



Utilização do Analytic Hierarchy Process (AHP) e do Método Borda para modelagem e estruturação de uma ferramenta de seleção de novos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na mineradora VALE S.A.

Marcos dos Santos
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br
CASNAV - IME - UFF

Duan Gomes de Azevedo
duan_gomeseng@hotmail.com
UNISUAM

Felipe O. M. J. Gurgel
fo.gurgel@gmail.com
PUC RJ

Carlos Francisco Simões Gomes
cfsg1@bol.com.br
UFF

Luiz Frederico Horácio Teixeira
frederico.horacio@gmail.com
CASNAV - UFF

Resumo: Para ser competitivo frente ao mercado, existe a necessidade de inovar cada vez mais e mais rápido. Isso gerou um movimento forte de investimentos por parte das empresas em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Inicialmente este P&D era desenvolvido no interior das empresas pelos profissionais nela inseridos. Esse tipo de inovação ficou conhecido como closed Innovation. Devido às limitações apresentadas por este modelo, surgiu o conceito de open innovation, criado por Henry Ches-Brugh, propondo uma cooperação em uma relação ganha-ganha com outras empresas, Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT), agências de fomento etc. Com a adoção do open innovation, foi possível que as empresas lançassem chamadas de propostas, para a realização de parcerias com ICTs, a fim de compartilhar seus desafios com a comunidade científica. Neste tipo de parceria, a empresa é responsável pelo financiamento dos projetos submetidos pelos pesquisadores das ICTs, que se tornam responsáveis pela execução da pesquisa. Assim, a possibilidade de obter tal financiamento fez com que diversos pesquisadores iniciassem um movimento de submissão de projetos a essas chamadas. Com isso, surgiu um novo problema de ordem prática - o de selecionar os projetos a serem financiados pois, dada a natureza incerta e de longo prazo dos resultados dos projetos de P&D, e da limitação de recursos das

empresas, é importante que sejam financiados projetos com melhor alinhamento as expectativas da empresa. Para atender a essa necessidade, esse trabalho visa propor uma ferramenta de seleção de novos projetos de P&D utilizando dois métodos multicritério: o método Borda e o método Analytic Hierarchy Process (AHP), permitindo assim uma classificação dos projetos, dentro de cada subportfólio, de acordo com a sua importância, conferindo à empresa mais segurança e transparência no processo de escolha dos projetos a serem financiados.

Palavras Chave: P&D - closed innovation - open innovation - Método Borda - Método AHP



1. INTRODUÇÃO

O movimento de busca por inovação iniciado pela crescente competitividade no mercado gerou a necessidade de altos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) pelas empresas. Segundo o manual de Frascati (2013), da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) – “Essa importância crescente da inovação se deve, entre outras razões, ao processo de globalização e ao rápido aumento do número de países e empresas que passaram a investir consistentemente em atividades de P&D”.

Os altos investimentos em P&D realizados pelas empresas podem ser explicados, também, por dois problemas, primeiro é o modelo de inovação utilizado. Algumas empresas utilizam o modelo chamado *closed Innovation*, ou inovação fechada, em português, segundo Chesbrugh (2003) a indústria era a principal fonte de financiamento de pesquisa para o uso comercial da ciência, e os laboratórios de P&D da indústria eram o principal local dessa pesquisa industrial. Isto significou utilização de capital próprio para financiar todos os projetos, capital intelectual, espaços e equipamentos para realização das pesquisas além de recursos humanos para gerenciar todas as atividades, como exposto na figura 1, era um sistema fechado.

Segundo Garcia (2017) apesar de a importância da inovação ser evidente para a sustentabilidade das organizações, sua operacionalização vem acompanhada de vários dilemas, entre elas a necessidade de alocar recursos financeiros em projetos de alto risco tecnológico e alto nível de incerteza. Desta forma manter um sistema de inovação fechada além de altamente dispendiosos, representa assumir altos riscos, assim surgiu um novo modelo de inovação.

Como forma de alavancar ainda mais a inovação e melhorar o modelo de inovação fechada, foi criado no século XX por Henry Chesbrugh o modelo de inovação aberta. Este modelo, conhecido por seu nome em inglês como *open innovation*, ressalta a capacidade que as organizações têm de articular, de forma efetiva, o uso de seus recursos internos e recursos externos (ideias, competências, projetos, infraestrutura, tecnologias, capital, dentre outros). Assim sendo, a inovação aberta propõe abrir as fronteiras da empresa para viabilizar inovações a partir de combinações interna e externa de recursos, tendo em vista dois objetivos principais: absorver recursos externos (gerados fora da empresa); permitir que os internos que não forem utilizados pelo negócio possam ser licenciados para fora, de forma que outras empresas tenham a oportunidade de aproveitá-los. (SANTOS, FAZION e MEROE, 2017).

Henry Chesbrough, que defende que:

“Inovação aberta significa que as ideias valiosas podem vir de dentro ou fora da empresa e pode ir para o mercado de dentro ou fora da empresa também. Esta abordagem coloca ideias externas e caminhos externos para o mercado no mesmo nível de importância que reservados para ideias internas e caminhos para o mercado durante a era de inovação fechada” (CHESBROUGH, 2003)

Mesmo com essas parcerias ainda sim o investimento em P&D necessário é muito grande, e sua característica de resultados de longo prazo e incertos dificulta ainda mais o retorno do investimento, dessa forma se torna essencial que o investimento seja feito de forma organizada e correta. Assim apresenta-se o segundo problema, que é a dificuldade na destinação de investimentos e escolha dos projetos que devem ser fomentados.

2. DEFINIÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA PROPOSTO

Segundo dados da Associação Nacional das Pequenas Empresas Inovadoras – ANPEI, cerca de 70% das empresas identificam que a inovação é uma das formas mais importantes para atingir e superar a concorrência e alcançar resultados satisfatórios nos negócios e com



isso atingem um índice de crescimento de aproximadamente 20% ao ano em relação às empresas que não buscam a inovação (NETO, 2012).

Através da análise schumpeteriana conclui-se que as empresas buscam a inovação tecnológica para aumentar seus lucros. No caso de uma inovação em processo produtivo, isto vai proporcionar à empresa uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes, aumentando-lhe, desta forma, a possibilidade de maior lucro. (SANTOS, FAZION e MEROE, 2017).

Porém como destaca Garcia (2017) apesar de a importância da inovação ser evidente para a sustentabilidade das organizações, sua operacionalização vem acompanhada de vários dilemas, entre elas a necessidade de alocar recursos financeiros em projetos de alto risco tecnológico e alto nível de incerteza. Além disso, de acordo com Monteiro (2008), a capacidade da empresa de conduzir vários projetos ao mesmo tempo é limitada, e por esta razão a empresa deve escolher com cuidado os projetos que devem ser executados.

A pesquisa e desenvolvimento (P&D) é uma importante forma de desenvolvimento que movimenta grandes quantias para desenvolvimento dos projetos, segundo o Manual de Frascatti (2013) “o critério fundamental que permite distinguir entre P&D e as atividades correlatas é a existência em P&D de um elemento de novidade, não insignificante, e a dissipação de incerteza científica ou tecnológica”, logo P&D aparece como uma atividade atraente para estudar e promover inovação.

Porém, este tipo de pesquisa assim como a inovação é extremamente dispendioso, além disso, Carvalho (2003) ainda explica que, este investimento tem retorno tipicamente de longa maturação. Tendo isto em mente, é de extrema importância que a escolha dos projetos de P&D a serem financiados seja feita de forma a garantir a melhor alocação do dinheiro, sendo assim, encarando como melhor modelo de inovação o *open innovation*, este trabalho visa criar uma ferramenta que permitirá uma melhor divisão orçamentária e um melhor seleção de projetos de P&D.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D)

O Manual de OSLO (2004), da OCED, traz que Pesquisa e desenvolvimento experimental (P&D) compreendem trabalho criativo executado de forma sistemática para aumentar o estoque de conhecimento, inclusive o conhecimento sobre o homem, a cultura e a sociedade e o uso desse estoque de conhecimento para imaginar novas aplicações. Já para o Manual de Frascati (2013) P&D é uma atividade de inovação tecnológica e pode ser realizada em diferentes estágios do processo de inovação, sendo usada não apenas como uma fonte de ideias inventivas, mas também para resolver os problemas que possam surgir em qualquer etapa do processo, até a sua conclusão.

Para Slack (2009) pesquisa e desenvolvimento é uma função formal encontrada em muitas empresas que sugere uma função dupla. A de pesquisa que usualmente significa procurar desenvolver ideias para resolver um problema ou aproveitar uma oportunidade. Desenvolvimento, que é o esforço para tentar utilizar e operacionalizar as ideias oriundas da pesquisa.

Segundo o Manual de Frascatti (2013) “o critério fundamental que permite distinguir entre P&D e as atividades correlatas é a existência em P&D de um elemento de novidade, não insignificante, e a dissipação de incerteza científica ou tecnológica”. Já a Norma ABNT 16502 diz que: “Entre as características que distinguem os projetos de PD&I de outros tipos de projeto, destaca-se o fato de que os resultados alcançados pelos próprios projetos de PD&I, pode diferir substancialmente dos objetivos iniciais. Entretanto, ainda que os resultados sejam



diferentes, o conhecimento deles decorrente ou o próprio resultado pode ser valioso para organização.”

O Manual de Frascati (2013) defende que a importância crescente da inovação se deve, entre outras razões, ao processo de globalização e ao rápido aumento do número de países e empresas que passaram a investir consistentemente em atividades de P&D. E que o P&D é cada vez mais imprescindível para a competitividade das empresas e dos países.

4.2. PESQUISA OPERACIONAL

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, em função da experiência obtida pelas Forças Aliadas sobre problemas logístico-militares, um grande número de organizações de pesquisa dedicou-se à análise e à preparação de decisões, usando a então recente Pesquisa Operacional. A partir disso, surge a necessidade imediata de otimizar custos, gastos e lucros. Com esse objetivo, desenvolveram-se diversos métodos estritamente matemáticos para que se encontrasse a solução ótima de um problema. (GOMES, 2004)

A partir da década de 1950, a programação do uso da pesquisa operacional nas indústrias foi beneficiada pelos avanços na teoria da otimização e pela descoberta de um algoritmo (SIMPLEX) para resolver problemas de programação linear (LONGARAY, 2013).

Longaray (2013) diz que a Pesquisa Operacional pode ser definida como um conjunto de técnicas que faz o uso do método científico para auxiliar as pessoas a tomarem decisões. Já a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO) traz, conforme a figura 4, que além do Método Científico, outras abordagens utilizadas pela Pesquisa Operacional (PO) como métodos envolvendo programação matemática, simulação, teoria dos jogos, teoria das filas, análise de redes, teoria de decisão, aprendizado de máquina e ciência dos dados são reconhecidos por sua poderosa capacidade de apresentar soluções efetivas para problemas aplicados.

A IFORS (*International Federation of Operational Research Societies*) defende que pesquisa operacional (PO) é a disciplina de aplicação de métodos analíticos avançados para ajudar a tomar melhores decisões. Ao usar técnicas como métodos de estruturação de problemas e modelagem matemática para analisar situações complexas, a PO dá aos executivos o poder de tomar decisões mais efetivas e construir sistemas mais produtivos.

4.3. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Saaty (1980) divide o método AHP em seis etapas, sendo elas: a). Definir o objetivo; b) Definir as alternativas; c). Definir os critérios relevantes para o problema de decisão; d). Avaliar as alternativas em relação aos critérios; e) Avaliar a importância relativa de cada critério; e f) Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Rossoni e Meireles (2011) afirmam que de acordo com Saaty (1991) o método propõe ao decisor que o problema de decisão, primeiramente, seja estruturado ou decomposto em partes, representando as partes em níveis hierárquicos, para facilitar a sua compreensão e visualizar a sua estruturação através de um modelo formal. O início da hierarquia representa um critério de síntese ou objetivo global, enquanto nos níveis sucessivamente inferiores colocam-se os critérios que apresentam algum impacto no critério do nível superior. No último nível da hierarquia, devem estar as alternativas consideradas (GOMES, 2004). Esta hierarquia foi sintetizada na figura 1.

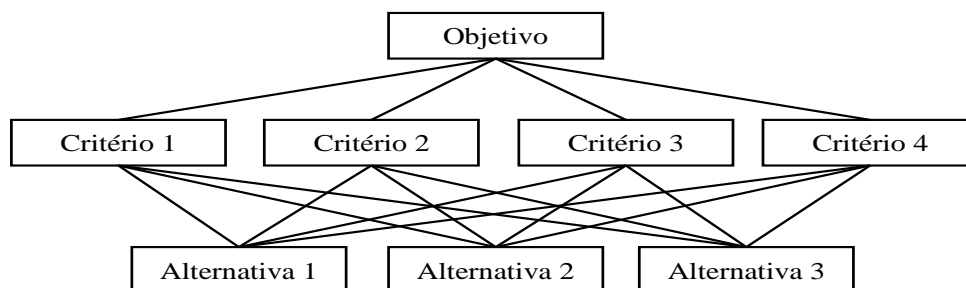


Figura 1: Estrutura do *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Fonte: Saaty (1991)

4.4. MÉTODO DE BORDA (CONTAGEM DE BORDA)

Segundo Cruz o método Borda foi desenvolvido por volta de 1870, pelo francês Jean-Charles Borda, e propunha corrigir algumas falhas do sistema de eleição tradicional, tais falhas, matemáticas, poderiam levar a eleição o candidato mais rejeitado.

Peter (2013) diz que em sua contagem, Borda sugeriu que o último candidato de preferência deveria receber 1 ponto, o penúltimo ranking do eleitor deveria ter 2 pontos, e assim por diante. Hoje, no entanto, os pontos são frequentemente atribuídos a preferências (primeiro, segundo, ..., último) como por $(n, n-1, \dots, 1)$ ou mais frequentemente, $(n-1, n-2, \dots, 0)$. Ao final, os pontos atribuídos pelos eleitores a cada alternativa são somados, e a alternativa que tiver obtido a maior pontuação é escolhida (SILVA, 2015).

Costa (2014) ainda diz que o algoritmo do método de Borda é em sua essência um algoritmo de ordenação, embora seja utilizado com frequência para a solução de problemas de escolha. Barba-Romero e Pomerol (1997) trazem uma nova visão para o método, dizendo que, o método Borda também pode ser aplicado a situações que envolvam múltiplos critérios de avaliação. Neste caso basta “substituir” os eleitores por critérios de decisão no método de Borda.

Costa (2014) sugeriu a utilização do método AHP como método estruturante para atribuição de pesos a serem integrados ao método de borda. Com isso ele adicionou uma etapa ao método assim como no método AHP, que é a etapa de julgamento dos critérios, permitindo a atribuição de pesos a cada um deles. Com a inclusão desta nova etapa, tem-se este novo roteiro de aplicação:

a) Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada; b) Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir; c) Definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas; d) Identificação do conjunto de critérios relevantes e organização dos mesmos em uma hierarquia ou árvore de critérios; e) Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos em cada critério, para cada uma das alternativas; f) Associar uma pontuação, número de ordem ou “score de ranking” a cada alternativa, considerando os julgamentos em cada critério; g) Atribuir pesos a cada um dos critérios: g.1) Coleta dos julgamentos de valor, quanto a importância relativa, avaliada par a par, dos critérios; g.2) Síntese dos dados obtidos dos julgamentos e análise da consistência, calculando-se a distribuição de importância dos critérios; g.3) Cálculo do índice de coerência (IC) e da razão de consistência RC; h) Para cada alternativa, efetuar a soma (ponderada pelos pesos dos critérios) dos números de ordem, obtendo um número de ordem global; i) Obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais.



5. VALE S.A.

A Vale S.A. é uma mineradora brasileira que atua em diversos países do mundo, de acordo com seu site ela está presente em cerca de 30 países ao redor do mundo. Segundo o Informativo MAIS (2017), publicação científica da mineradora, a Vale é a maior produtora mundial de níquel, minério de ferro e pelotas. Com o compromisso de contribuir para o avanço do conhecimento no Brasil, é uma das empresas privadas que mais investe em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, a fim de antecipar soluções, vencer futuros desafios e garantir que seus processos produtivos sejam cada vez mais eficientes e sustentáveis.

Para receber propostas de pesquisa e desenvolvimento, a Vale, por meio da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação criou um canal de recebimento de propostas, este é ativado ao ser lançado um edital ou disponibilizada uma nova frente de pesquisa. Este canal fica disponível para o público externo e interno, desta forma, toda a comunidade científica pode submeter propostas, desde que estas contribuam para a superação dos desafios da mineração, e por conta das características do P&D, os resultados devem ser de médio e longo prazo.

Em 2016 ocorreu a última chamada por meio deste canal da empresa, conta o analista de Desenvolvimento Tecnológico da Vale. Conforme o site da empresa, neste ano as propostas foram submetidas para temas considerados estratégicos, foram recebidas 260 propostas que ficaram distribuídas entre os 10 temas conforme a tabela 1.

Tabela 1: Distribuição de propostas recebidas pela Vale em 2016

Subportfólio	Propostas
Produtividade	95
Meio ambiente	50
Barragem e gestão de rejeitos	41
Automação	34
Saúde e segurança	12
Cavidade e canga	9
Comunidades	7
Transportador de correia	6
Umidade e poeira	6
Licença para operar	-
Total	260

Fonte: Vale (2018)

6. FERRAMENTA DE SELEÇÃO DE PROPOSTAS DE PROJETOS DE P&D

Esta ferramenta busca reduzir custos e aumentar o potencial de geração de conhecimento através da seleção de projetos mais aderentes aos objetivos da empresa e alinhados a demandas estratégicas de longo prazo. A ferramenta de seleção de projetos de P&D é dividida em quatro fases, conforme figura 2:



Figura 2: Fases da ferramenta de seleção de propostas de projetos de P&D

Fonte: Autores (2018)



Fase 1 – Preparação: propõe uma gestão de portfólio e a divisão dos projetos de P&D da empresa, sejam eles contratados, submetidos a contratação ou demandados em subportfólios temáticos, esta divisão permitirá que os projetos que envolvam o mesmo tema sejam agrupados aumentando a organização dos projetos e facilitando a gestão.

Fase 2 – Classificação das propostas: Com a combinação entre o método contagem de Borda e o método AHP, a intenção é gerar uma classificação dos projetos dentro de cada subportfólio.

Fase 3 - Divisão orçamentária: Utilizou-se do método APH para partilhar o orçamento do portfólio de projetos entre os subpotfólios, este método permitirá a destinação correta dos valores de acordo com a importância que cada subportfólio frente aos critérios de avaliação definidos.

Fase 4 – Seleção das propostas: Após a divisão orçamentária, os projetos serão selecionados conforme as notas conquistadas na etapa de classificação dos projetos, diminui-se o valor de cada projeto selecionado do valor destinado ao orçamento do subportfólio ao qual ele faz parte até que o orçamento seja esgotado.

7. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

7.1. Fase 1 - Preparação

Será responsável pela gestão de portfólio e a divisão do portfólio da empresa em subportfólios, caso a empresa ainda não possua este tipo de organização, nesses, os projetos serão alocados de acordo com a aderência ao subportfólio, figura 3 representa a divisão de projetos por subportfólios. Esta fase ajudará a fase 3 “Divisão orçamentária”, pois tendo a quantidade de propostas submetidas e a divisão destas em subpotfólios é possível fazer uma classificação dos subportfólios de acordo com sua importância perante aos critérios levantados, para então destina o orçamento para estes subportfólios, conforme sua classificação.

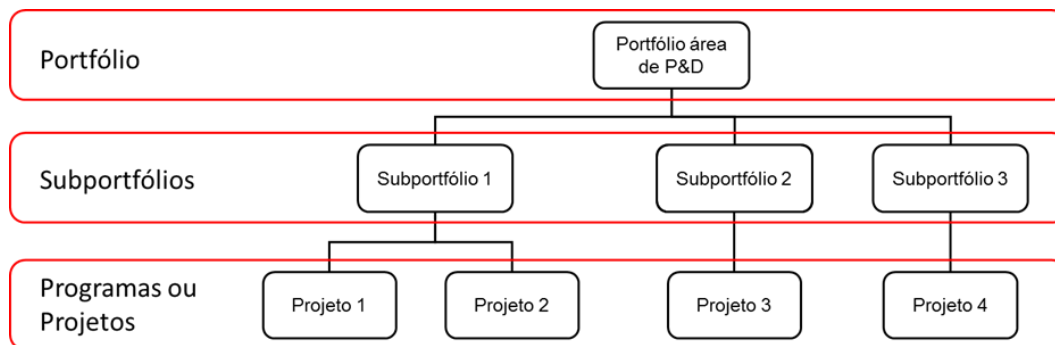


Figura 3: Hierarquia de gestão de projetos

Fonte: Autores (2018)

7.2. FASE 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSTAS

A classificação será feita pelo uso do método Borda com interação com o método AHP proposta por Costa (2004), por se tratar de um método ordinal, ao final da aplicação da ferramenta, espera-se obter uma classificação dos projetos. Esta classificação será utilizada na fase 4 “Seleção das propostas de projetos”. Como supramencionado no item 4.4, Costa (2014) dividiu o método de Borda-AHP em 9 etapas, aqui, as etapas serão explicadas buscando sua aplicação:

a) Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada



O objeto de estudo será a classificação das propostas de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) submetidas através de chamadas de propostas e divididas em subportfólio. Para todos estes os critérios de classificação serão os mesmos, após término do processo de classificação será iniciado a fase de Divisão orçamentária para a contratação das propostas.

b) Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir;

O foco principal é obter uma classificação das propostas de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), dentro de seu respectivo subportfólio submetidas através de chamadas de propostas feitas para a comunidade científica a fim de financiar projetos de pesquisa e desenvolvimento pautados na cooperação difundido no conceito de *open innovation*.

c) Definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas;

Os elementos a serem ranqueados são as propostas de projetos de P&D recebidas através de uma chamada de propostas aos pesquisadores, após serem alocadas e seus devidos subportfólios, estas propostas de projetos serão classificadas dentro do subportfólio a qual pertencem.

Para aplicar a fase 2 da ferramenta foram escolhidos dois projetos reais da empresa Vale alocados no subportfólio Meio Ambiente, aqui, estes projetos, serão chamados de projeto 1 e projetos 2 para que sejam mantidas suas confidencialidades.

d). Identificação do conjunto de critérios relevantes e organização dos mesmos em uma hierarquia ou árvore de critérios;

Para a avaliação dos projetos da empresa Vale, foram identificados, após entrevistas com um de seus analistas da Gerência de Tecnologia e Inovação, área responsável pela avaliação e contratação de projetos de P&D da empresa, como critérios os apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Critérios de seleção de projetos de P&D

Critério	Definição
Contribuição Estratégica	Capacidade de realização dos objetivos estratégicos da empresa.
Contribuição Econômica	Potencial de alavancar recursos ou reduzir custos.
Grau de inovação	Mede o quão nova é a solução a ser estudada ou criada, pergunta se existe a possibilidade de proteção da tecnologia ou produto.
Grau de sensibilidade	Mede como aquela proposta pode impactar negativamente a empresa caso seja estuda.
Grau de replicabilidade do projeto	Capacidade do projeto de ser aplicado em outras áreas da empresa
Grau de similaridade com o portfólio	Verifica a existência de projetos similares no portfólio, quanto maior a nota neste quesito, menor a quantidade de projetos similares.
Competência técnica da equipe	Capacidade da equipe de fazer pesquisa. Neste item serão avaliados os títulos dos integrantes do projeto, a sua quantidade de publicações (através da plataforma Lattes).

Fonte: Autores (2018)



e) Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos por cada avaliador, para cada uma das alternativas;

Para o julgamento dos avaliadores, foi estipulado que a alternativa com grande aderência ao critério julgado recebeu uma nota com valor nominal alto, podendo chegar ao máximo em caso de aderência máxima, assim, como consequência esta nota diminuiu de para projetos com menor aderência em relação ao critério avaliado. A escala utilizada foi da 0 a 10.

As avaliações foram feitas para dois projetos reais da empresa Vale, os projetos foram intitulados projeto1 e projeto 2 por questões de confidencialidade. Dois foram os avaliadores escolhidos, o Avaliador 1 é um funcionário da empresa que faz parte do time da Gerência Executiva de Tecnologia e Inovação, o Avaliador 2 é o autor, que após tomar conhecimento dos projetos se viu capaz de realizar avaliações. Estas avaliações são expostas na tabela abaixo:

Tabela 3: Julgamento das alternativas por critério dos avaliadores

Critérios	Projeto 1			Projeto 2		
	Avaliador 1	Avaliador 2	Soma	Avaliador 1	Avaliador 2	Soma
Contribuição Estratégica	8	9	17	6	7	13
Contribuição Econômica	6	7	23	7	8	15
Grau de inovação	10	9	19	6	7	13
Grau de sensibilidade	10	10	20	10	10	20
Grau de replicabilidade do projeto	10	10	20	7	6	13
Grau de similaridade com o portfólio	6	5	11	6	5	11
Competência técnica da equipe	6	6	12	7	7	14
Soma	56	56	112	49	50	99

Fonte: Autores (2018)

Os critérios “Grau de sensibilidade” e “Grau de similaridade com o portfólio” devem ser analisados com o pensamento inverso aos demais, ou sejam, quando maior for a aderência da proposta ao critério, menor deve ser nota dada, pois a existência de projetos sensíveis para a empresa e de projetos similares afetam negativamente a companhia.

f) Associar uma pontuação, número de ordem ou “score de ranking” a cada alternativa, considerando os julgamentos em cada critério; (maior nota a melhor alternativa).

Para esta fase, o método Borda sugere que, após a soma das notas por avaliador obtida para cada critério na etapa obtidas na etapa anterior, “Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos por cada avaliador, para cada uma das alternativas”, as alternativas sejam ranqueadas de forma que receba ordenação, onde o valor n, n sendo número de alternativas, seja dado para alternativa com maior nota, nota n-1 àquela alternativa considerada como a segunda melhor opção e nota n-2 àquela alternativa considerada como a terceira melhor opção, até chegar a nota n-(n-1) para a última alternativa.

Sendo n o número de alternativas, seria inviável adotar este tipo de prática para quantidades grandes, como no caso do subportfólio de Produtividade da Vale, tabela 1, onde foram submetidas 95 propostas para avaliação. Assim, ao invés de adotar a ordenação sugerida por Borda, serão utilizadas as notas obtidas na etapa “Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos por cada avaliador, para cada uma das alternativas” como as notas de julgamento.

g) Atribuir pesos a cada um dos critérios

g.1) Coleta dos julgamentos de valor, quanto a importância relativa, avaliada par a par, dos critérios;



Nesta parte foi feita a comparação entre os critérios elencados na tabela 2, esta comparação foi feita utilizando a Escala Fundamental de Saaty. As notas foram dadas conforme a correlação e importância do critério da linha, frente aos critérios dispostos nas colunas, quanto maior a nota na célula de interseção, maior é o grau de importância do critério disposto na linha frente ao da coluna. Os critérios inseridos na linha foram os mesmos inseridos na coluna, isso é feito para quando cada critério seja comparado um com o outros de acordo com sua importância.

A comparação entre os critérios da tabela 2 pode ser visualizada na tabela 4.

Tabela 4: Comparação dos critérios segundo a escala de Saaty

Crítérios	Contribuição Estratégica	Contribuição Econômica	Grau de inovação	Grau de sensibilidade	Grau de replicabilidade do projeto	Grau de similaridade com o portfólio	Competência técnica da equipe
Contribuição Estratégica	1	2	3	2	3	5	5
Contribuição Econômica	0,5	1	2	1	3	5	5
Grau de inovação	0,3333	0,5	1	0,3333	3	3	3
Grau de sensibilidade	0,5	1	3	1	7	7	5
Grau de replicabilidade do projeto	0,3333	0,3333	0,3333	0,1429	1	3	3
Grau de similaridade com o portfólio	0,2	0,2	0,3333	0,1429	0,3333	1	3
Competência técnica da equipe	0,2	0,2	0,3333	0,2	0,3333	0,3333	1
Soma	3,0667	5,2333	10	4,8190	17,6667	24,3333	25

Fonte: Autores (2018)

g.2) Síntese dos dados obtidos dos julgamentos e análise da consistência, calculando-se a distribuição de importância dos critérios;

Após feita a comparação entre os critérios é realizada a normalização da tabela encontrada. Este processo de normalização se faz somando as notas da coluna e dividindo os elementos da mesma por esta soma. Após a divisão de todos os elementos, é feita a soma dos novos valores, mas desta vez soma-se os valores da linha, assim entrou-se o Vetor Prioridade, que é o peso que cada critério recebeu. Após este processo encontrou-se os valores dispostos na tabela 5.

Tabela 5: Normalização da tabela 4

Crítérios	Contribuição Estratégica	Contribuição Econômica	Grau de inovação	Grau de sensibilidade	Grau de replicabilidade do projeto	Grau de similaridade com o portfólio	Competência técnica da equipe	Vetor Prioridade
Contribuição Estratégica	0,3261	0,3822	0,3	0,4150	0,1698	0,2055	0,2	0,2855
Contribuição Econômica	0,1630	0,1911	0,2	0,2075	0,1698	0,2055	0,2	0,1910
Grau de inovação	0,1087	0,0955	0,1	0,0692	0,1698	0,1233	0,12	0,1124
Grau de sensibilidade	0,1630	0,1911	0,3	0,2075	0,3962	0,2877	0,2	0,2494
Grau de replicabilidade do projeto	0,1087	0,0637	0,0333	0,0296	0,0566	0,1233	0,12	0,0765
Grau de similaridade com o portfólio	0,0652	0,0382	0,0333	0,0296	0,0189	0,0411	0,12	0,0495
Competência técnica da equipe	0,0652	0,0382	0,0333	0,0415	0,0189	0,0137	0,04	0,0358
Soma	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Autores (2018)

g.3) Cálculo da razão de consistência RC;

Visa provar que os valores encontrados condizem com a realidade e podem ser utilizados, para isso o valor encontrado no cálculo do RC deve ser menor que 0,1 (10%). Após feitos os cálculos, como pode ser ver abaixo, foi encontrado RC=0,0822, o que comprova que os pesos encontrados, ou vetor prioridade, dos critérios podem ser utilizados para análise.

Calculando IC:

$$IC = \left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right);$$

$$IC = \left(\frac{(3,0667 * 0,2855 + 5,2333 * 0,1910 + 10 * 0,1124 + 4,8190 * 0,2494 + 17,6667 * 0,0765 + 24,3333 * 0,0495 + 25 * 0,0358) - 7}{7 - 1} \right)$$

$$IC = \left(\frac{0,6511}{6} \right); IC = 0,1085$$

Calculando RC:

$$RC = \left(\frac{IC}{IR} \right); RC = \left(\frac{0,1085}{1,32} \right); RC = 0,0822$$

h) Para cada alternativa, efetuar a soma (ponderada pelos pesos dos critérios) dos números de ordem, obtendo um número de ordem global;

Os valores da coluna Nota, da tabela 6, foram obtidos pela soma da multiplicação do vetor prioridade, pesos, de cada critério pela nota de cada avaliador para os projetos na avaliação do determinado critério.

Tabela 6: Obtenção do número de ordem global

Crítérios	Projeto 1			Projeto 2		
	Avaliador 1	Avaliador 2	Nota	Avaliador 1	Avaliador 2	Nota
Contribuição Estratégica	8	9	4,8537	6	7	3,7116
Contribuição Econômica	6	7	2,4829	7	8	2,8648
Grau de inovação	10	9	2,1348	6	7	1,4607
Grau de sensibilidade	10	10	4,9872	10	10	4,9872
Grau de replicabilidade do projeto	10	10	1,5293	7	6	0,9941
Grau de similaridade com o portfólio	6	5	0,5443	6	5	0,5443
Competência técnica da equipe	6	6	0,4300	7	7	0,5017
Soma	56	56	16,9622	49	50	15,0644

Fonte: Autores (2018)

i) Obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais.



A ordenação das alternativas com base nos números de ordem globais está expressa na tabela 7.

Tabela 7: Classificação dos projetos

Classificação	Projeto	Nota
1	Projeto 1	16,9622
2	Projeto 2	15,0644

Fonte: Autores (2018)

7.3. FASE 3 - DIVISÃO ORÇAMENTÁRIA

A divisão orçamentária será feita em função dos subportfólios da Vale (Tabela 1), e para isso será utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Como já descrito anteriormente, o AHP é dividido em seis passos, e assim será dividido esta fase:

a) Definir o objetivo

O objetivo é a divisão do orçamento da empresa destinado a P&D, alocando no portfólio para os subportfólios, a importância destinada a cada um destes será definida através da multiplicação da pontuação obtida por cada subportfólio após submetidos a avaliação do método AHP pelo valor total do orçamento.

b) Definir as alternativas

As alternativas são o subportfólios da empresa Vale, dispostos na Tabela 1.

c) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;

Foram elencados 3 critérios, para a utilização no AHP com o objetivo de obter a definição da importância monetária destinada a cada um dos subportfólios, estes critérios serão baseados na gestão de projetos e no Manual de Frascati. Os critérios estão expostos na tabela 8.

Tabela 8: Critérios para divisão orçamentária

Critérios	Justificativa
Nível de importância do subportfólio para a estratégia organizacional	o gerenciamento de portfólios, gerenciamento de programas e gerenciamento de projetos estão alinhados ou são acionados por estratégias organizacionais. (PMBOK, 2013)
Capacidade do subportfólio de gerar sustentabilidade do negócio	Este critério está alinhado com a capacidade do subportfólio de manter a empresa em funcionamento da melhor forma possível, reduzindo os impactos a sociedade e ao meio ambiente, e mais do que isso, está alinhado também a capacidade que este subportfólio tem de manter o negócio mais competitivo no mercado visando a perpetuação da empresa.
Capacidade do subportfólio em gerar novos negócios ou inovações	As atividades de inovação tecnológica são o conjunto de diligências científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, incluindo o investimento em novos conhecimentos, que realizam ou destinam-se a levar à realização de produtos e processos tecnologicamente novos e melhores. (Manual de Frascati, 2015)

Fonte: Autores (2018)

d) Avaliar as alternativas em relação aos critérios;

Para realizar a avaliação das alternativas em relação aos critérios foi necessário fazer a comparação entre estas alternativas para cada um dos critérios utilizados, como foram escolhidos três critérios, foram feitas três análises em três matrizes diferentes, para fazer estas comparações utilizou-se a escala fundamental de Saaty. Feita a comparação, o processo seguinte foi a normalização das tabelas utilizadas. Para fazer todos os cálculos foi utilizada



uma planilha eletrônica, pois a quantidade de informação é grande, as tabelas geradas pela comparação alternativas e tabelas depois a normalização destas tabelas.

e) Avaliar a importância relativa de cada critério

Para avaliar a importância de cada critério foram dadas, conforme a tabela 9, compare os critérios entre si, para as notas de comparação foi utilizada a Escala Fundamental de Saaty.

Tabela 9: Matriz de comparação entre os critérios levantados no item 6.3.3

Crítérios	Nível de importância do subportfólio para a estratégia organizacional	Capacidade do subportfólio de gerar sustentabilidade do negócio	Capacidade do subportfólio em gerar novos negócios ou inovações
Nível de importância do subportfólio para a estratégia organizacional	1	1	5
Capacidade do subportfólio de gerar sustentabilidade do negócio	1	1	3
Capacidade do subportfólio em gerar novos negócios ou inovações	0,2	0,3333	1
Soma	2,2	2,3333	9

Fonte: Autores (2018)

Após a comparação feita na tabela 9, foi feita a normalização desta tabela, que consiste em dividir a nota de cada célula pela soma da coluna, com isso obteve-se a tabela 10, onde a coluna vetor prioridade corresponde ao peso de cada critério.

Tabela 10: Matriz de normalização da tabela 9

Crítérios	Nível de importância do subportfólio para a estratégia organizacional	Capacidade do subportfólio de gerar sustentabilidade do negócio	Capacidade do subportfólio em gerar novos negócios ou inovações	Vetor Prioridade
Nível de importância do subportfólio para a estratégia organizacional	0,4545	0,4286	0,5556	0,47956
Capacidade do subportfólio de gerar sustentabilidade do negócio	0,4545	0,4286	0,3333	0,40548
Capacidade do subportfólio em gerar novos negócios ou inovações	0,0909	0,1429	0,1111	0,11496
Soma	1	1	1	1

Fonte: Autores (2018)

Para provar que os valores encontrados na coluna Vetor Prioridade da tabela 10 são sustentáveis, foi feito o cálculo da Razão de coerência, como exposto abaixo:

Calculando IC:

$$IC = \left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right);$$

$$IC = \left(\frac{(2,2 \times 0,4796 + 2,3333 \times 0,4055 + 9 \times 0,1150) - 3}{3 - 1} \right)$$

$$IC = \left(\frac{0,0358}{2} \right); IC = 0,0179$$

Calculando RC:

$$RC = \left(\frac{IC}{IR} \right); RC = \left(\frac{0,0179}{0,58} \right); RC = 0,0309$$



Como o valor encontrado para RC foi menor que 0,1 (10%), os valores dos pesos são sustentáveis e podem ser utilizados para análise.

f) Determinar a avaliação global de cada alternativa.

O cálculo da avaliação global é feito pela soma da multiplicação do vetor prioridade do subportfólio, encontra a luz de cada critério. pelo vetor prioridade encontrado para o critério, encontrados na tabela 10, esta multiplicação gerou o valor encontrado nesta conta está na coluna Peso da tabela 11.

Afim de exemplo, caso o orçamento para contratação de novo projetos do portfólio fosse de R\$ 50 milhões, multiplicar-se-ia o valor correspondente do subportfólio na coluna peso pelo orçamento do portfólio, neste caso, R\$ 50 milhões. O valor da multiplicação foi apresentado na tabela 11, coluna “Divisão Orçamentária (Pesos x R\$ 50 MM)”.

Tabela 11: Matriz de divisão orçamentária

Subportfólio	Peso	Divisão Orçamentária (Pesos x R\$ 50 MM)
Produtividade	0,2160	R\$ 10.801.258,49
Automação	0,1890	R\$ 9.451.106,79
Transportador de correia	0,0946	R\$ 4.729.598,30
Meio Ambiente	0,0932	R\$ 4.661.663,39
Licença para Operar	0,0895	R\$ 4.475.775,07
Umidade e poeira	0,0828	R\$ 4.137.990,74
Comunidades	0,0768	R\$ 3.841.121,40
Cavidade e Canga	0,0756	R\$ 3.781.860,82
Barragem e gestão de rejeitos	0,0489	R\$ 2.442.797,02
Saúde e Segurança	0,0335	R\$ 1.676.827,97

Fonte: Autores (2018)

7.4. Fase 4 - Seleção das propostas de projetos

As propostas de projetos com melhor classificação na Fase 2 “Classificação das propostas” serão selecionadas nesta fase, porém, a quantidade de projetos dependerá diretamente do orçamento disponível em cada subportfólio, definido na fase 3 “Divisão do orçamento” e o orçamento de cada projeto. Isso quer dizer que, os projetos serão contratados do mais bem classificado seguindo para os posteriores, cada contratação consumirá uma parte do orçamento do subportfólio, a contratação seguirá até que este se esgote ou que a quantia disponível não seja suficiente para a contratação de nenhum projeto da lista. Em caso de saldo no subportfólio, o dinheiro deverá ser transferido para o orçamento do subportfólio classificado como mais relevante na Fase 3 do processo.

A tabela 11, tabela de classificação do subportfólio teve como subportfólio da Vale mais relevante o de Produtividade, portanto ele é o subpotfólio que recebeu a maior quantia em dinheiro, e é para ele que as sobra de orçamento de cada portfólio irá se destinar.

Os dois projetos analisado na fase de classificação de propostas, fazem parte do subportfólio de Meio Ambiente da empresa Vale, este subpotfólio, de acordo com o valor de orçamento fictício de R\$ 50 milhões (Cinquenta milhões de reais) receberia um orçamento de R\$ 4.661.663,39 (quatro milhões, seiscentos e sessenta e um mil, seiscentos e sessenta e três reais e trinta e nove centavos). Por uma questão de confidencialidade os valores dos projetos 1 e 2, reais, analisados neste trabalho não puderam ser divulgados, porém se a soma dos valores dos dois projetos chegasse a R\$ 1 milhão (um milhão de reais), o subportifólio de Meio Ambiente da empresa Vale ainda teria R\$ 3.661.663,39 (três milhões, seiscentos e sessenta e um mil, seiscentos e sessenta e três reais e trinta e nove centavos) para serem gastos na contratação de novos projetos submetidos.



8. CONSIFERAÇÕES FINAIS

Apesar de existirem diversas ferramentas de gerenciamento de portfólio e classificação de projetos, a ferramenta apresentada no trabalho propõe um modelo de seleção robusto de fácil aplicação que gera uma seleção confiável de projetos de pesquisa e desenvolvimento.

O método AHP se mostrou eficaz para a divisão do orçamento devido sua capacidade de traduzir os critérios seleção em números decimais que permitiram definir a quantia exata de dinheiro que cada subportfólio receberá a partir da simples multiplicação do valor obtido como peso, ou vetor prioridade, por cada subportfólio ao final da aplicação do método pelo orçamento que a empresa terá disponível para contratação de novos projetos.

O método Borda clássico foi o escolhido para se obter a classificação dos projetos inseridos dentro de cada subportfólio. Esta classificação visava obter através de notas os projetos que tinham maior importância dentro de seu subportfólio. Essa adaptação foi conseguida através da integração entre o método Borda clássico e o método AHP, que já foi utilizado na etapa de divisão orçamentária. Essa integração permitiu que os critérios elencados recebessem pesos de acordo com a importância, assim obtendo-se uma avaliação mais correta.

Foi possível concluir que a ferramenta de seleção de novos projetos de P&D atingiu um objetivo esperado, se mostrando uma ferramenta usual que traz transparência e robustez estruturando para o processo decisório e permitindo que melhores decisões sejam tomadas, resguardando o patrimônio da empresa

9. REFERÊNCIAS

BHUSHAN, N. RAI, K. Strategic Decision Making – Applying the Analytic Hierarchy Process. 2004, IX, 172 p., Hardcover

CARVALHO, R. Q. Por que as empresas são menos propensas a investir em P&D no Brasil, *Jornal da Unicamp - Campinas* - 2 a 8 de junho de 2003. Pg. 2

CHESBROUGH, H. W. Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology.1, ed. Massachusetts: Harvard Business School Press, 2003.

COSTA, H. G. De Borda-AHP: Integrando os Métodos de Borda e AHP. *Relatórios de pesquisa em engenharia de produção* v. 14, n.C1, p.1-10. Disponível em: <http://www.producao.uff.br/images/rpep/2014/c1%20BORDA%20AHP.pdf>. Acessado em: 18 de novembro de 2017.

CRUZ, C. H. B. Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: desafios para o período 2011 a 2015. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~brito/artigos/CTI-desafios-InteresseNacional-07082010-FINAL.pdf>. Acessado em: 13 de julho de 2017.

CRUZ, E. P. Metodologia Multicritério e Multidecisor: uma Proposta Aplicada à Seleção de Trabalhos Monográficos. Disponível em: <http://www.inovarse.org/filebrowser/download/9225>. Acessado em: 16 de novembro de 2017.

Emerson, Peter. “The original Borda count and partial voting.” *Social Choice and Welfare* 40 (2013): 353-358.

Garcia, C. Fomento à inovação: da ideia ao recurso. 1. Ed. São Paulo: Editora Pillares, 2017.

Garcia, C. Lei do Bem: como alavancar a inovação com a utilização dos incentivos fiscais. 2.ed. São Paulo: Editora Pillares, 2017.



GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos. Tradução técnica: Marcela Cecília González Araya. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. Tradução de: Toma de decisión en escenarios complejos.

Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Paris: OCDE, 2005 OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris.

MONTEIRO, A. Certificação PMP: Otimize seu tempo de estudo na preparação para a prova de Certificação PMP: concentre seus estudos nos tópicos mais cobrados nas provas de certificação: questões resolvidas e comentadas. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.

NETO, E. M. S. A aplicação da inovação como estratégia competitiva nas pequenas e médias empresas. 2012. 35. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012

OECD (2002), Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, Tradução: Frascati Manual 2002: Medição de atividades científicas e tecnológicas. F-INICIATIVAS, 2013.

OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Re-orting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris.

PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®). 5, ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013.

Rahman, H., Ramos, I. Open Innovation in SMEs: From Closed Boundaries to Networked Paradigm. Issues in Informing Science and Information Technology. v. 7, 2010.

ROSSONI, C., MEIRELES, M. Decisão Multicritério: uma Análise dos Resultados Obtidos pelos Métodos T-ODA e AHP. Disponível em: http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00293_PCN23709.pdf. Acessado em: 09 de novembro de 2017.

SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process and Health Care Problems. New York: McGraw-Hill. 1980.

SANTOS, A. B. A., FAZION, C. B., MEROE, P. S. Inovação: Um estudo sobre a evolução do conceito de Shumpeter. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/caadm/article/view/9014>. Acessado em: 10 janeiro de 2018.

SLACK, N. et.al. Administração da Produção. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOBRAPO. O que é pesquisa operacional? Disponível em: <http://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional>. Acessado em 11 de março de 2018

Vale S.A. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/Paginas/default.aspx>. Acessado em: 27 de abril de 2018.

Vale S.A. MAIS – Mineração: Atitude e Inovação Sustentável. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/mais/Paginas/default.aspx>. Acessado em: 04 de maio de 2018L