. Na coluna portfólio, a seleção recomendada está descrita de acordo com os níveis representados pelos colchetes e as alterações dos projetos estão destacadas na cor vermelha, baseados nos ciclos que apresentaram movimentações nos níveis e na sequência dos projetos mostrados pelo SAD FITradeoff.

Tabela 6 - Resultado do portfólio por pergunta respondida

Continua

Ciclo	Consequência A	Consequência B	Resposta	Níveis Ranking	Portfólio
0	Ordenação dos critérios				[P23], [P11, P26, P33, P13, P15], [P12, P35], [P37], [P9, P30, P39, P14, P24, P19, P20, P21, P38, P10, P7, P25, P28, P40, P36, P5, P17, P34, P6, P22, P32, P1, P18, P29, P8, P16, P31, P27]
1	3 para Segurança / Saúde	30 para Tempo de Execução	A	6	[P23], [P11, P26, P33, P13, P15], [P12, P35], [P37], [P9, P30, P39, P14, P24, P19, P20, P21, P38, P10, P7, P25, P28, P40, P36, P5, P17, P34, P6, P22, P32, P1, P18, P29, P8, P16, P31, P27]
2	3 para Segurança / Saúde	1 para Aspecto Ambiental	A	7	[P23],[P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9, P39, P14, P30 , P24, P19, P20, P21, P10, P38 , P7, P25, P40, P28 , P36, P5, P17, P34, P6, P32, P22 , P18, P29, P1 , P8, P16, P27, P31]
3	3 para Aspecto Ambiental	1 para Legal e Regulatório	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39 , P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38 , P40, P28, P17, P34, P5, P36 , P6, P32, P18, P22 , P29], [P8], [P1 , P16, P27, P31]

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Tabela 7 - Resultado do portfólio por pergunta respondida

Continuação

Ítem	Consequência A	Consequência B	Resposta	Níveis Ranking	Portfólio
4	3 para Legal e Regulatório	1 para Estabilidade Operacional	B	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P5, P36, P6, P32, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
5	3 para Estabilidade Operacional	1 para Dano Patrimonial	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P5, P36, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
6	3 para Dano Patrimonial	88.644.600 para Impacto Financeiro	B	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P5, P36, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
7	44.322.300 para Impacto Financeiro	1 para Social e Reputação	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P5, P36, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
8	3 para Social e Reputação	5 para Maturidade de Engenharia	B	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P5, P36, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
9	3 para Maturidade de Engenharia	30 para Tempo de Execução	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P5, P36, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
10	2 para Legal e Regulatório	1 para Estabilidade Operacional	B	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Tabela 8 -Resultado do portfólio por pergunta respondida

Conclusão

Ciclo	Consequência A	Consequência B	Resposta	Níveis Ranking	Portfólio
11	2 para Dano Patrimonial	88.644.600 para Impacto Financeiro	B	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
12	2 para Social e Reputação	5 para Maturidade de Engenharia	B	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
13	22.161.150 para Impacto Financeiro	1 para Social e Reputação	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
14	2 para Maturidade de Engenharia	30 para Tempo de Execução	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
15	11.080.575 para Impacto Financeiro	1 para Social e Reputação	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
16	5.540.287,5 para Impacto Financeiro	1 para Social e Reputação	A	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]
17	2.770.143,75 para Impacto Financeiro	1 para Social e Reputação	Indiferente	11	[P23], [P11, P33, P13, P15, P26], [P12, P35], [P37], [P9], [P14, P30, P39, P24, P19, P20, P21, P10], [P7, P25, P38, P40, P28, P17, P34, P36, P5, P32, P6, P18, P22, P29], [P8], [P1, P16, P27, P31]

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

Na Tabela 7, é mostrada a classificação do portfólio, com os valores envolvidos para cada projeto ou grupo deles, a depender do número de projetos em cada posição do ranking. Os projetos selecionados chegaram até o ranking 9, deixando de fora o projeto P4, que possuía um custo elevado, o qual ultrapassava o limite de orçamento estabelecido pela alta gestão da empresa.

Embora o custo acumulado do ranking perfizesse R\$ 25.315.118, na posição 9, a restrição orçamentária de R\$ 22.051.595 fez retirar o projeto P4, que possuía um custo de R\$ 7.447.167,00. Uma vez retirado o custo do P4 do montante acumulado da posição 9, a diferença ficou exatamente o valor final acumulado do portfólio consumido pós-licitação: R\$ 17.867.951,00.

Tabela 9 - Ranking do portfólio e valores envolvidos

Ranking	Projetos	Custo (R\$)	Custo Acumulado (R\$)
1	[P23]	24.000	24.000
2	[P11] [P33] [P13] [P15] [P26]	204.944	228.944
3	[P12] [P35]	165.000	393.944
4	[P37]	92.800	486.744
5	[P9]	150.000	636.744
6	[P14] [P30] [P39] [P24] [P19, P20, P21] [P10]	1.495.928	2.132.672
7	[P7] [P25] [P38] [P40] [P28] [P17] [P34] [P36] [P5] [P32] [P6] [P18] [P22] [P29]	7.543.095	9.675.767
8	[P8]	974.400	10.650.167
9	[P1] [P16] [P27] [P31] [P4]	14.664.951	25.315.118
10	[P3]	2.997.440	28.312.558
11	[P2]	5.612.972	33.925.530

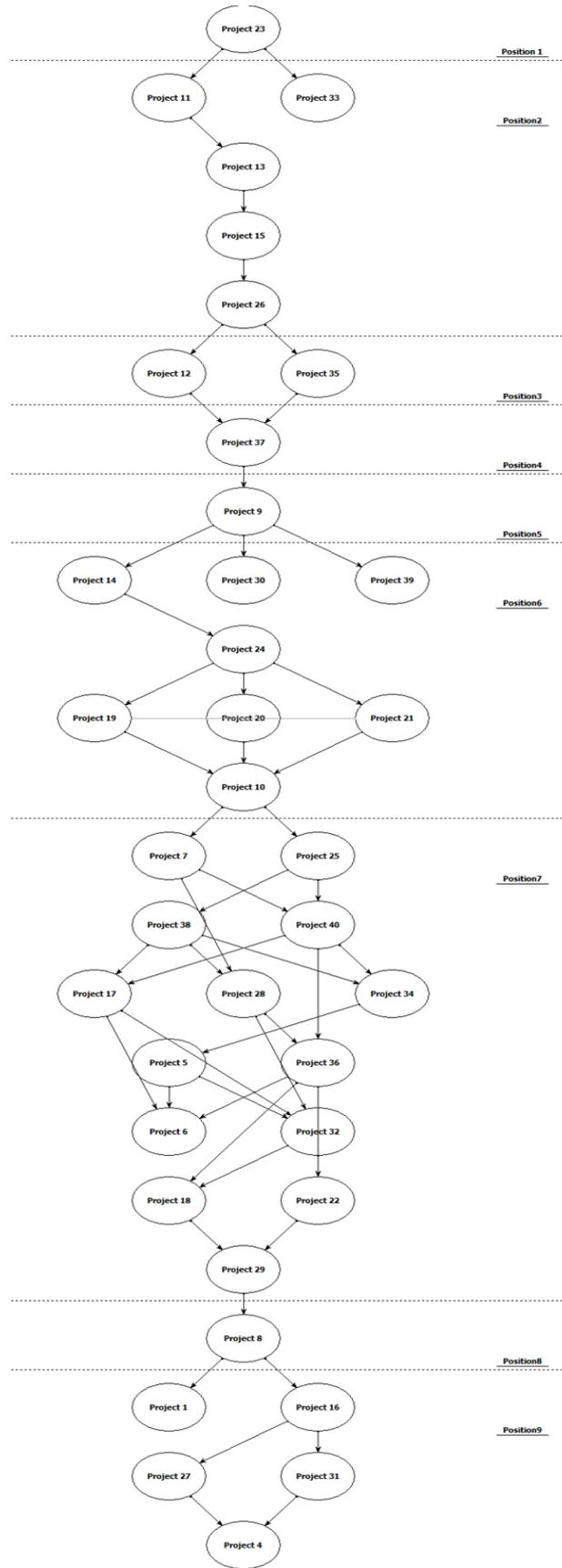
Fonte: elaborada pelo autor (2023).

O SAD FITradeoff fornece uma outra forma gráfica chamada de Diagrama de Hasse, que representa um conjunto parcialmente ordenado e finito e que apoia o decisor na visualização dos resultados tanto parciais como final, demonstrando a relação de dominância entre os projetos. É importante destacar ao decisor quanto à propriedade de redução de transitividade da estrutura de preferências considerada no modelo aditivo e caracterizada neste estudo de caso.

A seguir, na Figura 11, apresenta-se o Diagrama de Hasse final do portfólio da mineradora, em que nele é possível perceber as 11 posições ordenadas, os projetos mostrados em cada uma das posições e a sinalização de relações de dominância entre eles, em que um determinado projeto domina o outro, com base no julgamento de preferências do decisor no momento da elicitação. Um exemplo do resultado do processo de seleção de portfólio em questão está na condição do projeto P37, que está no ranking 4, o qual passa a dominar o projeto P9, que está no ranking 5.

Cabe ressaltar que, quando há mais de um projeto dentro do mesmo nível de classificação, a exemplo dos projetos que estão no ranking 2 (P11, P33, P13, P15 e P26), isso não significa que há uma relação de dominância explícita entre eles (dado à sequência de disposição) e sim que esses projetos não possuem relação definida entre si pelo atual nível de informação parcial obtida até aquele ponto (FREJ et al., 2021).

Figura 11 - Diagrama de Hasse final para o portfólio da mineradora



Fonte: SAD FITradeoff Portfólio (2023).

Ainda acerca da análise do resultado do diagrama de Hasse fornecido pelo SAD, percebe-se, ao analisar a posição 6, que o nível contém os projetos P19, P20 e P21, que, mesmo estando na mesma posição, eles estão sendo dominados pelo projeto P24 e todos eles estão dominando o projeto P10. Nesse exemplo, demonstra uma relação de indiferença entre os três projetos que estão no mesmo nível aos olhos do decisor.

Concluídas as análises dos resultados, caberá ao analista fazer a proposição das recomendações para o decisor e, assim, as etapas do framework proposto serão encerradas.

Um ponto a ressaltar neste trabalho é quanto à comparação dos resultados de seleção de portfólio de projetos com a aplicação do método FITradeoff e à forma como atualmente são priorizados os projetos na empresa. Salienta-se que as observações e considerações dessa comparação visa atender a um dos objetivos pretendidos deste estudo de caso.

O processo de priorização atual da empresa seguiu uma dinâmica em que se avaliou os projetos por meio de alguns critérios definidos pela diretoria. Esses critérios possuem escalas qualitativas e são calculados mediante uma planilha, a qual resulta em um score, que é a somatória dos valores (pesos) das atribuições colocadas pelos solicitantes dos projetos. Uma vez recebidos esses resultados, o gestor de Capex compila a informação e complementa com as justificativas de cada projeto, que foram fornecidas pelos gestores demandantes. Esse relatório com o ranking e as justificativas é apresentado para diretoria, que, por sua vez, busca avaliar as reais necessidades e discutem alternativas de como atender ou postergar a demanda.

No processo de priorização atual, a amostra de 40 projetos de *Sustaining* foi avaliada pelo gestor de Capex e submetida para validação dos diretores, ficando o portfólio de projetos composto dos projetos ordenados da seguinte forma: P1, P2, P3, P31, P7, P8, P4, P5, P6, P9, P10, P11, P12, P13, P14 e P15, totalizando, assim, 16 projetos priorizados.

É importante ressaltar que a composição do ranking seguiu a mesma restrição do orçamento definido na aplicação do modelo multicritério, ou seja, R\$ 22.051.595. Entretanto, com essa priorização, foi consumido o valor acumulado de R\$ 21.488.162, restando uma diferença de R\$ 563.433 (que representa 2,5 % do valor do orçamento disponível).

Assim, observando tal comparativo, percebeu-se que o processo, até então compreendido nos moldes atuais, teve um resultado completamente diferente do que se observou na aplicação do método FITradeoff, o que, de certa forma, indica que, embora houvesse uma mecânica estabelecida, a tomada de decisão do portfólio ideal foi feita predominantemente de modo intuitivo, em que normalmente os dados não são explorados como esperado e que pode sofrer influência dos vieses corporativos, como os de interesses políticos, barganhas e as negociações, mencionados na contextualização do problema.

Um ponto relevante do portfólio priorizado nos moldes atuais, comparando com o resultado do FITradeoff, diz respeito aos projetos P2, P3 e P4. Esses, por sua vez, ficaram de fora do portfólio fornecido pelo SAD FITradeoff, porém foram contemplados na priorização nos atuais moldes. Os três projetos possuem os orçamentos mais elevados da amostra, e, de fato, o julgamento do decisor feito para essa priorização teve sua importância no contexto situacional, em que, em função da condição econômica da empresa, foram priorizados esses projetos. No entanto, o número de projetos contemplados ficou em 16 projetos e foi 43% menor que o portfólio fornecido pelo SAD, com um total de 37 projetos.

Comparativamente, isso indica que o método FITradeoff, com a abordagem da relação custo-benefício, considerando as preferências do decisor e a restrição do orçamento, buscou, por meio da programação linear, obter o maior número de projetos, estabelecendo o portfólio ótimo.

Contudo, mesmo após essa abordagem comparativa, cabe aqui ressaltar um ponto crítico deste estudo e que foi identificado ao longo da jornada. Trata-se da oportunidade de melhor estabelecer um processo de coleta e exploração dos dados que compunham as informações bases para uma boa tomada de decisão para seleção de portfólio de projetos da empresa. Foi visto que a coleta e exploração de dados não estava tão adequada para o processo de seleção de portfólio de projetos e muitos foram os embates quanto ao tema.

De certo, ter o reconhecimento da alta gestão para tal fraqueza foi um desafio desta empreitada e também considerado um ponto de limitação enfrentada neste estudo de caso. Questões como dúvidas quanto a fontes de dados, métodos de coleta desatualizado e com uso de ferramentas inadequadas, ou mesmo falhas na análise prévia dos dados por parte dos gestores que submetiam os projetos colocaram em “*check*” a confiabilidade da informação. Essas questões acabaram por atrasar o

processo de aplicação do modelo e trouxeram consigo o risco de afetar os resultados do portfólio.

Assim, mesmo com todos os aspectos negativos identificados quanto ao processo de coleta e exploração de dados, o modelo de decisão proposto pôde contribuir quanto a sensibilizar alta administração da empresa em desenvolver junto as partes interessadas uma cultura organizacional de melhor coleta e tratamento dos dados. Esse processo cultural tem o compromisso da alta gestão em acertar a temática de tratamento de dados e poderá permear por frentes que podem incluir adoção de novas tecnologias, a revisão dos métodos de coleta e a implementação de treinamentos para as equipes.

5. CONCLUSÃO

Frente a um cenário cada vez mais acirrado e competitivo do mercado de mineração, com as oscilações dos preços das commodities e, principalmente, as variações no contexto político-econômico global, muitas são as situações que atualmente dificultam a tomada de decisão dos executivos no que se refere à melhor priorização ou à seleção do portfólio de projetos que apoiem a organização no atingimento dos seus objetivos estratégicos.

É perceptível que, frente a essas dificuldades, há uma oferta maior de proposição de projetos que de recursos financeiros disponíveis, o que, de certa forma, estabelece-se como restrição e que, por sua vez, impõe limites para essa seleção.

Alguns dos aspectos inerentes à tomada de decisão corroboram como dificuldades adicionais junto ao decisor e que estão, muitas vezes, relacionados a problemas de decisão multicritérios, com multiobjetivos, informações parciais ou incompletas etc. Tais situações, muitas vezes, apresentam-se como desafiadoras e, para algumas empresas, podem ser potencializadas frente às incertezas de mercado e às imprecisões típicas de processos decisórios.

Para tanto, este trabalho teve por objetivo a aplicação de um modelo de decisão multicritério, baseado no framework de decisão adaptado de De Almeida, 2013 para seleção de portfólio de projetos em uma mineradora da Bahia, de forma a ajudar a empresa a estruturar uma melhor dinâmica de tomada de decisão, tornando-a mais ágil, robusta e fundamentada na estratégia organizacional.

No decorrer do estudo, buscou-se atender aos objetivos específicos, que tiveram importância significativa para a construção das ideias e da base de informações composta neste trabalho. Foram feitas uma pesquisa e uma revisão da literatura para subsidiar os conceitos e os casos aplicados sobre a temática de seleção de portfólios de projetos, a modelagem do processo decisório, os principais métodos de seleção e suas aplicações, observando sempre a racionalidade do decisor. Dentro desse contexto, foi possível fornecer um embasamento teórico importante para ajudar nas contribuições metodológicas e práticas, colocando o processo de tomada de decisão e o decisor como pontos centrais.

Contudo, foi preciso desvendar também as principais informações acerca das conexões do processo de seleção de portfólio, as suas características e as interfaces, com abordagens de avaliação e gerenciamento de risco, o que é muito estratégico no

contexto de mineração. O processo de avaliação de risco visa garantir a identificação, a priorização, a análise e o monitoramento dos riscos dos processos organizacionais, considerando as camadas de negócio, os novos projetos, as mudanças, as tarefas rotineiras e não rotineiras e, principalmente, o comportamento das pessoas na empresa.

Sendo assim, pautado nos riscos inerentes ao negócio de mineração, foram estabelecidos os critérios do modelo para que fosse possível avaliar cada um dos projetos de capital de *Sustaining*, foco deste estudo. Foi feita a relação de cada projeto candidato e seu respectivo contexto, enquadrando-o na matriz de avaliação de risco 5x5, com base nos critérios e na prerrogativa de ocorrer eventos indesejados, de modo a analisar a probabilidade dessa ocorrência ou a recorrência e a consequência (impacto) nas operações caso a iniciativa ou projeto submetido não fosse aceito ou priorizado. O intuito foi poder elencar os projetos, classificando-os quanto ao nível de risco e priorizando-os no portfólio, sempre observando as preferências do decisor e o orçamento disponível.

No desdobramento do modelo de decisão multicritério, muitas foram as interações com o decisor e com outros atores do processo, em que foi possível debater, na fase preliminar, não somente quanto aos objetivos do trabalho como também a definição das constantes de escalas que seriam utilizadas para o processo decisório e que estavam alinhadas aos propósitos estratégicos da empresa.

Com a identificação de que a racionalidade do decisor era compensatória, o processo de modelagem de preferências seguiu seu curso, resultando na composição da matriz de consequências, que seria carregada no SAD FITradeoff para portfólio.

Na etapa de aplicação do método FITradeoff, que se utilizou da abordagem de relação custo-benefício, foi realizada a ordenação das constantes de escala e, em seguida, a elicitación flexível com a interação do decisor com software. As preferências foram declaradas pelo decisor e foram necessários responder 17 perguntas para proporcionar o resultado do portfólio, selecionando 37 projetos dos 40 candidatos e consumindo 81% do orçamento disponível.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e demonstraram que a abordagem de decisão multicritério com o uso do SAD FITradeoff é eficaz na sua proposta de buscar simplificar e agilizar o processo de decisão para seleção de portfólio de projetos na mineradora. No estudo, foi percebido que, mesmo com dados incompletos e não tão precisos como normalmente se espera, o processo de elicitación transcorreu de

maneira rápida e interativa, proporcionando um resultado com bom grau de confiança e aceitação junto ao presidente (decisor) da empresa.

Vale ressaltar que o método FITradeoff, por sua concepção, busca seguir um processo mais flexível, em que é possível obter resultados com igual consistência, quando comparados com outros métodos de seleção de portfólio e outros procedimentos de elicitación, que lidam com *tradeoffs*, porém com um grau de esforço cognitivo menor.

No que se refere ao grau de confiança do modelo e referenciando quanto à análise de sensibilidade do método, o FITradeoff conseguiu demonstrar, por meio do gráfico auxiliar de intervalo de pesos que está incorporado no arcabouço do SAD, que a solução possui robustez, uma vez que se notou que, mesmo com a variação dos limites mínimos e máximos dos critérios avaliados, o resultado não foi alterado.

Ademais, depois de resolvido o problema de decisão para seleção de portfólio de projetos com as elicitaciones no FITradeoff, foi percebido que o modelo de decisão proposto e o método podem contribuir muito com a empresa na construção de uma estrutura mais formal, porém mais ágil para a priorização de investimentos de projetos de *Sustaining* (destacado com maior volume de itens). Isso certamente trará mais credibilidade, já que está fundamentado em métodos científicos que atenuam um pouco os chamados vieses institucionais, que influenciam em decisões subjetivas e intuitivas.

Além disso, considerando a condição de agilidade, o método proporcionou a facilidade de se utilizar o SAD com mais frequência para avaliar futuros cenários de seleção dos projetos candidatos que ficaram de fora da seleção anterior. Do ponto de vista gerencial, isso pode implicar no resgate e na aplicação com menos burocracia, caso haja algum aporte financeiro dentro do ciclo que complemente os valores residuais do último portfólio de projetos selecionado.

Um ponto relevante a observar neste estudo e que, de certa forma, pode justificar a aplicação de métodos multicritérios, está na evidência dos resultados apresentados pelo SAD, comparados com o resultado da atual forma de priorização da empresa.

Percebeu-se uma diferença significativa não somente na quantidade de projetos eleitos no portfólio, como também na ordem de priorização deles. Isso é um indicativo de que o julgamento de valor e das preferências do decisor para a priorização dos projetos é sensível a aspectos situacionais, uma vez que pode sofrer

influência da conjuntura econômica do momento, em que, quando favorável, é possível contemplar, no portfólio, os projetos com orçamentos diversificados por acreditar que são mais preferíveis, dado à alguma necessidade premente que os justifiquem.

Ressalta-se que os métodos multicritérios foram criados com embasamento conceitual para serem aplicados e apoiarem na análise de problemas de decisão, em que permeiam vários objetivos, muitas vezes, conflitantes, com informações parciais, e, por vezes, com muitos atores envolvidos no processo decisório. Assim, além da escolha do método que é uma etapa do modelo de decisão multicritério proposto, o produto técnico-tecnológico resultante desse trabalho está justamente no redesenho do processo de priorização dos projetos, com a efetivação do modelo de decisão multicritério proposto, e dentro do que foi especificado no contexto do problema de decisão relacionado a seleção de portfólio de projetos da empresa já incorporando uma avaliação dos riscos operacionais da empresa. Portanto, uma vez validado o novo processo pela alta gestão, será implementado como uma dinâmica padrão para todas as empresas do grupo, que não apenas irá facilitar a tomada de decisões mais dinâmicas e alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa, mas também promoverá uma cultura de transparência e eficiência operacional.

Ademais, vale destacar ainda um outro ponto relevante que é a necessidade de desenvolver uma cultura organizacional com foco em dados e assim aprimorar o processo de coleta e exploração de dados para o processo de seleção de portfólio de projetos para empresa. Como já pontuado por De Almeida, (2013) e considerando os contextos organizacionais, muitas vezes um modelo que se aplica numa empresa pode não ser adequado a outra devido a questões ligadas à indisponibilidade ou má qualidade dos dados. Foi mencionada na discussão de resultados que é crucial ter esse tema em evidência para assim garantir a eficácia na tomada de decisão e por consequência um alinhamento estratégico dos projetos com os objetivos organizacionais.

E para isso, o ponto de partida está na coleta de dados que precisa ser robusta e orientada para identificar oportunidades que irão se alinhar com a visão e metas da organização. Uma vez tendo essa coleta de dados mais bem aprimorada, isso irá permitir para os projetos em questão uma análise mais precisa e fundamentada em fatores de sucesso como uma boa viabilidade técnica dos projetos, retorno sobre o investimento, identificação de sinergias com outros projetos e principalmente os riscos

associados. Para esse último, a exploração adequada dos dados pode ajudar a identificar potenciais riscos e obstáculos antes mesmo de os projetos serem iniciados. Isso irá possibilitar a implementação de estratégias de mitigação para evitar surpresas desagradáveis durante a execução.

Além disso, dentro da exploração dos dados, uma boa análise pode revelar oportunidades de inovação e mudanças no ambiente de negócios. Isso poderá permitir que a empresa adapte seu portfólio de projetos para responder de maneira ágil a mudanças no mercado e nas condições externas.

Enfim, uma cultura de dados bem estabelecida, em que o processo de coleta e exploração de dados estando bem estruturado, não só facilitará a seleção de projetos mais estratégicos e alinhados com os objetivos da empresa, mas também irá contribuir para a gestão eficiente do portfólio, promovendo a transparência no processo de seleção, minimizando os riscos e fortalecendo a tomada de decisão na organização.

5.1. Impactos no negócio

No contexto de negócio da mineradora e percebendo os resultados da abordagem multicritério proposta, é importante pontuar que um processo de seleção de portfólio de projetos bem estruturado e com aplicação de critérios construídos observando alguns pilares estratégicos, a citar os domínios ambiental, social e econômico, é possível observar que pode sim trazer impactos percebidos e esperados seja no curto, no médio ou no longo prazo.

Do ponto de vista ambiental por exemplo, o modelo ao considerar critérios ambientais buscou fazer com que o processo de seleção pudesse priorizar projetos que tivessem um menor impacto ambiental, seja reduzindo ou mesmo compensando alguns efeitos negativos nas operações mineiras, contribuindo assim na preservação dos ecossistemas locais e promovendo um futuro mais sustentável na região de interesse.

No que diz respeito ao âmbito social, ao incorporar o critério relacionado ao tema na avaliação dos projetos, esse por sua vez conseguiu apoiar na priorização de projetos que beneficiem as comunidades locais e que certamente poderá ser percebido em melhoria das condições de vida das pessoas. Contudo, considerando as políticas organizacionais vigentes e observando as condicionantes

socioambientais, já se percebe por exemplo, a priorização de esforços da empresa para a contratação de pessoas da região, o que certamente promove o aumento de empregos, permitindo a fixação do capital e conseqüentemente o aumento da renda da população.

No que se refere ao viés econômico, o modelo de seleção de portfólio de projetos contribuiu para uma melhor visibilidade dos investimentos e conseqüente expansão organizacional, o que de certa forma impacta na economia local, através de maiores investimentos, mais oportunidades de empregos e arrecadação através dos impostos associados às movimentações financeiras inerentes às operações. Entretanto, em um cenário de priorização em que se busca combinar os investimentos com as perspectivas sustentáveis abordadas no âmbito socioambiental, a expectativa é atrair investidores que valorizam a sustentabilidade, ajudando assim a fortalecer a imagem e a credibilidade da organização no mercado.

5.2. Limitações e sugestão de trabalhos futuros

O estudo aqui apresentado percorreu uma trajetória de pesquisa e nos alinhamentos com as partes envolvidas, em que muito foi percebido e coletado, porém foram encontradas algumas dificuldades e limitações.

Sendo assim, no contexto do estudo de caso da mineradora, foram identificadas oportunidades dentro do modelo e, principalmente, na perspectiva de cada projeto submetido, que dizem respeito a ter dados mais consistentes, organizados e estruturados que pudessem reduzir o nível de subjetividade e ajudassem na composição das informações que contextualizam cada um dos projetos do subconjunto.

Percebeu-se que se tratava de uma questão cultural da organização, que precisa ser mais bem explorada e trabalhada, especificamente no entendimento de fazer uso de mais atributos naturais (quantificar as informações dos projetos), que apoiem melhor a avaliação das alternativas.

Portanto, a primeira sugestão de trabalhos futuros é utilizar, dentro do modelo de decisão proposto neste estudo, o método VFT (Value Focused Thinking) para estruturação de problemas. Segundo Bana e Costa (1999), a etapa de estruturação é realizada para a identificação e a caracterização dos principais atores intervenientes,

bem como a explicitação das alternativas de decisão potenciais que se pretendem comparar entre si, em termos de vantagens e desvantagens relativas, considerando um conjunto de critérios de avaliação definidos de acordo com os pontos de vista dos atores envolvidos no processo decisório.

Na perspectiva VFT, sabe-se o que é importante em um problema de decisão, o qual enfatiza a articulação e o entendimento dos valores, usando-os para selecionar decisões significativas, criar melhores alternativas do que as identificadas e avaliar mais cuidadosamente as alternativas desejadas. Enfim, para tornar o julgamento de valor útil à tomada de decisão, este deve ser preciso quanto aos valores e ao seu significado (KEENEY, 1992).

Para trabalhos futuros, também sugere-se expandir a aplicação desse contexto de seleção de portfólio de projetos da mineradora para uma perspectiva de decisão em grupo. Isso porque, no atual processo de decisão, conforme discorrido na caracterização dos atores, o decisor acaba sofrendo com influências de outros pontos focais importantes de decisão (a exemplo da empresa controladora canadense) e, portanto, tais intervenções, quando bem gerenciadas e aplicadas, podem trazer contribuições significativas no processo decisório.

Segundo De Almeida et al. (2020), há muitos métodos e procedimentos desenvolvidos para agregação de decisão em grupo, porém é importante e necessário considerar o contexto organizacional para o qual o método é mais apropriado, observando a relação de poder entre os decisores envolvidos e o grau de poder que exercem no contexto organizacional (estrutura organizacional, cultura, sistemas, gestão de processos, definição do posicionamento estratégico etc.).

Certamente, para o contexto da mineradora, um processo de gestão de mudança, que visa acomodar tais perspectivas de decisão em grupo, especialmente do aspecto cultural de dados e sistemas, deverá ser trabalhado como mais antecedência.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. A. de. **Modelo multicritério para seleção de portfólio de projetos de sistemas de informação**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012.
- AHMADI-JAVID, A.; FATEMINIA, S. H.; GEMÜNDEN, H.G. Method for Risk Response Planning in Project Portfolio Management. **Project Management Journal**, v. 51, p. 77–95, 2020.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 4, p. 207–216, 1999.
- BAI, L.; BAI, J.; AN, M. A methodology for strategy-oriented project portfolio selection taking dynamic synergy into considerations. **Alexandria Engineering Journal**, v. 61, p. 6357–6369, 2022.
- BAI, L.; LIU, J.; HUANG, N.; ZHENG, K.; HAO, T. Critical Interactive Risks in Project Portfolios from the Life Cycle Perspective. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, 2022.
- BANA E COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORREA, E. C.; VANSNICK, J-C. Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research**, n. 113, p. 315–335, 1999.
- BIAGI, V.; BOLLATI, M.; DI GRAVIO, G. Decision Making and Project Selection: An Innovative MCDM Methodology for a Technology Company. **ACM International Conference Proceeding Series**, p. 39–44, 2021.
- DELOUYI, F. L.; GHODSYPOUR, S. H.; ASHRAFI, M. Dynamic portfolio selection in gas transmission projects considering sustainable strategic alignment and project interdependencies through value analysis. **Sustainability**, Switzerland, v. 13, n. 102, p. 5584, 2021.
- DE ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo, Atlas, 2013.
- DE ALMEIDA, A. T.; VETSCHERA, R.; DE ALMEIDA, J. A. Scaling Issues in Additive Multicriteria Portfolio Analysis. **Lecture Notes in Business Information Processing**, v. 184, p. 131–140, 2014.
- DE ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C.; COSTA, A. P. C. S.; ALENCAR, L. H.; DAHER, S. F. D. **Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações**, 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2020.
- DE ALMEIDA, A. T.; FREJ, E. A.; ROSELLI, L. R. P. Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. **Central European Journal of Operations Research**, v. 29, p. 7–47, 2021.

FREJ, E. A.; EKEL, P.; DE ALMEIDA, A. T. A benefit-to-cost ratio-based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. **Information Sciences**, v. 545, p. 487–498, 2021.

GHASEMI, F.; SARI, M. H. M.; YOUSEFI, V.; FALSAFI, R.; TAMOŠAITIENE, J. Project Portfolio Risk Identification and Analysis, Considering Project Risk Interactions and Using Bayesian Networks. **Sustainability**, Switzerland, v. 10, p. 1609, 2018.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

HAGHIGHI RAD, F.; ROWZAN, S. M. Designing a hybrid system dynamic model for analyzing the impact of strategic alignment on project portfolio selection. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 89, p. 175–194, 2018.

HOFMAN, M.; SPALEK, S.; GRELA, G. Shedding new light on project portfolio risk management. **Sustainability**, Switzerland, v. 9, 2017.

HURSON, C.; SISKOS, Y. A synergy of multicriteria techniques to assess additive value models. **European Journal of Operational Research**, v. 238, p. 540–551, 2014.

HYVARI, I. Project portfolio management in a company strategy implementation, a case study. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 119, p. 229–236, 2014.

IACOB, M-E.; QUARTEL, D.; JONKERS, H. Capturing business strategy and value in enterprise architecture to support portfolio valuation. **Proceedings of the 2012 IEEE**, 16th International Enterprise Distributed Object Computing Conference, n. 6337268, p. 11–20, 2012.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Contribuição do Setor Mineral no Produto Interno Bruto Brasileiro**, abr./2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/radar/temas/mineracao/811-contribuicao-do-setor-mineral-no-produto-interno-bruto-brasileiro>. Acesso em: 26 maio 2022.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Webinar debate desafios e perspectivas do setor mineral**, maio/2021. Disponível em: [https://www. Na contrapartida tem-se as questões ambientais Anualmente, empresas de todos os segmentos trabalham.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=38026](https://www.Nacontrapartida-tem-se-as-questoes-ambientais-Anualmente,empresas-de-todos-os-segmentos-trabalham.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=38026). Acesso em: 26 maio 2022.

KANG, T. H. A.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Flexible and interactive tradeoff elicitation for multicriteria sorting problems. **Asia Pacific Journal of Operational Research**, v. 37, n. 2050020, 2020.

KEENEY, R. L. **Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1992.

LAPA, R. P. Simplificando a Gestão de Risco, **Livre Saber e Arte**, Zero Harm, São Paulo, 2020.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. 5. ed. Rio de Janeiro: GEN, 2016.

LOURENÇO, J. C.; MORTON, A.; BANA E COSTA, C. A. PROBE - a multicriteria decision support system for portfolio robustness evaluation. **Decision Support Systems**, v. 54, p. 534–550, 2012.

MA, J.; HARSTVEDT, J. D.; JARADAT, R.; SMITH, B. Sustainability driven multi-criteria project portfolio selection under uncertain decision-making environment. **Computers and Industrial Engineering**, v. 140, p. 106236, 2020.

MARQUES, A. C.; FREJ, E. A.; DE ALMEIDA, A. T. Multicriteria decision support for project portfolio selection with the FITradeoff method. **Omega**, v. 111, p. 102661, 2022.

MARTINS, D. T.; BARUCKE MARCONDES, G. A. Project Portfolio Selection Using Multi-Criteria Decision Methods. **International Conference on Technology and Entrepreneurship - Virtual**, n. 09113775. 2020.

MELO, O. M. R. de. **Seleção de portfólio de projetos em uma unidade têxtil com base em modelo de decisão multicritério**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

MESKENDAHL, S. The influence of business strategy on project portfolio management and its success - A conceptual framework. **International Journal of Project Management**, v. 28, p. 807–817, 2010.

MICÁN, C.; FERNANDES, G.; ARAÚJO, M. Project portfolio risk management: a structured literature review with future directions for research. **International Journal of Information Systems and Project Management**, v. 8, n. 3. 2021.

MICHELON, P.; LUNKES, R. J.; BORNIA, A. C. Capital budgeting: a systematic review of the literature. **Production**, n. 30, p. 1–13. 2020.

MIKKO, K.; ARTO, H.; ARTTI, J.; JOUNI, K.; PAAVO, O.; JOUNI, P.; MIIA, S.; OILI, T.; SAKARI, S.; ANNE, T. Applying a multi-criteria project portfolio tool in selecting energy peat production areas. **Sustainability**, Switzerland, v. 12, p. 1705, 2020.

MORTON, A.; KEISLER, J. M.; SALO, A. Multicriteria portfolio decision analysis for project selection. **International Series in Operations Research and Management Science**, v. 233, p. 1269–1298, 2016.

NJIKE, A. N.; KUMRAL, M. Mining corporate portfolio optimization model with company's operational performance level and international risk. **Mineral Economics**, v. 32, i. 3, p. 307–315, 2019.

OLIVEIRA, D. de P. R. de. **Planejamento Estratégico: Conceitos, Metodologia e Práticas**. 21. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

OOSTUIZEN, C.; GROBBELAAR, S. S. B.; WOUTER G. Project Portfolio Management Best Practice and Implementation: A South African Perspective. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v. 15, p. 1850036, 2018.

- PIMENTEL, B. S.; GONZALEZ, E. S.; BARBOSA, G. N. Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 2145–2157, 2016.
- PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência**, 1. ed. Rio de Janeiro: Editora GEN Atlas, 2005.
- PMI. Project Management Institute. **PMBOK - Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**, 7. ed. Campus Boulevard, 2021.
- KUDRATOVA, S.; HUANG, X.; KUDRATOV, K.; QUDRATOV, S. Corporate sustainability and stakeholder value trade-offs in project selection through optimization modeling: Application of investment banking. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 27, p. 815–824, 2019.
- ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- SILVIUS, G.; MARNEWICK, C. Interlinking Sustainability in Organizational Strategy, Project Portfolio Management and Project Management a Conceptual Framework. **Procedia Computer Science**, v. 196, p. 938–947, 2021.
- SOUZA, R. A. C.; OLIVEIRA, H. S.; DE ALMEIDA, J. A., Modelo de decisão para seleção de portfólio de projetos de TI de uma mineradora. In: Enegep - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2022.
- SOUZA, R. A. C.; OLIVEIRA, H. S.; DE ALMEIDA, J. A. Modelo de decisão de recrutamento para ordenação de candidatos de programa trainee. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 42, 2022, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2022,
- SWANEPOEL, J.; VOSLOO, J. C.; van LAAR, J. H.; PELSERS, W. A. Prioritisation of Environmental Improvement Projects in Deep-Level Mine Ventilation Systems. **Mining, Metallurgy and Exploration**, 2023.
- VETSCHERA, R.; DE ALMEIDA, A. T. A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. **Computers and Operations Research**, v. 39, p. 1010–1020, 2012.
- ZARJOU, M.; KHALILZADEH, M. Optimal project portfolio selection with reinvestment strategy considering sustainability in an uncertain environment: a multi-objective optimization approach. **Kybernetes**, 2021.
- ZHENG, J.; LIENERT, J. Stakeholder interviews with two MAVT preference elicitation philosophies in a Swiss water infrastructure decision: Aggregation using SWING-weighting and disaggregation using UTAGMS. **European Journal of Operational Research**. v. 267, p. 273–287, 2018.
- ZHANG, X.; FANG, L.; HIPEL, K. W.; DING, S.; TAN, Y. A hybrid project portfolio selection procedure with historical performance consideration. **Expert Systems with Applications**, v. 14215, p. 113003, 2020.

WARDANA, I. M.; SUKAATMADJA, I. P. G.; SETINI, M. Formulation of Business Strategies to Improve Business Performance by SWOT and SQSPM Approach in Era Pandemic: A Study on Culinary MSMEs. **Quality - Access to Success**, v. 23, n. 188, p. 47–55, 2022.

WU, Y.; XU, C.; KE, Y.; LI, X.; LI, L. Portfolio selection of distributed energy generation projects considering uncertainty and project interaction under different enterprise strategic scenarios. **Applied Energy**, v. 236, p. 444–464. 2019.