



Revista ADM.MADE

Revista do Mestrado em Administração e
Desenvolvimento Empresarial - Universidade
Estácio de Sá

Revista ADM.MADE, Rio de Janeiro, ano 16, v.20, n.2, p.23-40, maio/agosto, 2016

<http://dx.doi.org/10.21714/2237-51392016v20n2p023040>

Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial da Universidade
Estácio de Sá – Rio de Janeiro (MADE/UNESA). ISSN: 2237-5139

Conteúdo publicado de acesso livre e irrestrito, sob licença Creative Commons 3.0.

Editor responsável: Marco Aurélio Carino Bouzada

Benefícios e Riscos na Avaliação de Projetos de Pesquisa e de Desenvolvimento no Setor Elétrico Brasileiro

José Roberto Ribas¹

Luciana Fernandes Guimarães²

Camila Moura Caiaffa³

Artigo recebido em 12/11/2015 e aprovado em 02/03/2016. Artigo avaliado em *double blind review*.

¹ Doutor em Administração pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas (EAESP/FGV). Professor Adjunto IV da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Endereço: Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Prédio do Centro de Tecnologia - Bloco F / 1º andar - Ilha do Fundão - CEP: 21941-909 – Rio de Janeiro, RJ. Email: ribas@poli.ufrj.br.

² Mestre em Engenharia Civil pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Pesquisadora pela Fundação para o Desenvolvimento de Bauru (FUNDEB). Endereço: Rua Luis Belart, 101/301 - Ilha do Governador - CEP: 21941-100 – Rio de Janeiro, RJ. Email: lucianafg@poli.ufrj.br.

³ Mestre em Logística pela PUC-RIO, Engenheira da Assessoria de Projetos Especiais da Light Serviços de Eletricidade S/A. Av. Marechal Floriano, 168 – Bloco 4º - 2º andar – CEP: 20080-002 – Rio de Janeiro, RJ. Email: camilacaiaffa@hotmail.com.

Benefícios e Riscos na Avaliação de Projetos de Pesquisa e de Desenvolvimento no Setor Elétrico Brasileiro

A presente pesquisa tem, por objetivo, propor um procedimento metodológico para a classificação de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) no setor elétrico brasileiro relativamente a dois aspectos: o benefício e o número de prioridade de risco (NPR). O primeiro representa uma agregação de valor enquanto o segundo representa o risco associado. Os pesos para ambas as medidas são obtidos por meio da técnica multicritério *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP). O desempenho que cada projeto apresenta relativamente aos benefícios e aos riscos é mensurado por meio de uma escala ordinal de importância para os benefícios e de probabilidade de ocorrência versus impacto das consequências para os riscos. Ao final, os projetos são posicionados em um gráfico com eixos ortogonais, possibilitando análises absolutas e relativas. É apresentado um estudo de caso envolvendo a identificação de seis benefícios e seis eventos de risco aplicados a cinco projetos de P&D, com o intuito de demonstrar e de validar a metodologia proposta.

Palavras-chave: Projetos de P&D, Benefícios, Direcionadores de Risco, Números de Prioridade de Risco, Fuzzy AHP

Keywords: R&D Projects, Benefits, Risk Drivers, Risk Priority Numbers, Fuzzy AHP.

Benefits and Risks Assessment for the Brazilian Electric Industry R&D Projects

The present research aims at proposing a methodological procedure to rank Research and Development (R&D) projects in the Brazilian electric industry in respect of two issues: their benefit and risk priority number (RPN). The former means the value added and the later means the related risk. The weights of both measures are achieved through a multicriteria technique called Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). The performance of each project related to their benefits and risks are assessed by means of an ordinal scale of importance for benefits and the likelihood of occurrence versus the consequence impacts for risks. At the end, the projects are scattered in an orthogonal chart, making it possible to perform absolute and relative evaluation. Aiming at demonstrating and validating the proposed methodology, a case study was presented comprising the identification of six benefits and six risk events applied to five R&D projects is presented.

1. INTRODUÇÃO

A legislação brasileira determina que as empresas que atuam no mercado de energia elétrica no Brasil devem aplicar uma parcela de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento (P&D) tecnológico do setor de energia elétrica. São isentas dessa obrigação apenas as empresas autorizadas de produção independente que geram energia a partir de instalações eólica, solar ou de biomassa, ou de cogeração qualificada, ou pequenas centrais hidroelétricas. Conforme disposto no art. 4º da Lei nº 9.991/2000, os investimentos em P&D devem ser distribuídos do seguinte modo: (i) 40% devem ser recolhidos ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); (ii) 40% devem ser destinados à execução de projetos de P&D regulados pela ANEEL; (iii) 20% devem ser recolhidos ao Ministério de Minas e Energia (MME).

Segundo regulamentos estabelecidos pela ANEEL, esses projetos devem ser “destinados à capacitação e ao desenvolvimento tecnológico das empresas de energia

elétrica, visando à geração de novos processos ou produtos, ou o aprimoramento de suas características” (ANEEL, 2012, p.14). Os projetos podem ser desenvolvidos independentemente ou cooperativamente entre duas ou mais empresas, com instituições de ensino ou de pesquisa, com empresas de consultoria e com fabricantes de materiais e de equipamentos.

Para que os projetos de uma empresa sejam válidos como investimentos em P&D, é necessário enviar à ANEEL o escopo dos projetos, com informações a respeito dos resultados esperados, da sua aplicabilidade, dos custos previstos para sua execução, da expectativa de retorno financeiro, da pertinência do estudo a temas de interesse do setor elétrico, e do grau de inovação ou de avanço tecnológico pretendido.

Após seu encerramento, o projeto passa por uma avaliação dos resultados alcançados e dos gastos incorridos, para fins de aprovação do projeto e de reconhecimento dos investimentos realizados pela ANEEL. A análise dos resultados do projeto leva em conta os critérios originalidade, aplicabilidade, relevância e razoabilidade dos custos. A cada critério é atribuída uma pontuação que determinará a nota do projeto, a qual definirá sua aprovação, que pode ser total ou parcial, ou sua reprovação. No caso de projetos parcialmente aprovados ou reprovados, os gastos não reconhecidos devem ser estornados à conta de P&D e corrigidos pela taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC).

De modo a garantir que seus projetos estejam adequados aos requisitos da ANEEL e sejam relevantes para as concessionárias e para seus *stakeholders*, as primeiras selecionam projetos de pesquisa que sejam de interesse e, ao mesmo tempo, tenham chance razoável de obter aprovação total pela ANEEL.

Esse artigo propõe uma metodologia para identificar o benefício consolidado para a empresa executora e o risco agregado na forma do número de prioridade de risco (NPR) para cada projeto candidato a compor a carteira de projetos de P&D de uma instituição, com o propósito de permitir avaliar cada um deles sob a ótica do risco *versus* o retorno.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Risco em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento

Um risco é qualquer evento que pode afetar, positiva ou negativamente, os objetivos de um projeto. Qualquer obra de engenharia está sujeita a riscos e a incertezas. A escala de uma usina hidrelétrica está diretamente relacionada ao tamanho do impacto que um evento inesperado possa vir a causar, entretanto, não se limita apenas a isso.

A complexidade, o cronograma e a localização, dentre outros, também são fatores que interferem no perfil de risco. A usina está exposta a riscos desde o início da sua construção até a entrada em operação, sendo sua natureza e intensidade dinâmica vinculada ao estágio da obra e a eventos que, de modo combinado, podem vir a desencadear processo com resultados não planejados. Alguns desses eventos são incontroláveis e externos, muito vinculados ao clima e às condições geológicas. Outros são parcial ou totalmente controláveis, podem ser mitigados ou até mesmo evitados, a exemplo da segurança dos trabalhadores.

A identificação dos riscos se concentra naqueles que podem afetar o sucesso do projeto, e busca verificar suas características (TEOH; CASE, 2004). Trata-se de um processo iterativo, visto que outros podem ser descobertos durante todo o ciclo de vida do projeto. Dessa forma, a idéia principal do processo de identificação é determinar e analisar, de maneira preventiva, os fatores relevantes que poderiam acontecer e que apresentariam um impacto importante no alcance dos objetivos do projeto. Esse processo de identificação, quando bem feito, pode reduzir futuros custos e surpresas indesejadas ao longo da construção. Quanto mais tarde - ao longo da linha temporal do projeto - um dado risco for identificado, maiores serão os custos a que o empreendedor estará sujeito na implantação das medidas para sua mitigação.

A metodologia multicritério tem sido utilizada com sucesso na identificação e na análise de risco em projetos de inovação tecnológica (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005) e sua utilização nas fases iniciais do projeto tem proporcionado resultados úteis. O uso de conjuntos *fuzzy* associado a técnicas multicritério pode ser observado em projetos de pesquisa governamentais (HUANG; CHU; CHIANG, 2008) e tem se revelado de grande utilidade (PAN, 2008; ZAVADSKAS et al., 2008).

2.2 Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Para se decidir sobre qual método dentre os disponíveis para análise de decisão multicritério, ou na língua inglesa *Multiple-Criteria Decision Analysis* (MCDA), é mais adequado para a análise a ser desenvolvida na presente pesquisa, deve-se considerar que, quando as informações do processo decisório são baseadas em opiniões do decisor de um programa com relação aos critérios de escolha, há uma preocupação quanto às imprecisões e às ambiguidades dos processos de decisão.

O FAHP (CHANG, 1996) surge como uma solução para esse tipo de processo decisório, quando imprecisões dificultam uma tomada de decisão correta (TANG; BEYNON, 2005), tornando-o, portanto, mais eficiente que o método AHP. Ademais, sua vantagem sobre os métodos de sobreclassificação como o Promethee e o Electre é de que o trabalho de especificação do modelo é mais transparente, com a ressalva de que todos os elementos sejam comparáveis entre si (MONTIS et al., 2005).

O método a ser utilizado em casos desse tipo deve agregar, de maneira satisfatória, as avaliações dos diversos participantes do processo de decisão, bem como as imprecisões inerentes as essas avaliações (MEIXNER, 2011). A utilização do método AHP é enfraquecida quando são levadas em consideração as imprecisões existentes nas decisões.

Um determinado número *fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência $\mu_A(x)$ que, por sua vez, assume valores no intervalo $\{0,1\}$. Os números *fuzzy* triangulares são bastante utilizados, uma vez que têm simplicidade computacional que facilita o tratamento de dados (TANG; BEYNON, 2005).

Seja $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$ um conjunto de comparações pareadas entre critérios ou modalidades, de tal modo que $a_{ij} = \{l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}\}$ para uma função de pertinência triangular, representando os valores mínimo, médio e máximo, respectivamente.

Para as comparações pareadas reversas, supondo transitividade, $a_{ji} = \left\{ \frac{1}{l_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{u_{ij}} \right\}$.

Seja ainda um conjunto de números *fuzzy* pertinentes às comparações pareadas a_{ij} , conforme uma função triangular. Então a medida sintética *fuzzy* (S) para cada a_{ij} é determinada por:

$$S_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \odot \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right]^{-1} \quad (1)$$

Sendo $S_i = \{ l_i, m_i, u_i \}$.

Com as medidas sintéticas *fuzzy* (S) calculadas, fazem-se as comparações entre os S de cada um dos benefícios ou modalidades, por meio do cálculo de $V(S_i \geq S_j)$. Deve-se realizar esse cálculo dois a dois, entre todos os pares de benefícios ou modalidades possíveis.

Para verificar dois números *fuzzy* triangulares convexos, conforme a Figura 1, a exemplo de S_1 e S_2 , números esses que se interceptam, a equação (2) deve ser utilizada, na qual V representa a probabilidade de $M_1 \geq M_2$ (CHANG, 1996):

$$V(S_1 \geq S_2) = 1 \text{ se e somente se } m_1 \geq m_2 \quad (2)$$

$$V(S_2 \geq S_1) = \text{máx}(S_1 \cap S_2) = (l_1 - u_2) / [(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)] \quad (3)$$

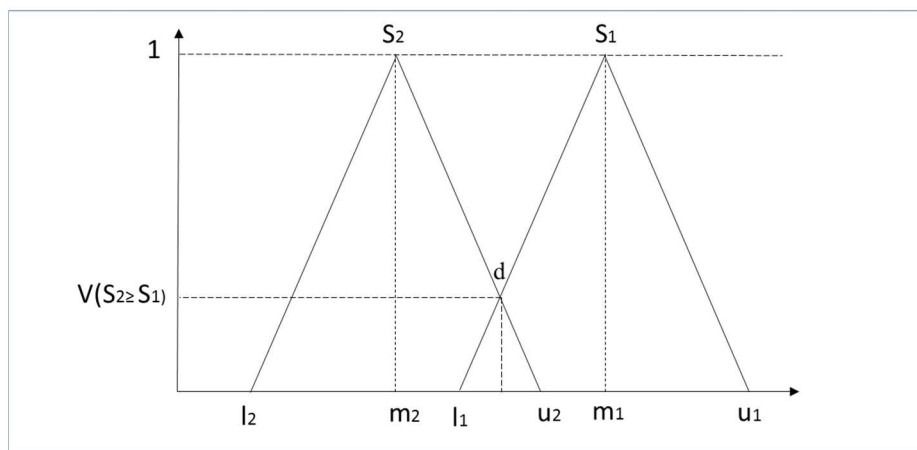


Figura 1 - Comparação entre dois números fuzzy (CHANG, 1996, p.651)

Supondo que tenhamos cinco benefícios, para determinar a probabilidade $d(C_1)$ de que o primeiro benefício "1" seja superior aos demais, procedimento este válido também para os riscos, comparam-se as medidas sintéticas fuzzy de S_1 com as demais S_2, S_3, S_4 e S_5 , conforme as equações [2] e [3], e adota-se o menor valor obtido destas comparações conforme a equação [4].

$$d(C_1) = V(S_1 \geq S_2, S_3, S_4, S_5) = \text{Min}(V(S_1 \geq S_2), V(S_1 \geq S_3), V(S_1 \geq S_4), V(S_1 \geq S_5)) \quad (4)$$

O vetor W , definido como $W = [d(C_1), d(C_2), d(C_3), d(C_4), d(C_5)]$, após ser normalizado, será o vetor das ordens de importância dos benefícios.

3. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

O procedimento consiste em três fases: a) identificação e cadastro das entidades; b) estimativa dos pesos dos benefícios e dos direcionadores de risco; c) estimativa dos desempenhos do projeto. As três fases são encadeadas, ou seja, será possível executar “2” apenas quando “1” tiver, no mínimo, dois benefícios e dois direcionadores de risco cadastrados. A execução de “3” depende de: i) que, em “1”, tenha sido cadastrado pelo menos um projeto; ii) “2” tenha sido executada. O intervalo de tempo entre as fases é variável e a atualização do cadastro de entidades pode ocorrer a qualquer momento (RIBAS, 2015).

3.1 Fase “1” – Identificação e cadastro das entidades

Os benefícios e os direcionadores de risco identificados são cadastrados com código e com identificação. Os projetos, por sua vez, possuem código, identificação, ano de início, duração e tipo de solução (ambiental, automação). A manutenção, significando inclusão, exclusão ou alteração, do banco de dados contendo essas três entidades ocorre de modo independente.

Visando a demonstrar a funcionalidade da metodologia proposta, optou-se por selecionar 12 critérios utilizados atualmente no processo de apreciação das propostas e de projetos (LIGHT, 2014), informação secundária que abrevia o tempo dispendido na condução das entrevistas. O Quadro 1 apresenta a lista de benefícios, e o Quadro 2 a lista de direcionadores de risco selecionados para especificar o presente estudo.

Quadro 1 – Relação dos Benefícios Esperados dos Projetos de P&D

Código	Título
B1	Sustentabilidade (apelo social, ambiental e financeiro)
B2	Solução tecnológica e facilidade de internalização
B3	Potencial de comercialização
B4	Publicação em anais de congresso e periódicos acadêmicos
B5	Capacitação de pessoal da empresa patrocinadora
B6	Obtenção de patente ou de registro de software

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2 – Relação dos Direcionadores de Risco dos Projetos de P&D

Código	Título
R1	Caráter de inovação tecnológica
R2	Desempenho progresso do executor
R3	Adequação da capacitação e disponibilidade da equipe executora
R4	Comprometimento do valor do projeto no orçamento de P&D
R5	Prazo adequado para o escopo pretendido
R6	Adequação dos recursos materiais, equipamentos e despesas

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Fase “2a” – Estimativa dos Pesos dos Benefícios

O método Simos (FIGUEIRA; ROY, 2002) para a manifestação das preferências de um decisor atua de forma objetiva nessa tarefa, pois preenche uma característica na comparação pareada que é desfavorável. Isso porque, conforme proposta por Saaty (SAATY, 1980), as avaliações devem ser realizadas duas a duas entre todos os elementos comparáveis. Esse requisito demanda trabalho considerável no exercício de avaliações quando o número de elementos é grande. Nesse aspecto em particular, o método Simos é mais rápido, uma vez que o encadeamento é sequencial.

Adotando este método, foram apresentadas, ao especialista de P&D, as seis cartas identificadoras, semelhantes a um baralho, contendo os títulos dos benefícios, constantes no Quadro 1. O especialista tinha também à sua disposição um total de 18 cartas em branco.

A primeira orientação estabelecida foi a seguinte: “Observando este conjunto de benefícios que a empresa espera de um projeto de inovação, qual dentre eles você acredita ser o de maior importância?”.

Uma vez selecionada a carta identificadora, a pergunta seguinte foi “Seguindo este mesmo princípio, qual seria o segundo em ordem de importância?”.

Tendo sido selecionadas as duas cartas identificadoras, a pergunta seguinte foi “Determine agora o grau de importância que o primeiro possui relativamente ao segundo. Uma carta branca entre os dois significará que um é pouco mais importante que outro, duas cartas brancas significarão que um é mais importante que outro, três cartas em branco significarão que um é muito mais importante que outro”.

Determinado o grau de importância, o processo prosseguia com a seleção da carta identificadora seguinte. Quando não existia preferência entre dois benefícios - ou seja, eram igualmente importantes - não ocorria separação com cartas em branco.

A Tabela 1 mostra a ordem de preferência na primeira coluna, a sequência ordinal de todas as cartas incluindo as brancas na segunda coluna, a sequência ordinal apenas das cartas identificadoras na terceira coluna e a posição média dos benefícios na quarta coluna. Para a escala de Saaty (1980; 2009), a posição média é convertida para a base 8 conforme pode ser observada na quinta coluna e, em seguida, calculada a pontuação de cada benefício verificada na sexta coluna (RIBAS, 2015).

Tabela 1 – Escores de Importância dos Benefícios

Ordem	Simos			Escala Saaty	
	Sequência	Posição	Média	Base 8	Pontuação
B6	1	1	1,0	2,1	2
branca	2	-	-	-	-
B4	3	2	2,0	3,1	3
branca	4	-	-	-	-
branca	5	-	-	-	-
B3	6	4	4,0	5,3	5
branca	7	-	-	-	-
branca	8	-	-	-	-
B5	9	6	6,0	7,4	7
branca	10	-	-	-	-
B2	11	7	7,5	9,0	9
B1	12	8	7,5	9,0	9

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pontuação dos benefícios representada na última coluna da Tabela 1 é utilizada para compor a matriz de importâncias relativas da Tabela 2, observando que a diagonal principal é igual a 1 e que as células abaixo da diagonal representam os valores inversos das suas posições simétricas superiores.

Tabela 2 – Graus de Importância dos Benefícios na Escala de Saaty (1980; 2009)

	B1	B2	B5	B3	B4	B6
B1	1	1	3	5	7	8
B2	1/3	1	3	5	7	8
B5	1/3	1/3	1	3	5	6

B3	1/5	1/5	1/3	1	3	4
B4	1/7	1/7	1/5	1/3	1	2
B6	1/8	1/8	1/6	1/4	1/2	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

O procedimento Fuzzy AHP (CHANG, 1996; ZHUA; JINGA; CHANG, 1999; LEUNGA; CAOB, 2000) é aplicado a partir de dois elementos de entrada; a matriz da Tabela 2 traduz os graus de importância entre os pares de benefícios; e o grau de fuzzificação indica o deslocamento nestes valores, considerados como modais ou *crisp*⁴.

Dadas as características subjetivas da priorização pelo método Simos, optou-se por adotar valor igual a 3, deslocamento esse capaz de inverter as preferências entre dois elementos quando um deles é um pouco mais importante que o outro. Os resultados para os pesos não normalizados dos benefícios após a aplicação do método estão exibidos na Tabela 3. Eles refletem, em última análise, o grau de importância relativo que cada qual possui quando comparado aos demais.

Tabela 3 – Vetor de Pesos para os Benefícios

B1	B2	B3	B4	B5	B6
1,00000	1,00000	0,64263	0,39198	0,93041	0,23494

Fonte: Elaborado pelos autores.

Verifica-se que “sustentabilidade (apelo social, ambiental e financeiro)” e “solução tecnológica e facilidade de internalização” seguidos por “potencial de comercialização” são julgados pelo especialista em P&D como os resultados mais importantes que ele espera de um projeto de P&D.

3.3 Fase “2b” – Estimativa dos Pesos dos Direcionadores de Risco

Do mesmo modo, as seis cartas identificadoras dos direcionadores de risco e outras 18 cartas em branco foram apresentadas ao especialista de P&D contendo seus títulos conforme o Quadro 2. A primeira orientação estabelecida foi a seguinte: “Observando esse conjunto de direcionadores de risco que ameaçam os resultados esperados para um projeto de inovação, qual dentre eles você acredita ser aquele que mais compromete tais resultados?”.

Uma vez selecionada a carta identificadora, a pergunta seguinte era “Seguindo este mesmo princípio, qual seria o segundo em ordem de importância?”.

Tendo sido selecionadas as duas cartas identificadoras, a pergunta seguinte foi “Determine agora o grau de prioridade relativo a ser dedicado na mitigação que o primeiro

⁴ A denominação *crisp* é utilizada para indicar valores não *fuzzificados*. Portanto, representa os resultados modais decorrentes de um grau de *fuzzificação* (δ) igual a zero.

apresenta relativamente ao segundo. Uma carta branca entre os dois significará que a prioridade de um é pouco maior que a do outro, duas cartas brancas significarão que a prioridade de um é maior que a do outro, três cartas em branco significarão que a prioridade de um é muito maior que a do outro”.

Determinado o grau de prioridade, o processo prosseguia com a seleção da carta identificadora seguinte. Da mesma forma, quando não existia preferência entre dois direcionadores de risco, por ambos possuírem igual prioridade, não ocorria separação com cartas em branco.

A Tabela 4 mostra a ordem de preferência para os riscos cuja apresentação é semelhante aos valores apresentados na Tabela 1 para os benefícios.

Tabela 4 – Graus de Prioridade entre Direcionadores de Risco

Ordem	Simos			Escala Saaty	
	Sequência	Posição	Média	Base 8	Pontuação
R4	1	1	1	1,8	2
branca	2	-	-	-	-
branca	3	-	-	-	-
R5	4	3	3	3,4	3
branca	5	-	-	-	-
branca	6	-	-	-	-
R2	7	5	5	5,0	5
branca	8	-	-	-	-
R3	9	6	6	5,8	6
branca	10	-	-	-	-
R6	11	7	7	6,6	7
branca	12	-	-	-	-
branca	13	-	-	-	-
branca	14	-	-	-	-
R1	15	10	10	9,0	9

Fonte: Elaborado pelos autores.

A pontuação dos direcionadores de risco pela escala Saaty apresentada na última coluna da etapa 3 é aquela cujas diferenças relativas formam a Tabela 5.

Tabela 5 – Graus de Importância dos Direcionadores de Risco na Escala de Saaty

	R1	R6	R3	R2	R5	R4
R1	1	3	4	5	7	8
R6	1/3	1	2	3	5	6
R3	1/4	1/2	1	2	4	5
R2	1/5	1/3	1/2	1	3	4
R5	1/7	1/5	1/4	1/3	1	2
R4	1/8	1/6	1/5	1/4	1/2	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

O procedimento Fuzzy AHP (ZHUA; JINGA; CHANG, 1999) é também aplicado a partir da matriz da Tabela 5 e do grau de *fuzzificação* igual a 3. Os resultados para os pesos não normalizados dos direcionadores de risco encontram-se na Tabela 3. Estes valores são estimativas dos números de prioridades de risco (NPR), e refletem o produto entre a probabilidade e o impacto das consequências.

Tabela 6 – Vetor de Pesos para os Direcionadores de Risco

R1	R2	R3	R4	R5	R6
1,00000	0,63696	0,75426	0,22146	0,41596	0,85195

Fonte: Elaborado pelos autores.

O “caráter de inovação tecnológica”, seguido da “adequação dos recursos materiais, equipamentos e despesas” são os direcionadores com maior NPR, e, portanto, aqueles que devem ser preferencialmente atendidos de maneira satisfatória pelo projetos - ou, na impossibilidade, mitigados pelos gestores de P&D.

3.4 Fase “3a” – Relação dos Projetos Avaliados

Os cinco projetos que serão avaliados quanto aos benefícios que proporcionam e quanto aos riscos a que estão sujeitos estão descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Relação de Projetos Avaliados

Código	Título	Descrição
P1	Otimização de investimentos em novas tecnologias de perdas	Sistema de <i>clusterização</i> geoelétrica por retorno econômico a cada tipo de investimento de redução de perdas (ações convencionais, blindagem de rede e novas tecnologias - <i>smart meters</i>) e de otimização por modelagem matemática para priorização dos investimentos
P2	Modelo de Inteligência Estratégica	Desenvolvimento de um modelo integrado de inteligência, risco e inovação apoiando a alta direção da empresa nos seus processos decisórios, minimizando riscos e alavancando oportunidades.
P3	Compensação de Potência Reativa Distribuída em Baixa Tensão	Metodologia para a compensação reativa na rede de distribuição de baixa tensão, considerando aspectos como padrões de consumo e suporte técnico às principais classes de consumidores.
P4	Gerenciamento de Identidade e Autenticação Única	Desenvolvimento de um portal de autoatendimento para os usuários, com sincronismo de senha entre os sistemas implementados, integração e correlação dos logs do ambiente de gerenciamento de identidade e SAP, para combate a fraudes internas
P5	Qualidade da Água, Biomanipulação, Sentinelas Ambientais em Reservatórios	Ações em reservatórios de aprimoramento da avaliação da qualidade de água; avaliação dos estoques existentes de nutrientes; prognóstico ambiental; manejo ambiental através da biomanipulação; sentinelas ambientais.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.5 Fase “3b” – Desempenho dos Projetos quanto aos Benefícios

A importância que os benefícios representam para cada projeto é medida por meio de desempenhos (ZAVADSKAS et al., 2008). No aspecto dos benefícios, os níveis a serem considerados são: 0 - não é aplicável; 1 - abaixo do esperado; 2 - atende ao esperado; 3 - supera o esperado.

A Tabela 7 contém as estimativas subjetivas para cada um dos cinco projetos, manifestadas pelo especialista de P&D, relativas aos seis benefícios. O projeto P2, por exemplo, proporcionará benefícios de sustentabilidade à empresa patrocinadora dentro do esperado.

Tabela 7 – Desempenhos dos Projetos relativos aos Benefícios

Código	Título	P1	P2	P3	P4	P5
B1	Sustentabilidade (apelo social, ambiental e financeiro)	3	2	2	0	3
B2	Solução tecnológica e facilidade de internalização	2	2	2	1	2
B3	Potencial de comercialização	2	2	2	1	1
B4	Publicação em anais e periódicos acadêmicos	2	2	2	1	2
B5	Capacitação de pessoal da empresa patrocinadora	1	2	2	1	1
B6	Obtenção de patente ou de registro de software	2	1	1	1	2

Fonte: Elaborado pelos autores.

O valor do benefício consolidado para cada projeto é obtido por meio da soma dos produtos do vetor de pesos para os benefícios da Tabela 3 e dos desempenhos dos projetos relativos aos benefícios da Tabela 7. O valor de referência é resultado da mesma soma de produtos. Esse valor pode ser estabelecido *ad hoc* ou, no presente estudo, representado pelo escore médio dentre aqueles atribuídos pelo especialista, no caso igual a 1,67. A Tabela 8 contém os valores dos benefícios consolidados por projeto.

Tabela 8 – Valor dos Benefícios Consolidados por Projeto e Referência

P1	P2	P3	P4	P5	Ref.
8,47	8,16	8,16	3,20	7,83	7,00

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.6 Fase “3c” – Desempenho dos Projetos quanto aos Direcionadores de Risco

Quanto aos direcionadores de risco, os níveis são: 0 - não aplicável; 1 - probabilidade baixa e impacto baixo; 2 - probabilidade baixa e impacto alto; 2 - probabilidade alta e impacto baixo; 3 - probabilidade alta e impacto alto.

A Tabela 9 exibe as expectativas do especialista de P&D para cada um dos cinco projetos, para os seis direcionadores de risco. O projeto P1, por exemplo, está sujeito a uma alta probabilidade de que os objetivos de inovação tecnológica não venham a ser atendidos, assim como o impacto decorrente das consequências do não cumprimento desse requisito é considerado elevado.

Tabela 9 – Desempenhos dos Projetos relativos aos Direcionadores de Risco

Código	Título	P1	P2	P3	P4	P5
R1	Caráter de inovação tecnológica	3	1	1	3	1
R2	Desempenho progresso do executor	3	1	1	3	1
R3	Adequação da capacitação e disponibilidade da equipe executora	1	1	1	1	1
R4	Comprometimento do valor do projeto no orçamento de P&D	3	1	1	3	1
R5	Prazo adequado para o escopo pretendido	3	1	1	3	1
R6	Adequação dos recursos materiais, equipamentos e despesas	1	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

O número de prioridade de risco para cada projeto é obtido por meio da soma dos produtos do vetor de pesos para os direcionadores de risco da Tabela 6 e os desempenhos dos projetos relativos aos riscos da Tabela 9. Assim como no cálculo dos benefícios, o valor de referência é resultado da mesma soma de produtos, por julgamento *ad hoc* ou, também aqui, obtido pelo escore médio dentre aqueles atribuídos pelo especialista, no caso igual a 1,53. A Tabela 10 apresenta os valores por projeto.

Tabela 10 – Números de Prioridade de Risco por Projeto e Referência

P1	P2	P3	P4	P5	Ref.
8,43	3,88	3,88	8,43	3,88	5,95

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.7 Fase “3d” – Comparação Gráfica Relativa entre Projetos

Os benefícios consolidados e os números de prioridade de risco são indicados em forma de coordenadas, nas quais os primeiros são localizados no eixo das ordenadas e os últimos no eixo das abscissas. São inseridos, ainda, os valores de referência.

A representação no Gráfico 1 facilita a análise bidimensional de posicionamento dos projetos quanto ao benefício e risco.

O quadrante superior esquerdo contém os projetos que agregam valor acima da média e que representam baixo risco relativo: P2, P3 e P5. Segundo o critério de julgamento do especialista em P&D, são considerados como prioritários e devem ser encaminhados para contratação e posterior execução. Nesse caso, a coordenação e o acompanhamento devem ser minuciosos para garantir que objetivos, metas e produtos pretendidos sejam atendidos conforme o esperado. Reavaliações dos projetos deverão ocorrer ao longo do cronograma até o encerramento, havendo a entrega dos produtos no modo como foram previstos.

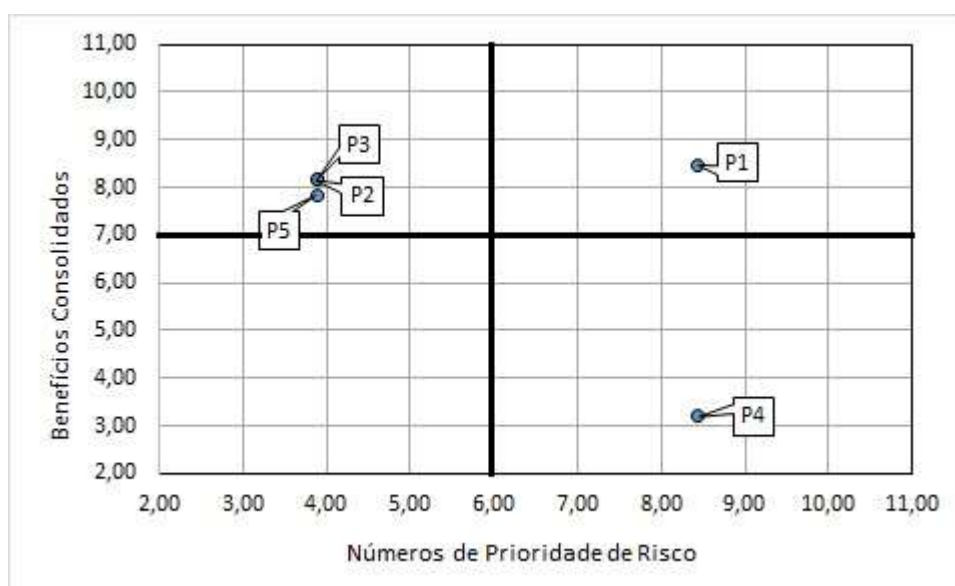


Gráfico 1 – Posicionamento dos Projetos quanto aos Benefícios e aos Riscos

Fonte: Elaborado pelos autores.

O quadrante superior esquerdo contém os projetos que agregam valor acima da média e que representam baixo risco relativo: P2, P3 e P5. Segundo o critério de julgamento do especialista em P&D, são considerados como sendo prioritários e devem ser encaminhados para contratação e posterior execução. Nesse caso, a coordenação e o acompanhamento devem ser minuciosos para garantir que objetivos, metas e produtos pretendidos sejam atendidos conforme o esperado. Reavaliações dos projetos deverão ocorrer ao longo do cronograma até o encerramento, havendo a entrega dos produtos no modo como foram previstos.

O quadrante superior direito exibe o projeto P1, o qual apresenta superioridade na geração de benefícios para a empresa patrocinadora, entretanto se caracteriza por elevado risco de não conformidade. Isto quer dizer que, muito provavelmente, dois elementos poderão vir a comprometer a forte agregação de valor proposta pelo projeto: riscos de impossibilidade de atender o caráter de inovação tecnológica (não representa uma solução inovadora), ou a impraticabilidade de execução adequada com os recursos materiais, com os equipamentos e com as despesas - elementos direcionadores de risco que dominam o vetor

de pesos. Nesse caso, caberá à empresa avaliar sua propensão a assumir tal risco, e, portanto, a intenção de levar adiante sua contratação e sua execução, o que demandará esforço adicional de coordenação e de acompanhamento.

O quadrante inferior direito exibe o projeto P4, o qual apresenta baixa proposta de agregação de benefícios e, ademais, elevado risco de não conformidade. Nesse caso, a empresa deve considerar fortemente a possibilidade de abandonar essa solução, não prosseguindo com sua contratação. Eventualmente deverá passar por uma reestruturação ou ser executado em outro contexto, distinto dos projetos de P&D.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como em todos os processos empresariais, a busca pela racionalização encontra soluções que proporcionam resultados satisfatórios na padronização de critérios, na gestão dos objetivos, e no cuidado em se adotarem métodos transparentes para escolher projetos de P&D. A proposta de uma metodologia para esse processo tem como objetivo tentar se distanciar da improvisação, da decisão sem explicação racional e do risco de que ocorra algo de errado. No entanto, a racionalização esbarra na complexidade, na subjetividade dos critérios, na forte influência da cultura organizacional, na especificidade das situações, na necessidade de diversificação e na conjuntura econômica e social.

A utilização da análise multicritério com lógica fuzzy se revela como um meio analítico para hierarquizar e mapear tais riscos na sistemática de avaliação e de seleção de projetos de P&D. A proposta de um procedimento sistemático para a coleta de dados e para a execução de uma metodologia de gestão de riscos específicos para as empresas de energia elétrica preencherá essa lacuna e propiciará adotar tais iniciativas. O objetivo principal será propor tal metodologia, viabilizada por meio do julgamento de especialistas, tendo os riscos caracterizados pelo NPR para cada projeto.

Um risco é qualquer evento que pode afetar, positiva ou negativamente, os objetivos de um projeto, e uma concepção inovadora é campo fértil para riscos e incertezas. A dimensão de um projeto de P&D está diretamente relacionada ao tamanho do impacto e à probabilidade de que um evento imprevisto possa vir a causá-lo, entretanto, não se limita apenas a isso. A complexidade, o cronograma, a forma de gestão, dentre outros, também são elementos que interferem no perfil de risco. Alguns desses eventos são incontrolláveis, externos, muitos deles vinculados a mudanças regulatórias e a reorientações de variáveis macroeconômicas. Outros são parcial ou totalmente controláveis, podem ser mitigados ou até mesmo evitados, a exemplo da conformidade dos serviços desempenhados pelas instituições executoras.

Portanto, a identificação dos direcionadores de risco se concentra naqueles que podem afetar o sucesso do projeto, e busca verificar suas características. Trata-se de processo iterativo, visto que outros podem ser descobertos durante todo o ciclo de vida do projeto. Dessa forma, a ideia principal do processo de identificação é determinar e analisar, de maneira preventiva, os fatores relevantes que poderiam acontecer e que apresentariam impacto importante no alcance dos objetivos do projeto. Esse processo de identificação,

quando bem feito, pode reduzir futuros custos e surpresas indesejadas ao longo do desenvolvimento e da implantação. Quanto mais tarde um dado risco for identificado ao longo da linha temporal do projeto, maiores serão os custos a que o empreendedor estará sujeito na implantação das medidas para sua mitigação.

A metodologia especificada foi operacionalizada em ambiente Web utilizando dll's na camada de aplicação e MS SQL Server na camada de persistência. O uso de uma linguagem compilada se mostra mais adequada que uma linguagem interpretada devido ao melhor desempenho e à complexidade da estrutura de dados envolvida na lógica *fuzzy*. O uso do banco de dados da Microsoft não gera custo, uma vez que será utilizada a versão gratuita, e não dificulta qualquer possível integração com outros bancos. O sistema SABER (Sistema de Avaliação dos Benefícios e Riscos em Projetos de P&D) está operando nas empresas do setor elétrico Light, Cemig, Taesa e TBE desde meados de junho de 2016.

Referências

- ANEEL. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2012.
- CHANG, D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, **European Journal of Operational Research**, v.95, p.649—655, 1996.
- FIGUEIRA, J., GRECO, S., & EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: State of art surveys**. New York: Springer, 2005.
- FIGUEIRA, J.; ROY, B. Determining the Weights of Criteria in the ELECTRE Type Methods with a Revised Simos' Procedure. **European Journal of Operational Research**, v.139, n.2, p.317-326, 2002.
- HUANG, C.C.; CHU, P.Y.; CHIANG, Y.H. A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. **Omega**, v.36, n.6, p.1038-1052, 2008.
- LEUNGA, C., CAO, D. On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. **European Journal of Operational Research**, v.124, p.102-113, 2000.
- LIGHT. **Metodologia de gestão de portfolio de projetos**. Rio de Janeiro: Light, 2014.
- MEIXNER, O. **Fuzzy AHP Group Decision Analysis and its Application for the Evaluation of Energy Sources**, Hamburg: Institute of Marketing and Innovation, 2011.
- MONTIS, A. et al. Assessing the quality of different MCDA methods. In: GETZNER, M.; SPASH, C.; STAGL, S. (Org.). **Alternatives for Environmental Evaluation**. Abingdon: Routledge, 2005, p.99-133.
- PAN, N.F. Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method. **Automation in Construction**, 17, p.958—965, 2008.
- RIBAS, J.R. **Modelo benefício x risco para a classificação de projetos de pesquisa e eficiência energética**. Notas Técnicas, Rio de Janeiro: Coppetec, 2015.
- SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**, New York: McGraw-Hill, 1980.
- SAATY, T. L. Extending the Measurement of Tangibles to Intangibles. **International Journal of Information Technology and Decision Making**, v.8, n.1, p.7-27, 2009.
- TANG, Y.; BEYNON, M. Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment Study. **Journal of Economics and Management**, v.1, p.207—230, 2005.
- TEOH, P.C.; CASE, K. Modeling and reasoning for failure modes and effects analysis generation, in Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers – Part B – **Journal of Engineering Manufacture**, v.218, n.3, p.289—300, 2004.

ZAVADSKAS, E.K.; TURSKIS, Z.; TAMOŠAITIENE, J.; MARINA, V. Multicriteria Selection of Project Managers by Applying Grey Criteria. **Technological and Economic Development of Economy**, p.14, n.4, p.462-477, 2008.

ZHUA, K.J., JINGA, Y.; CHANG, D.Y. A discussion on Extent Analysis Method and applications of fuzzy AHP. **European Journal of Operational Research**, v.116, p.450-456, 1999.