

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA – EEL/USP

DALTON DE PAULA COLLETTE

**SELEÇÃO DE PROJETOS DE PRODUTO POR MEIO DO USO INTEGRADO DOS
MÉTODOS AHP E PROMETHEE II**

LORENA – SP

2019

DALTON DE PAULA COLLETTE

**SELEÇÃO DE PROJETOS DE PRODUTO POR MEIO DO USO INTEGRADO DOS
MÉTODOS AHP E PROMETHEE II**

Monografia apresentada na Escola de Engenharia de
Lorena EEL-USP como requisito obrigatório para a
conclusão do curso de Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Dalton Garcia Borges de
Souza

LORENA – SP

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Collette, Dalton de Paula

Seleção de projetos de produto por meio do uso integrado dos métodos AHP e PROMETHEE II / Dalton de Paula Collette; orientador Dalton Garcia Borges de Souza. - Lorena, 2019.
45 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia de Produção - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2019

1. Ahp. 2. Promethee ii. 3. Mcdm. 4. Portfólio de projetos. 5. Tomada de decisão. I. Título. II. Souza, Dalton Garcia Borges de, orient.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Geraldo Collette e a minha mãe, Miriam Collette, por todo apoio, suporte e confiança durante a trajetória universitária. Aos meus irmãos, pelas dicas, conselhos e ensinamentos.

A todos meus amigos de Laranjal Paulista, pelo auxílio no ingresso a universidade e a todos os grandes momentos e risadas que tivemos.

À grande companheira Bruna, que esteve presente em quase todos os momentos da minha trajetória, em todos os desafios, sucessos e nas aventuras, principalmente no intercâmbio.

A todos meus grandes irmãos da República Tribos, fundadores, moradores e tradicionais agregados, sem vocês essa trajetória não seria a mesma. Quantas histórias e aprendizados!

A todo o projeto que ficará para sempre na memória, um exemplo a ser seguido. Projeto Criança Feliz e todos os voluntários, vocês mudam o mundo, nunca desistam!

Ao professor, orientador e xará, Dalton Borges, obrigado pelo apoio, atenção, confiança e ensinamentos durante nosso projeto.

“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre ombros de gigante”

Isaac Newton

RESUMO

COLLETTE, Dalton de Paula. **Seleção de projetos de produto por meio do uso integrado dos métodos AHP e PROMETHEE II**. 2019, Monografia – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena., 2019.

A gestão e seleção de portfólio de projetos não é uma tarefa simples e trivial de ser realizada, principalmente se tratando de grandes empresas. Isso se dá por dois principais motivos: A grande quantidade de projetos e a complexidade na seleção e atribuição de pesos aos critérios de seleção. Porém, uma correta gestão de portfólios é a base para que a empresa esteja no caminho correto e alinhada com seus objetivos estratégicos. Com isso, ferramentas de apoio a decisão oferecem um grande auxílio na análise dos dados, fornecendo um norte para os tomadores de decisão. Esse estudo apresenta um modelo de priorização de projetos de produto em uma grande empresa do segmento farmacêutico, com base na integração dos métodos de decisão multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) e PROMETHEE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Uma entrada de dados de projetos fictícios foi realizada, resultando como saída um ranking de priorização dos mesmos e sendo verificado por softwares matemáticos já consolidados. A ferramenta obteve uma boa aceitação na companhia, pretendendo auxiliar a decisão de projetos de produto futuros.

Palavras-chave: AHP, PROMETHEE II, MCDM, Portfólio de Projetos, Tomada de decisão.

ABSTRACT

COLLETTE, Dalton de Paula. **Seleção de projetos de produto por meio do uso integrado dos métodos AHP e PROMETHEE II**. 2019, Monografia – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena., 2019.

The management and selection of projects portfolio are not a trivial task to be done, especially in the case of large companies. The two main reasons that it occurs are: The large quantity of projects and the complexity in the selection and assignment of weights of the selection variables. However, a right portfolio management is trivial to the company goes in the right direction and aligned with its strategic goals. Thereby, tools of decision-making gives an extreme aid into data analysis, providing a north star to the decisions maker. The objective of this study is to present a model of prioritization for product projects of a big pharmaceutical company, integrating the multi-criteria decision making methods AHP (Analytic Hierarchy Process) and PROMETHEE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Some fictitious projects have been input into the model, resulting in a ranking of prioritization and verified with consolidated math software. The tool had a good acceptance in the company and it will help for future projects.

Palavras-chave: AHP, PROMETHEE II, MCDM, Project Portfolio, Decision-making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturação Hierárquica AHP	17
Figura 2 - Etapas do método modelagem e simulação	25
Figura 3 - Análise de sensibilidade do projeto 6 perante a alteração de peso dos critérios	38
Figura 4 – Fluxos (+), (-) e NET resultantes do software “Visual PROMETHEE Academic”	40
Figura 5 - "Visual PROMETHEE Academic" ranking completo	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Escalas de julgamento de Saaty	17
-------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de Índice Randômico	19
Tabela 2 - Comparações par a par dos critérios do grupo "Vendas"	28
Tabela 3 - Comparações par a par dos critérios do grupo "Custos"	29
Tabela 4 - Comparações par a par dos critérios do grupo "Estratégico"	29
Tabela 5 - Comparações par a par entre os grupos	30
Tabela 6 - Autovetores resultantes de comparações par a par de Saaty	31
Tabela 7 - $\lambda_{\text{máx}}$, IC e IR individuais dos grupos	32
Tabela 8 - Modelo de entrada de dados de priorização de projetos	33
Tabela 9 - Entrada de dados fictícios na matriz proposta de PROMETHEE	34
Tabela 10 - Matriz normalizada para comparações par a par entre alternativas	35
Tabela 11 - Fluxos de entrada e saída individuais por projeto	36
Tabela 12 - Ranking de priorização dos projetos	37
Tabela 13 - Resultados dos pesos dos critérios no software "Transparent Choice"	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização.....	11
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivo Geral.....	13
1.4	Objetivo Específico.....	13
1.5	Estrutura do trabalho.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Gestão, Priorização e Seleção de Portfólio de Projetos	14
2.2	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	16
2.3	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i> (PROMETHEE) 19	
2.4	INTEGRAÇÃO AHP E PROMETHEE II	22
3	METODOLOGIA.....	23
3.1	Objeto de Estudo.....	23
3.2	Problemática da Pesquisa.....	24
3.3	Método de Pesquisa	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Conceptualização e definição de critérios.....	26
4.2	Modelagem	28
4.2.1	Atribuição de pesos por meio do método AHP	28
4.2.2	Ranking das variáveis por meio do método PROMETHEE II.....	32
4.3	Validação do Modelo.....	37
4.4	Verificação do Modelo	38
5	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Vivemos um mundo dinâmico, com mudanças bruscas e instantâneas a todo momento, incentivadas, cada vez mais, pela velocidade das informações na era digital. Com isso, organizações tem buscado formas de se adaptar à nova era, chamada muitas vezes no meio corporativo de “*VUCA (Volatility, uncertainty, complexity and ambiguity)*”: Volátil, incerto, complexo e ambíguo (SULLIVAN, apud LAWRENCE, 2013) ”.

A adaptação se torna uma tarefa com alto teor de complexidade, por envolver praticamente todas as áreas da organização, desde linhas de produção até definições das estratégias organizacionais. Quase a totalidade dos mercados sofrem certo impacto e tem que se adaptar ao mundo “*VUCA*”. Porém, mercados com alta complexidade e concorrência estão mais suscetíveis e expostos a essas complicações, como é o caso de mercados de tecnologia, transporte, entretenimento, farmacêutico, entre outros.

Organizações do mercado farmacêutico, em específico as farmacêuticas focadas em pesquisa e desenvolvimento de medicamentos inovadores, nos últimos anos, tem tido uma crescente evolução no tratamento de doenças, com medicamentos cada vez mais eficazes e complexos. Como consequência, também houve um crescente aumento de receita, não apenas no Brasil, mas como em todo o mundo.

Contudo, não diferente dos demais mercados, as farmacêuticas de alta tecnologia também são impactadas pelo mundo volátil, incerto, complexo e ambíguo dos dias de hoje. Um dos principais fatores que torna esse ambiente complexo é a entrada de concorrentes com medicamentos genéricos de baixo custo, no momento em que o medicamento original perde a patente. Pela difícil competição em custos e preços com medicamentos genéricos, há uma busca incessante por desenvolvimento de medicamentos inovadores, que necessitam rapidez e agilidade em seu lançamento.

Em um ambiente com inúmeros lançamentos de produtos inovadores, muitos projetos são propostos. Projetos que possuem características, modelos e custos distintos, dificultando a decisão de quais serão mais propícios para o momento e devem ser priorizados, a fim de trazer um melhor resultado no lançamento do produto.

1.2 Justificativa

A gestão de portfólio de projetos tem sido um tema crescente no Brasil. Nos anos anteriores, o foco de pesquisa, no Brasil, era a gestão de projetos em si. Porém, atualmente, vê-se um crescimento no tema de gestão de portfólio de projetos. A principal diferença entre ambas é que, enquanto a gestão de projetos tem seus esforços concentrados em “fazer certo o trabalho”, a gestão de portfólio tem como objetivo “fazer o trabalho certo” (PMI, 2017). Sendo assim, por mais que uma gestão de projetos robusta aumente o índice de sucesso de um projeto, sem uma seleção e priorização correta, esse sucesso não é eficaz.

Medidas que facilitem a adaptação aos modelos de mercado atuais são sempre buscadas. Em um ambiente com inúmeros lançamentos de produtos, com muitos projetos para os mesmos, a gestão correta de seu portfólio e, especialmente, uma seleção acurada dos mesmos, caminha em paralelo com a agilidade e velocidade do mundo atual. Sem uma importante seleção e priorização do portfólio de projetos, com métodos apropriados, robustos e ágeis, há uma maior possibilidade de alocação de recursos financeiros em projetos com baixo valor agregado.

Contudo, a seleção de portfólio e priorização de projetos é uma questão complexa. Segundo Ghrobaee, Amiri e Sadaghiani (2015), a seleção pode se tornar uma questão complexa já na tomada de decisão de critérios, pelos decisores terem, muitas vezes, opiniões divergentes com relação aos mesmos. Portanto, métodos que auxiliem os tomadores de decisões e selecionadores do portfólio de projetos geram agilidade nas decisões.

Metodologias matemáticas são presentes no auxílio às decisões. Existem inúmeros métodos e modelagens que agregam valor a decisão. Porém, para alguns casos, como por exemplo a análise e priorização de projetos de produto, apenas um método matemático não resulta em uma resolução completa. É necessário, muitas vezes, integrar mais métodos para se ter uma resposta robusta e completa para problemas complexos.

Uma vasta gama de métodos matemáticos pode ser utilizada, sendo que, cada método possui vantagens e desvantagens um com relação aos outros. Portanto, a escolha do modelo correto é de suma importância para o desenvolvimento da simulação. No presente estudo, os métodos AHP e PROMETHEE foram os escolhidos para o modelo.

A escolha dos dois métodos se deu, principalmente, pela facilidade, aplicabilidade e economia de tempo e recursos que ambos os métodos fornecem, características de suma

importância no mundo atual. O método AHP proporciona, de uma maneira simples, comparações par a par entre critérios, o que fornece uma facilidade de compreensão dos tomadores de decisão não habituados com métodos de seleção multicritérios. Além disso, possibilita comparações qualitativas entre os pares, o que não é possível em outros métodos como TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR, ELECTRE, entre outros.

Com relação ao método PROMETHEE, o mesmo possui uma integração com o AHP e possibilita a utilização de funções de preferência com limites máximos e mínimos, se tornando uma vantagem se comparado com outros métodos como TOPSIS e VIKOR. Além disso, têm resultados facilmente interpretados, com inúmeros softwares que o tem como base, com ferramentas de output gráficas.

1.3 Objetivo Geral

O objetivo geral desse estudo é fornecer um modelo robusto, integrando os métodos AHP e PROMETHEE II, que facilite a seleção e priorização de portfólio de projetos de produto em uma empresa multinacional farmacêutica, líder de mercado na área de biotecnologia.

1.4 Objetivo Específico

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Definição robusta e completa dos critérios decisórios que serão utilizados;
- Comparação entre os critérios, par a par com definição de pesos;
- Ranquear os critérios, por meio do método AHP;
- Ranquear as variáveis, por meio do método PROMETHEE II;
- Ranquear os projetos de produto e gerar uma simulação, com base na integração dos métodos AHP e PROMETHEE II.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho é estruturado da seguinte forma: Na seção 2 tem-se a fundamentação teórica, que abordou os conceitos de gestão de portfólio de projetos e os métodos de decisões multicritérios utilizados. Na seção 3 apresentou-se a metodologia de pesquisa. Na seção 4 e 5, o desenvolvimento do trabalho, seus resultados e suas conclusões, foram apresentados, respectivamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão, Priorização e Seleção de Portfólio de Projetos

Segundo Levine (2005), a gestão de portfólio de projetos é uma maneira de se ter alinhado as necessidades do negócio e estratégias da empresa com os projetos a serem desenvolvidos, trazendo assim uma maior e melhor utilização dos recursos da companhia. Sendo, nesse quesito, que a gestão de portfólio de projetos se diferencia da gestão de projetos em si. No caso da organização se ter e realizar um portfólio o qual não está alinhado com a estratégia da organização, a mesma, deve, justamente, questionar o motivo pelo qual isso está sendo realizado. Sendo assim, o portfólio deve representar a estratégia, intenção, direção e progresso da companhia (PMI, 2017).

Contudo, a implementação da gestão de portfólio não é uma tarefa simples, principalmente se tratando de grandes empresas. Pois, segundo Brown e Eisenhardt (1998), existe a necessidade de se ter e entender as incertezas de mercado e tecnológicas, a negociação por recursos entre as áreas da companhia e mudanças constantes em consequência do mercado. Além disso, mais um fator necessário para o sucesso é englobado: Constituir um processo contínuo e bem definido em que todos os responsáveis estejam engajados nas tomadas de decisões.

Cooper et al (1999), propõe um conceito de se trabalhar a gestão de portfólio. Esse conceito é um conceito dinâmico, em que a listagem dos projetos é constantemente revisada e atualizada, podendo ser incluídos novos projetos (que também são avaliados, selecionados e priorizados), projetos já existentes sofrerem alteração da priorização e ou recursos devido a mudanças encontradas. O processo busca se adequar as incertezas de mercado, mudanças nas informações e estratégias, oportunidades, interdependência entre projetos e tomada de decisões locais.

Um estudo feito no processo de gestão de portfólios em empresas distintas de segmentos diferenciados propõe que o método mais utilizado é o método financeiro (presente em 77,3% dos casos), seguido por métodos de estratégia do negócio (64,8%) e diagramas de bolhas (40,6%) (Cooper, 1999). Esse estudo nos traz como conclusões que as empresas utilizam inúmeros métodos de gestão de portfólios, sendo o financeiro o mais comum. Contudo, é importante salientar que, o método financeiro, quando utilizado individualmente, não é um bom método, muitas vezes por conta da má qualidade dos dados, o que gera distorção da realidade (Cooper, R.; Edgett, S.; Kleinschmidt, E., 1998).

Conclui-se que, portanto, é possível e, inclusive, recomendável, a utilização de mais de um método de seleção, de modo a se complementarem. Além disso, cabe a companhia a decisão do melhor conjunto de métodos a serem utilizados, pois, em cada ambiente empresarial há distintas premissas a serem seguidas pela alta direção e pelo tipo de portfólio. Quando se tem problemas com múltiplos objetivos, ou múltiplos critérios, métodos multicritério para apoio à decisão (MCDM – *multri-criteria decision making*) podem ser utilizadas. Dentre tais métodos, AHP e PROMETHEE II são dois dos mais explorados cientificamente.

Partindo-se dos quatro objetivos da gestão de portfólio segundo Cooper et al (2002), que são a maximização do valor do portfólio, o equilíbrio dos projetos do portfólio, o alinhamento com a estratégia e a alocação de recursos entre projetos, em um estudo feito, a busca pelos objetivos traz um portfólio otimizado para o processo. No entanto, nos estudos, foi observado também que se encontram conflitos entre os quatro objetivos, ou seja, muitas vezes o portfólio com maior valor não é o mais equilibrado, entre outros.

Existem maneiras de se otimizar e buscar os quatro objetivos buscados para um portfólio de projetos. Uma das maneiras proposta por Chien (2002), é avaliar como o portfólio se relaciona com cada um dos objetivos, podendo ser feito decompondo os objetivos em metas mensuráveis e associando um valor para cada meta que indicaria o desempenho do portfólio, sendo, esse valor, utilizado para a avaliação dos objetivos e buscar um portfólio ótimo considerando todos os quatro objetivos.

A seleção de portfólio ótima, contudo, também se faz necessário o gerenciamento de riscos. Segundo PMI (2017), os riscos do portfólio podem ser caracterizados como eventos ou condições que, caso ocorram, geram um impacto negativo ou positivo em um ou mais objetivos dos projetos, podendo, o risco, ter uma ou mais causas.

O gerenciamento de riscos, é um processo estruturado para acessar e analisar os possíveis riscos presentes no portfólio, afim de mitigar esses eventos, circunstâncias ou atividades inesperadas. O gerenciamento de riscos é crítico e tem que ser muito bem estruturado em especial nas altas prioridades do portfólio, em que possíveis falhas possam ter altos impactos (PMI, 2017).

Nesse trabalho, porém, se tem um foco na seleção e priorização de projetos, tendo métodos como o AHP e PROMETHEE II auxiliando na análise e seleção de portfólio de produtos, em busca da seleção do portfólio ótimo, atendendo aos objetivos propostos e o alinhamento estratégico da organização.

2.2 *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

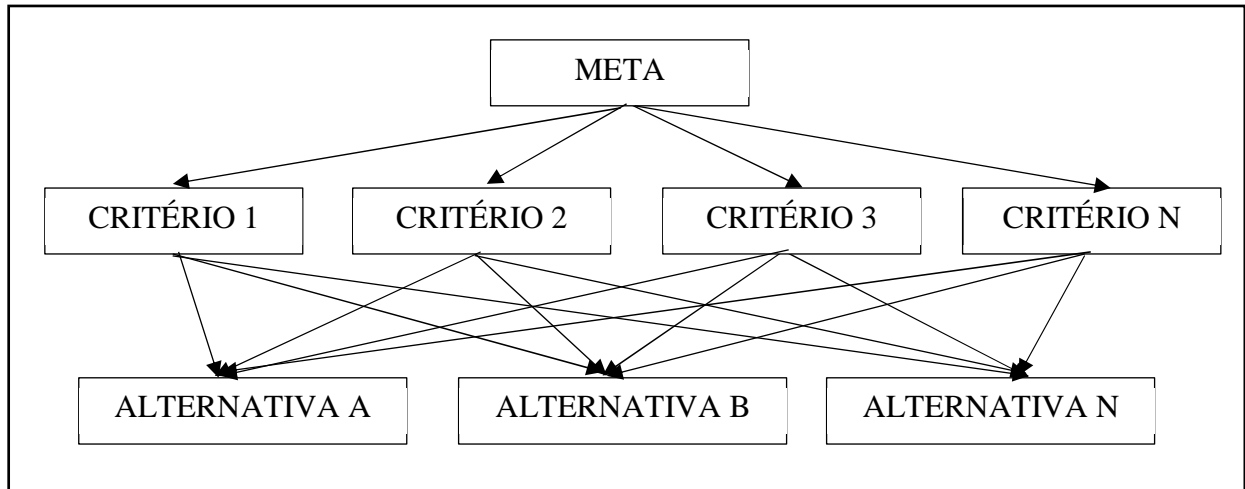
Um dos métodos mais conhecidos e consolidados nas tomadas de decisões multicritérios é o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o qual foi criado por Saaty na década de 70, nos Estados Unidos. O método, considerado um robusto método de avaliação e tomada de decisão, tem a capacidade de análise de variáveis qualitativas e quantitativas no processo.

Segundo Saaty (2008), para se tomar uma decisão é necessário conhecer o problema, a necessidade, a finalidade da decisão, os critérios, os atores, os grupos afetados e as ações que podem ser feitas. Sendo assim, o principal ponto, antes mesmo da aplicação do método em si, é a sua essência muito bem consolidada e estudada – a definição e atribuição correta dos objetivos buscados.

O método, em si, é baseado na organização das decisões para se ter as prioridades resultantes. Por isso, o método é decomposto, segundo Saaty (2008), em alguns passos, sendo eles a definição do problema e o objetivo buscado, a estruturação da hierarquia principal com objetivos decisórios de forma ampla com o auxílio de níveis intermediários e inferiores, a elaboração de matrizes que comparem os elementos superiores com os próximos inferiores e, por último, a utilização das prioridades resultantes para ponderar os próximos níveis inferiores.

A estruturação hierárquica do processo pode ser visualizada na Figura (1), onde é apresentado com três níveis hierárquicos:

Figura 1 - Estruturação Hierárquica AHP



Fonte: Adaptado de Saaty, 1990

Tem-se, após a estruturação da hierarquia, como próximo passo, a construção das matrizes. Essa fase consiste na chamada fase de avaliação (GRANEMANN; GARTNER, 1998). As matrizes são construídas por comparações par a par dos critérios, dos subcritérios, caso haja, e das alternativas decisórias. Quando se compara tais categorias, resulta-se nas ordens de importância de cada critério, subcritério e alternativa.

Saaty (1990, 1991, 2008) propõe uma tabela com as escalas de julgamento, para assim realizarmos a comparação por pares, como pode-se ver no Quadro 1:

Quadro 1 - Escalas de julgamento de Saaty

Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições
Valores recíprocos	Se a atividade i recebe um valor x quando comparado a atividade j , então j recebe o valor recíproco $1/x$ quando comparado a i .	

Fonte: Adaptado de Saaty (1990, 1991, 2008)

Com as comparações apresentadas para as variáveis, tem-se a matriz resultante, segundo Saaty (1991):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

E, obrigatoriamente, tem que atender as quatro condições:

a) $A = (a_{ij})$

b) $a_{ij} = a$

c) $a_{ji} = 1/a$

d) $a_{ii} = 1$

sendo “ A ” a matriz de comparação e “ a ” as comparações par a par relativas aos elementos.

As comparações da matriz par a par têm seus valores inversamente resultantes para comparações inversas, ou seja, se a comparação do elemento da linha $i = 3$ e da coluna $j = 2$ tiver um fator resultante de 5 (o item da linha 3 possui, segundo a tabela 1 “importância grande ou essencial” se comparado com o da coluna 2), temos $a_{32} = 5$ e $a_{23} = 1/5$. Com isso, apenas a parte triangular direita da matriz tem a necessidade de avaliação, tendo em vista que a triangular esquerda terá valores inversos. A diagonal principal é a comparação de itens iguais, portanto, seu resultado será sempre igual a 1 (COSTA, 2003).

Após a realização da matriz, temos a próxima etapa, que consiste na elaboração do autovetor (W). Para se chegar no autovetor da matriz (vetor de apenas uma única coluna), é necessário, primeiramente, dividir cada elemento de cada coluna pela respectiva soma da coluna em que o elemento se apresenta, somar cada elemento gerado (cada linha tem um resultado gerado) e, por último, dividir a soma total pelo número de elementos existentes na linha (SAATY, 1991).

O autovetor gerado representa a importância de cada um dos critérios em comparação com o conjunto. Cada matriz possui seu autovetor próprio, sempre com comparações dentro do conjunto em que se encontra. Porém, é necessário ainda testar a consistência da matriz, para que ela e seus critérios gerados sejam válidos. Segundo Saaty (1991), as seguintes etapas são necessárias para o teste de consistência da matriz:

1. Multiplicar a matriz de comparação com o autovetor, o que gera um novo vetor coluna (autovetor), como mostrado na Equação 2:

$$W' = A * W \quad (2)$$

2. Dividir os componentes do novo vetor gerado pelos respectivos componentes do autovetor original, na mesma ordem, ou seja, dividir o primeiro com o primeiro, segundo com segundo e assim por diante. Posteriormente, deve-se somar todos os elementos gerados e dividir pelo número de componentes. O resultado disso é o autovetor máximo ($\lambda_{máx}$), Equação 3:

$$\lambda_{máx} = \frac{1}{n} \left(\frac{W'_1}{W_1} + \frac{W'_2}{W_2} + \dots + \frac{W'_n}{W_n} \right) \quad (3)$$

3. Calcular o IC (índice de consistência – Equação 4) e a RC (razão de consistência – Equação 5);

$$IC = (\lambda_{máx} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$RC = IC / IR \quad (5)$$

4. A razão de consistência é o valor a ser comparado com a tabela de índice randômico proposta por Saaty (1987, 1991), em que existem valores de matrizes com 15 elementos no máximo (n) para serem comparados. O resultado (RC) só valida as comparações caso seu resultado seja menor que 0,10.

Tabela 1 - Tabela de Índice Randômico

<i>n</i>	<i>IR</i>	<i>n</i>	<i>IR</i>	<i>n</i>	<i>IR</i>
1	0,00	6	1,24	11	1,51
2	0,00	7	1,32	12	1,48
3	0,58	8	1,41	13	1,56
4	0,90	9	1,45	14	1,57
5	1,12	10	1,49	15	1,59

Fonte: Adaptado de Saaty (1987, 1991).

2.3 Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)

Primeiramente proposto por Brans em 1984, o método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) sofreu, desde então, várias atualizações e

aprimoramentos. Além disso, o método é utilizado até os dias de hoje em várias áreas de atuação, principalmente em áreas de engenharia.

PROMETHEE oferece um auxílio primordial na classificação parcial e total de valores para tomadas de decisões, em inúmeras áreas, inclusive áreas de negócio, governo, saúde, educação, entre outros (BEHZADIAN et al., 2010).

O método, em si, utiliza, assim como o AHP, comparações par a par entre as variáveis, a fim de fornecer as preferências entre quaisquer um dos critérios, fornecendo um auxílio para a alta direção nas tomadas de decisão. Segundo Amaral Costa (2014), o método foca em encontrar a solução ótima para adaptação dos seus objetivos e entendimento do problema.

A família PROMETHEE é formada por dez métodos, sendo, selecionados, dependendo do problema a ser solucionado (AMARAL; COSTA, 2014). A aplicação feita nesse trabalho é a do método PROMETHEE II, porém, também será utilizado o PROMETHEE I, que nada mais é basicamente do que uma etapa anterior ao PROMETHEE II.

As opções a serem avaliadas pelo método são expressas em uma matriz M, como mostrada abaixo:

$$M = \begin{matrix} & f_1(a_1) & f_2(a_1) & \dots & f_j(a_1) & \dots & f_k(a_1) \\ & f_1(a_2) & f_2(a_2) & \dots & f_j(a_2) & \dots & f_k(a_2) \\ & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_1(a_j) & f_1(a_j) & f_2(a_j) & \dots & f_j(a_j) & \dots & f_k(a_j) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_1(a_n) & f_1(a_n) & f_2(a_n) & \dots & f_j(a_n) & \dots & f_k(a_n) \end{matrix}$$

Sendo: $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ o conjunto de alternativas

$f_j, j = 1, 2, \dots, k$ os critérios de decisão

Iniciando-se pela matriz M, uma sequência de cinco passos é seguida, com o objetivo da otimização dos critérios:

1. Cada critério f_j tem uma função de preferência P_j .

Para cada um dos critérios, uma função de preferência é atribuída para auxiliar na decisão quando as alternativas forem comparadas. Existem seis tipos básicos de

funções de preferência mais utilizados no método Promethee, onde se é contemplado praticamente todas as preferências necessárias.

As funções tem $d_j(a,b) = f_j(a) - f_j(b)$ para maximização e $d_j(a,b) = f_j(b) - f_j(a)$ para minimização.

2. Atribuição dos pesos para cada um dos vetores.

O vetor de pesos é a importância do critério em relação aos demais, sendo, sua somatória, resultante em 100%. A definição dos pesos pode ser atribuída de diversas maneiras, sendo, nesse trabalho, atribuída com o auxílio do método AHP.

3. Cálculo de preferências entre as alternativas.

Com os pesos dos vetores, a etapa três se dá no cálculo, par a par, das preferências relativas entre as alternativas (GONÇALVES, 2001). Isso resulta no chamado índice de preferência ponderado π . As comparações das alternativas com elas mesmas resultam em um índice de preferência nulo, resultando em zero. Além disso, as comparações resultam em valores entre zero e um, sendo, as próximas de zero, preferências fracas entre as alternativas e, as próximas de um, preferências fortes.

4. Cálculo do índice de preferência positivo e negativo.

O índice positivo indica a dominância de uma alternativa sobre o fluxo, enquanto o índice negativo representa o quanto a alternativa sofre dominância do fluxo. Segundo Brans (2002), a utilização dessa ferramenta se dá quando é necessário a comparação dos desempenhos de cada alternativa.

Dado pela Equação 5 abaixo, para o índice positivo, quanto mais elevado o valor de $\Phi^+(a)$ a melhor alternativa é resultada.

$$\begin{aligned} \Phi^+ : A &\rightarrow [0,1] \\ a &\rightarrow \frac{1}{(n-1)} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \end{aligned} \quad (5)$$

Para o índice negativo, o oposto ocorre, ou seja, quanto menor o valor de $\Phi^-(a)$, melhor a alternativa, sendo como mostrado na Equação 6:

$$\Phi^- : A \rightarrow [0,1]$$

$$a \rightarrow \frac{1}{(n-1)} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (6)$$

5. Classificar parcialmente e completamente (Promethee I e II, respectivamente).

Parcialmente, a classificação é dada pelos índices positivos e negativos de preferência. Sendo assim, a alternativa a tem preferência para com relação a b se o índice de preferência positivo de a for maior que o de b e o negativo menor ou se algum deles (ou positivo ou negativo) forem iguais e o respectivo representar alguma preferência. Já, para as alternativas serem consideradas indiferentes, ou seja, uma não apresentar dominância para com relação a outra, os índices, tanto negativos quanto positivos, tem que ser iguais.

A classificação Promethee II, ou seja, o ranking entre as alternativas de um modo geral, é encontrada pelos valores dos índices resultantes da diferença do índice positivo com o negativo. O ranking é dado pela classificação decrescente do resultado dessa diferença.

Conclui-se, portanto, após a sequência de cinco passos, a aplicação do método PROMETHEE I e II para classificação parcial e total das alternativas a serem analisadas.

2.4 INTEGRAÇÃO AHP E PROMETHEE II

A utilização do método AHP fornece uma base sólida da importância relativa entre os critérios de decisão estabelecidos, enquanto que, o método PROMETHEE II, resulta em um ranking final decisório do produto com base nas importâncias dos critérios. Nesse estudo, um uso integrado dos métodos é utilizado, na proposta de seleção de projetos de produto que maximizem o retorno.

O uso integrado dos métodos foi escolhido pois ambos são complementares. PROMETHEE, por fornecer uma classificação de prioridade entre projetos de produto (no caso do trabalho em questão), resulta no produto final, ou seja, no objetivo do estudo. Porém, apenas o método isolado, por si só, não fornece um embasamento forte o suficiente para decisões de priorização de projetos de produto complexos. A razão disso se dá, pela definição de pesos das variáveis.

Para o método PROMETHEE, é necessário se ter pesos de importância para as variáveis de decisão. Sem o auxílio de outro método, essa definição de pesos pode-se tornar muito subjetiva, com grandes variações nas atribuições de peso entre usuários e discordâncias nos mesmos.

Portanto, o método AHP foi escolhido para o auxílio na definição de pesos das variáveis utilizadas na priorização do método PROMETHEE.

A definição robusta de pesos para as variáveis de decisão é fundamental para a correta priorização dos produtos. O método AHP foi utilizado pois tem como fundamento fornecer o mapeamento de todos os fatores importantes e que os mesmos sejam corretamente considerados e medidos, além de ser um método com grande auxílio e eficiência para medidas subjetivas, transformando-as em utilizáveis no processo decisório (GRANEMANN; GARTNER, 1998; SAATY, 1991).

Segundo Saaty (1987), o método AHP também é fundamental para a análise e verificação de concordância na atribuição de pesos das variáveis decisórias. Sendo assim, com o auxílio do método AHP, a análise decisória do PROMETHEE se torna muito mais completa e confiável para o resultado final do estudo.

3 METODOLOGIA

3.1 Objeto de Estudo

O estudo foi feito e aplicado em uma empresa multinacional do setor farmacêutico, a maior empresa de biotecnologia do mundo, líder de mercado na área de oncologia. A empresa, fundada em 1896, atualmente presente em mais de 100 países, é a farmacêutica que mais investe em pesquisa e desenvolvimento no mundo, cerca de 20% do faturamento global. Com isso, muitos produtos inovadores são lançados ano a ano no mercado, com foco em doenças raras e oncologia.

O estudo será feito na sede administrativa da companhia. Contudo, apesar de grande parte de seu portfólio ser importado, há uma fábrica estabelecida no Brasil, assim como um centro de distribuição. Nesses três polos, no Brasil, a empresa totaliza mais de 4 mil colaboradores e obteve faturamento acima de 3 bilhões de reais em 2018.

O nome da empresa não será revelado por questões de confidencialidade entre autor e empresa.

3.2 Problemática da Pesquisa

O surgimento da problemática presente no estudo se deu pela grande quantidade de lançamentos de produtos previstos para os próximos anos. Como essa situação não era comum em anos anteriores, uma seleção e priorização eficaz e rápida de projetos de produtos não existia e não era necessária.

Contudo, com a nova situação e mudança de mercado vivida pela companhia, a necessidade de apoio na decisão de priorização e seleção de projetos de produto foi desenvolvida. A alta direção, em conjunto com o time de controladoria e planejamento definiu como um dos objetivos da companhia a serem alcançados a rápida decisão perante a projetos, sem que as condições financeiras sejam fortemente afetadas.

3.3 Método de Pesquisa

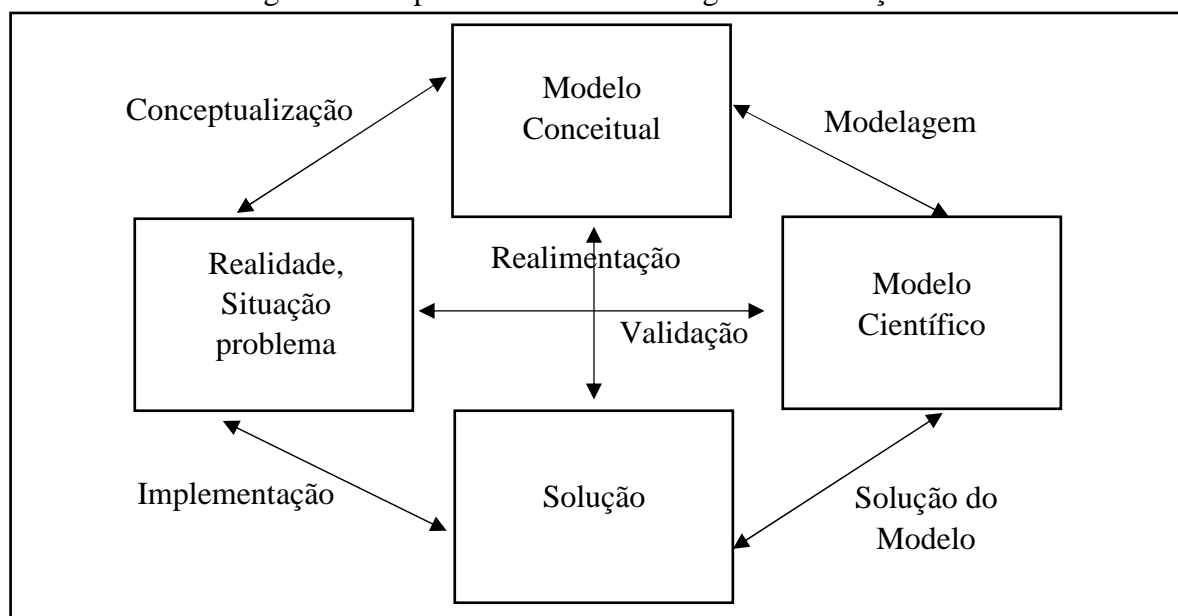
A metodologia de pesquisa pode ser expressa de diversas formas. De acordo com Silveira e Córdova (2009) a pesquisa se classifica por sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Pela natureza, pode ser considerada como básica ou aplicada, sendo, no trabalho em questão, considerada aplicada, por propor soluções a questões práticas em um ambiente corporativo. Já a abordagem, no objeto de estudo, é considerada quantitativa, por oferecer, através de análise de variáveis de entrada, propostas de variáveis de saída com auxílio de métodos consolidados estatísticos e matemáticos.

Com relação aos objetivos, segundo Bertrand e Fansoo (2002), pesquisas quantitativas podem ser divididas em frentes empíricas ou axiomáticas. Dentro delas, também, segundo os autores, há a divisão entre descritiva ou normativa. Portanto, as pesquisas quantitativas podem ser classificadas em quatro grupos, empírica normativa ou descritiva e axiomática normativa ou descritiva.

O método utilizado no estudo é a modelagem axiomática normativa, para seleção e priorização de projetos de produtos em uma indústria do ramo farmacêutico. Segundo Bertrand e Fansoo (2002), a pesquisa axiomática normativa é aquela que o pesquisador constrói uma solução, com base na literatura, que gere uma maior e melhor compreensão do problema, com a essência de otimização do mesmo.

O procedimento utilizado será a modelagem e simulação. O benefício da modelagem se traduz na criação experimental de um problema físico por meio de um modelo matemático (Chung, 2004). Sendo assim, situações do tipo que envolvem constantes mudanças e experimentações distintas, reduções de custo, entre outros, o modelo permite uma exemplificação e melhor visualização do problema. O método é composto pelas etapas apresentadas na Figura 2.

Figura 2 - Etapas do método modelagem e simulação



Fonte: Adaptado de Bertrand e Fransoo (2002)

As etapas que serão realizadas nesse trabalho têm como sequência a conceptualização, modelagem, solução do modelo e implementação, como Bertrand e Fransoo (2002) descrevem. Na primeira etapa, conceptualização, é realizado um modelo conceitual, ou seja, a caracterização do processo, sempre relacionando à literatura. No trabalho, nessa etapa foram definidos com o time o escopo e as variáveis utilizadas.

A fase consequente, de modelagem, especifica a etapa anterior, sendo descrito formalmente de maneira matemática científica. Nesse estudo, foi nessa fase que as relações entre as variáveis e atribuições de pesos das mesmas foram propostas, também em conjunto com o time. A matemática científica será baseada nos métodos AHP e PROMETHEE II, revisados no referencial teórico.

A próxima fase, solução do modelo, consiste na solução matemática do modelo, das equações propostas na etapa anterior. Foi nesse momento que a solução matemática das equações dos métodos AHP e PROMETHEE II foram realizadas.

Por fim, na última etapa, implementação, é realizado a aplicação do modelo proposto, buscando a solução do problema. No presente trabalho, essa etapa foi realizada em um conjunto de projetos de produto fictício, para validação e futuramente utilização do modelo em projetos reais da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Conceptualização e definição de critérios

A necessidade de uma maneira prática e ágil de seleção e priorização de projetos de produto surgiu devido ao vasto número de lançamentos previstos para os próximos anos na empresa. Com isso, um grupo de trabalho foi formado e as etapas - baseadas no método da modelagem axiomática normativa – foram seguidas para resolução do problema.

Para a construção de um modelo correto de priorização e seleção de projetos, alguns pontos necessitam ser satisfeitos. Um deles é a definição estrutural correta do modelo, ou seja, quais variáveis serão utilizadas e suas respectivas importâncias. Sem uma correta estruturação da base do modelo, o resultante do mesmo pode não expressar valores fundamentados e válidos.

O processo de seleção de projetos de produto envolve inúmeras áreas da empresa e a impacta como um todo, tanto em questões estratégicas quanto operacionais. Com isso, para uma correta e acurada definição de critérios relevantes para projetos de produto, quanto maior a diversidade do grupo definidor, melhor e mais estruturado será a base do modelo.

Portanto, um grupo diverso foi definido, com pessoas de diferentes áreas e níveis hierárquicos, com o objetivo de resultar, em um primeiro momento, critérios que serão posteriormente utilizados nas próximas etapas da modelagem.

Uma discussão estruturada para definição dos critérios que possuem maior importância e que resultariam em um modelo que atenda as principais variáveis decisórias de um portfólio estratégico foi elaborada. As variáveis decisórias de um portfólio estratégico são muito abrangentes e podem ser tanto quantitativas como qualitativas. Ao decorrer das reuniões, as variáveis foram se estreitando e, ao final, nove critérios foram definidos como fundamentais para o modelo. São eles:

- Vendas 2020 – A previsão de vendas do produto do projeto em questão, no ano de 2020, em reais;
- Pico de vendas – A previsão de vendas do ano do produto do projeto em questão, no ano com pico de vendas no horizonte de 10 anos, em reais;
- CAGR (taxa de crescimento anual composta) – A taxa de crescimento, anualizada, de 2020 a 2025, calculada pela Equação 7:

$$CAGR = \left[\left(\frac{VF}{VI} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad (7)$$

Sendo VF o valor de vendas, em reais, no ano 2025, VI o valor de vendas em 2020 e n o número de anos, no caso em questão igual a 5;

- Investimento – Investimento total do projeto, em reais;
- Investimento de força de trabalho – Número de horas de trabalho investidas no projeto;
- Duração – Tempo de duração do projeto, em meses;
- Alinhamento estratégico – O alinhamento estratégico do projeto e produto com o mapa estratégico da companhia, sendo uma classificação de 1 a 5;
- Competitividade – A eficácia do produto perante aos concorrentes, ou seja, o quanto o produto possui superioridade no mercado, sendo uma classificação de 1 a 5;
- Cenário Externo – O mercado, ou seja, o quanto o mercado possui concorrência para o produto, classificação de 1 a 5.

Os nove critérios resultantes foram, então, divididos em três grupos, de acordo com suas características, a fim de se ter uma simplificação na definição dos pesos. Os três grupos, com suas composições, são:

- Grupo A (Vendas): Grupo com os critérios relacionados diretamente com o número de vendas dos produtos nos próximos anos. “Vendas 2020”, “Pico de vendas” e “CAGR” o compõem;
- Grupo B (Custos): Grupo com critérios relacionados com os custos envolvidos com a realização do projeto. Envolvendo não apenas custos financeiros, mas também de mão de obra e tempo. O grupo engloba “Investimento”, “Investimento de força de trabalho” e “Duração”;

- Grupo C (Estratégico): Grupo que envolvem os critérios qualitativos que relacionam o produto ao alinhamento estratégico da empresa e seu posicionamento no mercado. “Alinhamento estratégico”, “Competitividade” e “Cenário externo” fazem parte desse grupo.

Com os critérios definidos e seus respectivos grupos, o próximo passo efetuado foi a atribuição de pesos relativos.

4.2 Modelagem

4.2.1 Atribuição de pesos por meio do método AHP

A criação do modelo, após as definições dos critérios que serão utilizados, iniciou-se pelo método AHP, o qual se obtém os pesos relativos dos critérios. O método AHP foi realizado seguindo os seguintes passos:

- Comparação par a par entre os critérios dos grupos (subcritérios) e entre os próprios grupos, por meio da tabela de importância proposta por Saaty (1990, 1991, 2008), a qual fornece uma escala de 1 a 9 das importâncias. Os seguintes resultados das comparações foram gerados, conforme as Tabelas 2 a 5.

Tabela 2 - Comparações par a par dos critérios do grupo "Vendas"

Grupo "Vendas"	Pico de vendas	Vendas 2020	CAGR
Pico de vendas	1	5	6
Vendas 2020	0,20	1	3
CAGR	0,17	0,33	1

Fonte: Autoria própria (2019)

Pode-se observar como exemplo de comparações do grupo “Vendas”, na Tabela 2, a importância relativa entre os critérios “Pico de vendas”, o qual tem uma importância de grau 5

(importância grande ou essencial, segundo o Quadro 1 presente no capítulo 2.2) com relação ao critério “Vendas 2020” e uma importância de grau 6 perante a “CAGR”. O inverso ocorre na diagonal oposta, os quais as comparações são inversamente proporcionais.

Tabela 3 - Comparações par a par dos critérios do grupo “Custos”

Grupo “Custos”	Investimento	Investimento força de trabalho	Duração
Investimento	1	3	5
Investimento força de trabalho	0,33	1	4
Duração	0,20	0,25	1

Fonte: Autoria própria (2019)

Com relação a Tabela 3, é possível observar que o critério com maior importância resultante do grupo “Custos” é o critério “Investimento”, que possui um grau 3 e 5 perante os critérios “Investimento força de trabalho” e “Duração”, respectivamente.

Tabela 4 - Comparações par a par dos critérios do grupo “Estratégico”

Grupo “Estratégico”	Alinhamento Estratégico	Competitividade	Cenário Externo
Alinhamento Estratégico	1	3	7
Competitividade	0,33	1	5
Cenário Externo	0,14	0,20	1

Fonte: Autoria própria (2019)

O Grupo “Estratégico” resulta em comparações que fornecem ao critério “Alinhamento Estratégico” o critério com maior importância relativa, sendo que, com relação ao critério “Competitividade”, ele possui uma importância pequena e com relação ao “Cenário Externo”, uma importância muito grande demonstrada.

Tabela 5 - Comparações par a par entre os grupos

Grupos	Grupo Vendas	Grupo Custo	Grupo Estratégico
Grupo Vendas	1	6	5
Grupo Custo	0,17	1	0,50
Grupo Estratégico	0,20	2	1

Fonte: Autoria própria (2019)

Os grupos “Vendas”, “Custo” e “Estratégico” quando comparados entre si, forneceram uma maior importância para os critérios do grupo “Vendas” (grau de importância 6 com relação a “Custo” e 5 com relação a “Estratégico”), seguido por “Estratégico”, que apresentou uma importância de grau 2 perante a “Custo”.

- b) Após todas as comparações par a par feitas, determinou-se o autovetor e o autovetor normalizado de cada um dos grupos. Com o auxílio de um software de planilha eletrônica, os autovetores e autovetores normalizados foram calculados, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Autovetores resultantes de comparações par a par de Saaty

Critérios	Grupo	Autovetores	Autovetores Normalizados (%)
Pico de Vendas	Vendas	0,70243	71,72
Vendas 2020	Vendas	0,19067	19,47
CAGR	Vendas	0,08626	8,81
Investimento	Custo	0,61285	62,67
Investimento de força de trabalho	Custo	0,27350	27,97
Duração	Custo	0,09154	9,36
Alinhamento Estratégico	Estratégico	0,63869	64,91
Competitividade	Estratégico	0,27447	27,90
Cenário Externo	Estratégico	0,07077	7,19
Grupo Vendas	Entre grupos	0,72127	72,58
Grupo Custo	Entre grupos	0,10139	10,20
Grupo Estratégico	Entre grupos	0,17103	17,21

Fonte: Autoria própria (2019)

- c) Os autovetores normalizados representam o peso de cada um dos critérios dentro do grupo. Contudo, o método AHP exige a análise de consistência, a fim de compreender se as comparações par a par dos critérios são consistentes. Para a análise de consistência de cada um dos grupos, primeiramente é encontrado autovetor máximo (λ_{\max}) e, com ele, o índice randômico (IC). A razão de consistência (RC) é calculada após com o auxílio da tabela de índice randômico proposta por Saaty (1987, 1991). O λ_{\max} , IC e RC resultante de cada um dos grupos encontra-se na Tabela 7. É considerável aceitável, pela literatura, quando a razão de consistência for menor que 0,10 comparando-se ao índice randômico. Caso haja inconsistência, é aconselhável refazer as comparações. A razão de consistência de todos os grupos e entre grupos foi inferior a 0,10.

Tabela 7 - $\lambda_{\text{máx}}$, IC e IR individuais dos grupos

Grupos	$\lambda_{\text{máx}}$	IC	RC
Grupo Vendas	3,094	0,047	8,10%
Grupo Custo	3,086	0,043	7,39%
Grupo Estratégico	3,065	0,032	5,59%
Comparação entre grupos	3,029	0,014	2,51%

Fonte: Autoria própria (2019)

4.2.2 Ranking das variáveis por meio do método PROMETHEE II

Com as razões de consistência válidas, os pesos de cada critério foram utilizados para o modelo de priorização feito pelo método PROMETHEE II.

O primeiro passo para a elaboração foi o desenho da matriz de entrada de variáveis e as respectivas atribuições de pesos de cada um dos critérios. O peso de cada um dos critérios se deu da multiplicação do peso do grupo em que o critério se encontra pelo próprio peso do critério, ou seja, uma multiplicação de subcritérios por critérios. O modelo foi desenvolvido como mostrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Modelo de entrada de dados de priorização de projetos

Peso Geral	52%	14%	6%	6%	3%	1%	11%	5%	1%
Critérios	Pico de Vendas	Vendas 2020	CAGR	Invest.	Invest. Força de Trabalho	Duração	Alinham. Estrat.	Compet.	Cenário Externo
Projeto 1									
Projeto 2									
Projeto n									

Fonte: Autoria própria (2019)

Sendo que, as unidades são:

- Pico de Vendas: Reais;
- Vendas 2020: Reais;
- CAGR: Percentual;
- Investimento: Reais;
- Investimento Força de Trabalho: Horas;
- Duração: Meses;
- Alinhamento Estratégico: Classificação de 1 a 5;
- Competitividade: Classificação de 1 a 5;
- Cenário Externo: Classificação de 1 a 5;

Cada critério possui uma função de preferência, as quais são distintas caso o critério seja benéfico ou não benéfico. Os critérios não benéficos são “Investimento”, “Duração”, “Investimento de força de trabalho” e “Cenário externo”. Com isso, a função de cada um dos critérios é calculada.

O modelo foi testado utilizando-se a entrada de sete projetos de produto fictícios, como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Entrada de dados fictícios na matriz proposta de PROMETHEE

Crítérios	Pico de Vendas	Vendas 2020	CAGR	Invest.	Invest. Força de Trabalho	Duração	Alinham. Estrat.	Compet.	Cenário Externo
Projeto 1	1000	700	7,4%	20	40	1	2	2	5
Projeto 2	2000	400	37,9%	30	30	0,5	4	4	2
Projeto 3	1000	700	7,4%	10	60	2	2	2	5
Projeto 4	1500	1300	2,9%	15	110	1,5	2	1	4
Projeto 5	2500	200	65,7	45	70	4	5	3	4
Projeto 6	5000	3000	10,7	70	150	3	5	5	4
Projeto 7	1200	1200	0,0%	5	20	0,5	3	2	3

Fonte: Autoria própria (2019)

Após se ter todos os projetos que estarão sob análise e as respectivas características dos mesmos, os cálculos do método PROMETHEE são realizados. A normalização da matriz foi realizada e os resultados presentes na Tabela 10 foram gerados.

Tabela 10 - Matriz normalizada para comparações par a par entre alternativas

Crítérios /Projetos	Pico de Vendas	Vendas 2020	CAGR	Invest.	Invest. Força de Trabalho	Duração	Alinham. Estrat.	Compet.	Cenário Extern.
Projeto 1	0	0,179	0,113	0,769	0,846	0,857	0	0,25	0
Projeto 2	0,25	0,071	0,578	0,615	0,923	1	0,667	0,75	1
Projeto 3	0	0,179	0,113	0,923	0,692	0,571	0	0,25	0
Projeto 4	0,125	0,393	0,044	0,846	0,308	0,714	0	0	0,333
Projeto 5	0,375	0	1	0,385	0,615	0	1	0,5	0,333
Projeto 6	1	1	0,164	0	0	0,286	1	1	0,333
Projeto 7	0,05	0,357	0	1	1	1	0,333	0,25	0,667

Fonte: Autoria própria (2019)

O próximo passo é a realização das comparações entre as alternativas (projetos). Com as comparações entre as alternativas, a função de preferência é encontrada, e, com isso, o cálculo do índice de preferência positivo e negativo, que indica a dominância sofrida pelo fluxo (negativo) ou dominância feita no fluxo (positivo). Assim, cada projeto tem um valor de fluxo de saída (positivo) e um de fluxo de entrada (negativo), encontrados na Tabela 11.

Tabela 11 - Fluxos de entrada e saída individuais por projeto

Projeto	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6	Projeto 7	Fluxo de Saída (+)
Projeto 1	0	0,025	0,007	0,033	0,065	0,079	0,007	0,036
Projeto 2	0,274	0	0,281	0,238	0,063	0,107	0,206	0,195
Projeto 3	0,010	0,035	0	0,032	0,067	0,082	0,007	0,039
Projeto 4	0,104	0,060	0,101	0	0,092	0,067	0,047	0,079
Projeto 5	0,380	0,129	0,280	0,336	0	0,096	0,320	0,273
Projeto 6	0,792	0,571	0,792	0,709	0,493	0	0,706	0,677
Projeto 7	0,117	0,067	0,115	0,086	0,114	0,103	0	0,100
Fluxo de Entrada (-)	0,280	0,148	0,279	0,239	0,149	0,089	0,216	

Fonte: Autoria própria (2019)

Para o cálculo da priorização, o fluxo resultante é calculado, que nada mais é do que o fluxo positivo subtraído do fluxo negativo. A ordem de priorização dos projetos com maior importância para os com menor importância é resultante da ordem decrescente do fluxo resultante, ou seja, quanto maior for o valor do fluxo resultante, mais priorizado esse projeto deverá ser, de acordo com a entrada de dados e definição dos critérios.

O fluxo resultante, juntamente com o ranking de priorização encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Ranking de priorização dos projetos

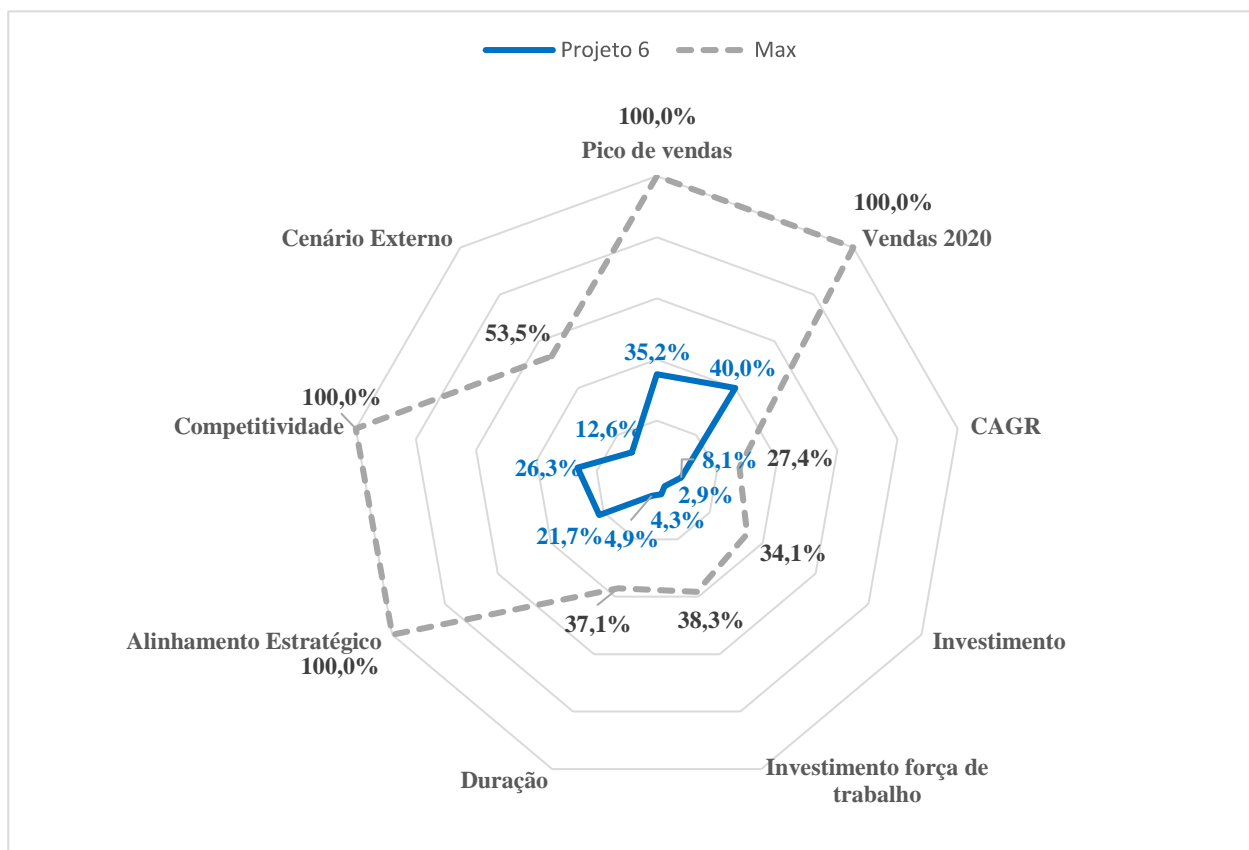
Projeto	Ranking de Priorização	Fluxo Resultante
Projeto 1	7	-0,2436
Projeto 2	3	0,0473
Projeto 3	6	-0,2404
Projeto 4	5	-0,1604
Projeto 5	2	0,1241
Projeto 6	1	0,5882
Projeto 7	4	-0,1152

Fonte: Autoria própria (2019)

4.3 Validação do Modelo

Como auxílio para validação do modelo, uma análise de sensibilidade da influência da alteração dos pesos dos critérios do método AHP no resultado final foi elaborada. Nela, os pesos foram expostos a variações e as possíveis alterações de preferência entre os projetos foi gerada, como pode-se ver na Figura 3.

Figura 3 - Análise de sensibilidade do projeto 6 perante a alteração de peso dos critérios



Fonte: Autoria própria (2019)

Pela análise de sensibilidade foi possível observar que os critérios “Alinhamento Estratégico”, “Competitividade”, “Pico de vendas” e “Vendas 2020” podem variar de peso, no modelo AHP, entre 0% a 100% que o resultado do projeto a ser priorizado não sofrerá alteração. Contudo, ao alterar os pesos dos outros critérios, os projetos resultantes são influenciados.

O critério “CAGR” pode variar entre 0% até no máximo 27,41%, sendo que, a partir deste ponto, o projeto “5” possui preferência em relação ao “6”. O mesmo ocorre com os critérios “Investimento”, “Investimento força de trabalho”, (que podem variar de 0% a 34,10% e 38,29%, respectivamente e o projeto “7” passa a ter preferência) e “Duração” e “Cenário Externo”, que podem variar de 0% a 37,10% e 53,52%, respectivamente, e o projeto “2” passa a ter preferência.

4.4 Verificação do Modelo

A fim de verificar a validade dos resultados encontrados nas planilhas eletrônicas, softwares dos métodos AHP e PROMETHEE foram utilizados, com os mesmos projetos de produto fictícios

propostos. Para o teste e validação do método AHP, o software “Transparent Choice”, já utilizado em mais de 800 estudos acadêmicos, foi escolhido e, para o PROMETHEE, o “Visual PROMETHEE Academic”, também muito utilizado em trabalhos científicos – mais de 1250.

Os resultados encontrados como resultado do software, para o método AHP, foram exatamente os mesmos aos encontrados no modelo realizado em planilhas eletrônicas, como mostrado na Tabela 13. Com isso, foi verificado que o modelo AHP construído trouxeram resultados válidos.

Tabela 13 - Resultados dos pesos dos critérios no software "Transparent Choice"








Critério	Peso Local	Peso Global
Grupo Custos	10%	10%
Duração	9%	1%
Investimento	63%	6%
Investimento Força de Trabalho	28%	3%
Grupo Estratégico	17%	17%
Alinhamento Estratégico	65%	11%
Cenário Externo	7%	1%
Competitividade	28%	5%
Grupo Vendas	73%	73%
CAGR	9%	6%
Pico de Vendas	72%	52%
Vendas 2020	19%	14%

Fonte: Autoria própria (2019)

Com relação aos resultados encontrados pelo software “*Visual PROMETHEE Academic*”, os resultados foram similares. O ranking de priorização foi exatamente o mesmo, porém, os fluxos

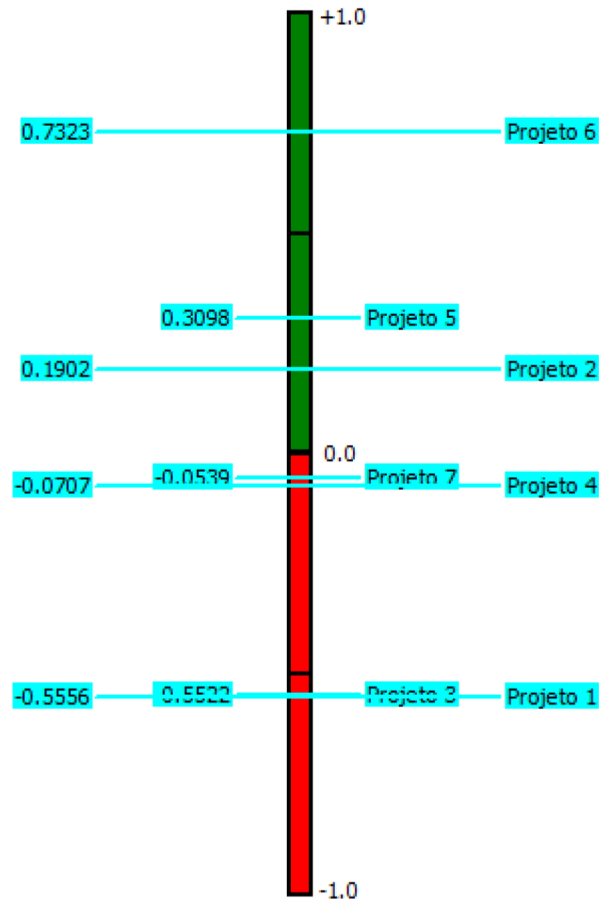
positivos e negativos (chamados de Phi no software), tiveram pequenas divergências, devido a arredondamentos realizados nas planilhas eletrônicas e no software. O resultado dos fluxos e o ranking de priorização pode ser observado nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Fluxos (+), (-) e *NET* resultantes do software “*Visual PROMETHEE Academic*”

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Projeto 6		0.7323	0.8552	0.1229
2	Projeto 5		0.3098	0.6397	0.3300
3	Projeto 2		0.1902	0.5842	0.3939
4	Projeto 7		-0.0539	0.4579	0.5118
5	Projeto 4		-0.0707	0.4444	0.5152
6	Projeto 3		-0.5522	0.1448	0.6970
7	Projeto 1		-0.5556	0.1431	0.6987

Fonte: “Visual PROMETHEE Academic” (2019)

Figura 5 - "Visual PROMETHEE Academic" ranking completo



Fonte: "Visual PROMETHEE Academic" (2019)

Com esse resultado, o modelo proposto pode ser validado, gerando os mesmos resultados de softwares já consolidados, tanto de AHP quanto de PROMETHEE.

5 CONCLUSÃO

A priorização de projetos é essencial para se ter a certeza de estar alocando recursos de maneira correta. Normalmente, as decisões de quais projetos serão realizados ou não, é uma tarefa da alta gerência das empresas. Com isso, como um suporte para a tomada de decisões da alta gerência, o modelo em questão foi proposto e elaborado.

O teste com sete projetos fictícios foi feito, as variáveis foram imputadas e o modelo rodado. A priorização proposta foi gerada e analisada, apresentando um ranking coerente com os projetos fictícios de entrada e com isso, validando o modelo.

O modelo teve boa percepção inicial, por apresentar variáveis de entrada simples, que são preenchidas de maneira fácil e o resultado obtido instantaneamente. Parte, também, da receptividade encontrada pela maioria dos decisores finais estarem presentes na decisão dos critérios.

Anteriormente, a companhia não possuía um modelo auxiliar propondo uma priorização de projetos. Os projetos a serem realizados eram selecionados apenas com uma variável de custo e uma de retorno, sem variáveis qualitativas e outras quantitativas importantes. Com isso, a confiabilidade na decisão de projetos não era satisfatória.

Portanto, o objetivo geral, que era fornecer um modelo robusto, integrando os métodos AHP e PROMETHEE II para facilitação e priorização de portfólio de projetos de produto foi realizado, assim como todos os objetivos específicos, fornecendo todo o suporte necessário na construção do modelo.

Conclui-se que a ferramenta foi utilizada e validada para os projetos fictícios e tem como próximos passos a implementação em projetos reais futuros da empresa, já no ano de 2020, e fornecerá um grande auxílio para a alta direção na seleção e priorização de projetos, tornando as decisões mais ágeis, acuradas e eficazes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, T. M.; COSTA, A. P. C. **Improving decision-making and management of hospital resources: An application of the PROMETHEE II method in an Emergency Department.** Operations research for health care, v. 3, p. 1-6, 2014.

BEHZADIAN, M. et al. **PROMETHEE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications.** European Journal of Operational Research, v. 200, n. 1, 198-215, 2010.

BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J.C; **Modelling and Simulation: Operations management research methodologies using quantitative modelling.** Internacional Journal of Operations & Production Management, v.22, n.2, p.241-264, 2002.

BRANS, J. **Ethics and decision.** European Journal of Operational Research, v. 136, p. 340-352, 2002.

BROWN, Shona L; EISENHARDT, Kathleen M. **Competing on the edge: strategy as structured chaos.** Boston: Harvard Business School Press, 1998.

CHIEN, C. **A portfolio evaluation framework for selecting R&D projects.** R&D Management, v.32, n.4, p.359-368, 2002.

CHUNG, C.A. **Simulation modeling handbook: a practical approach. Industrial and Manufacturing Engineering Series.** CRC Press: Washington, p. 608, 2004.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Best practices for managing R&D portfolios.** Research Technology Management, v. 41, n. 4, p. 20-33, 1998.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. **Portfolio Management for New Product Development.** R & D Management, v.31, n.4, p.361-380, 2001.

COSTA, H. **Introdução ao método de análise hierárquica (análise multicritério no auxílio a decisão)**. Niterói: UFF, 2002.

GHORABAEI, M. K.; AMIRI, M.; SADAGHIANI, J. S. **Multi-Criteria Project Selection Using an Extended VIKOR Method with Interval Type-2 Fuzzy Sets**. International Journal of Information Technology & Decision Making, v. 14, 2015.

GRANEMANN, S. R. e GARTNER, I. R. **Seleção de financiamento para aquisição de aeronaves: uma aplicação do método de análise hierárquica**. Rio de Janeiro, Revista Transportes, v. 6, n.1, p. 18-40, 1998.

GONÇALVES RW. **Métodos multicritérios como apoio à decisão em comitês de Bacias Hidrográficas** [Dissertação]. Fortaleza (CE). Universidade de Fortaleza, 2001.

LAWRENCE, Kirk. **Desenvolvendo Líderes em um Ambiente VUCA**, p. 2-3, 2013.

LEVINE, H. A. **Project portfolio management**. San Francisco: Jossey-Bass, 2005.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **The standard for portfolio management** – Fourth Edition, vol. 4, 2017.

SAATY, T.L., “**Rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process**”, Decision Sciences, Vol.18, No.2, pp.157-177, 1987.

SAATY, T.L. “**How to make a decision: The analytic hierarchy process**”, European Journal of Operational Research, Vol.48 No.1, pp.9-26, 1990.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, Ltda. Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.

SAATY TL. **Decision making with the analytic hierarchy process.** International Journal Services Sciences, vol. 1, N°1. pp. 83-98, 2008.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. **Métodos de Pesquisa.** 1ª ed., 120p, Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS, 2009.