



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Geociências

PEDRO XAVIER RODRIGUEZ MASSAGUER

**SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA PESQUISA,
DESENVOLVIMENTO & INOVAÇÃO**

CAMPINAS

2017

PEDRO XAVIER RODRIGUEZ MASSAGUER

SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA PESQUISA,
DESENVOLVIMENTO & INOVAÇÃO

TESE APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO LUIZ MONTEIRO SALLES-FILHO

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO PEDRO XAVIER
RODRIGUEZ MASSAGUER E ORIENTADA PELO
PROF. DR SÉRGIO LUIZ MONTEIRO SALLES-FILHO.

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

M382s Massaguer, Pedro Xavier Rodriguez, 1980-
Sistemas de apoio à decisão para pesquisa, desenvolvimento & inovação /
Pedro Xavier Rodriguez Massaguer. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Sérgio Luiz Monteiro Salles-Filho.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.

1. Pesquisa e desenvolvimento. 2. Gestão de projetos. 3. Sistemas de
suporte de decisão. 4. Incerteza. 5. Big Data. I. Salles Filho, Sérgio, 1959-. II.
Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Decision support systems for research, development & innovation

Palavras-chave em inglês:

Research and development

Project management

Decision support system

Uncertainty

Big Data

Área de concentração: Política Científica e Tecnológica

Titulação: Doutor em Política Científica e Tecnológica

Banca examinadora:

Sérgio Luiz Monteiro Salles-Filho [Orientador]

David Dequech Filho

Roberto Marcondes César Junior

Anibal Tavares de Azevedo

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

Data de defesa: 24-08-2017

Programa de Pós-Graduação: Política Científica e Tecnológica



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

AUTOR: Pedro Xavier Rodrigues Massaguer

**SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO PARA PESQUISA,
DESENVOLVIMENTO & INOVAÇÃO**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sérgio Luiz Monteiro Salles Filho

Aprovado em: 24 / 08 / 2017

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Sérgio Luiz Monteiro Salles Filho - Presidente

Prof. Dr. David Dequech Filho

Prof. Dr. Roberto Marcondes Cesar Junior

Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo

Prof. Dr. Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes

***A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora,
consta no processo de vida acadêmica do aluno.***

Campinas, 24 de agosto de 2017.

DEDICATÓRIA

A minha família: minha esposa Ana, meus filhos Luma e Eduardo, minha mãe Pilar, meu pai Salvador e meus irmãos Francisco, Ana e Leonardo.

AGRADECIMENTOS

A tese que agora se apresenta resultou de um trajeto de muito aprendizado. Ao longo deste trabalho fui recebendo o apoio e estímulo de muitos que me apoiaram das mais diferentes formas. Com certeza foi o estímulo e apoio destes que tornaram esta empreitada possível, por isso, desde o início, expressei a todos a minha mais profunda gratidão.

Meu maior agradecimento é dirigido a minha família. Minha esposa Ana Luiza e nossa filha Luma por me fazerem sentir completo todos os dias. Meus pais, irmãos por terem proporcionado apoio incondicional durante estes quatro anos. Com eles, continuo aprendendo sobre a importância da contínua construção de meus próprios valores e desafios. Agradeço em especial a meus pais, por terem me inspirado e me ensinado a arte de pensar o trabalho acadêmico com rigor e disciplina, propiciando-me, portanto, a fundamentação básica, sem a qual esta tese não teria sido escrita.

Neste trajeto gostaria de destacar o papel fundamental do meu orientador, o professor Dr. Sergio Salles-Filho que me deu autonomia na pesquisa e a oportunidade para ingressar numa área distinta da minha formação. Muito obrigado pelas oportunidades concedidas, pela paciência e orientação.

Também gostaria de agradecer ao Grupo de Estudos sobre a Organização da Pesquisa e da Inovação (GEOPI). Em especial a Adriana Bin, Ana Maria Carneiro e Sonia Tilkian, pela amizade e compreensão, e, em especial, por todo suporte ao longo deste percurso.

Agradeço também ao grupo CPFL energia pela oportunidade de participar do projeto “Alavancagem da Inovação da CPFL no contexto do Setor Elétrico Brasileiro” e a equipe de trabalho envolvida: Camila Zeitoum, Janaina Pamplona da Costa, Flavio Arantes e Anibal Azevedo.

Agradecimento especial aos amigos/as, Luiz Vazzóler e Fabio Campos, pelas inúmeras reflexões, pelas nossas discussões teóricas e pelos momentos de descontração e apoio.

Por fim, gostaria de agradecer também a toda a comunidade do Departamento de Política Científica e Tecnológica. Os professores, pelo ensino do complexo conjunto de conhecimentos aprendidos. E todos os funcionários, sempre muito atenciosos e gentis, em especial a Valdirene Pinotti, Gorete Bernardelli, a Cristina Aparecida Moraes e a Adriana Teixeira. Agradeço também, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, essencial para a realização deste projeto.

RESUMO

Os estudos sobre o processo decisório e metodologias de apoio à decisão em essência buscam analisar duas questões “como as decisões são tomadas?”, e “como tomar a melhor decisão?”. O primeiro remete aos processos cognitivos e ao acesso a elementos que compõem o processo decisório. Já o segundo se foca no desenvolvimento de abordagens e mecanismos capazes de analisar o contexto no qual a decisão é tomada no intuito de extrair evidências para decidir sob informação incompleta. Em essência, o tema é relevante porque todas as questões envolvendo o delineamento de políticas ou a gestão organizacional implicam pressuposições acerca da natureza humana, em particular, sobre as escolhas que as pessoas podem fazer, em que contextos, e as consequências destas para si mesmas, para as organizações e para a sociedade. Quando associado ao tema da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I), especificamente ao problema da seleção de projetos, o tema do “Apoio à Decisão” adquire contornos peculiares. Isto devido aos elementos que caracterizam estas atividades, em uma palavra, trata-se de tomar decisões em temas sobre os quais não há experiência igual. Levando em conta estas peculiaridades, o objetivo desta pesquisa é propor um modelo de organização e escolha de abordagens para a seleção de projetos de P, D&I, baseado em diferentes condições de incerteza e analisar as influências da análise de grandes massas de dados (Big Data) na gestão das atividades de P, D&I. Para tanto, o trabalho é norteado por quatro questões principais: 1- Como selecionar projetos de P, D&I sob diferentes condições de incerteza?; 2- Quais são os fundamentos teóricos e metodológicos que devem estar presentes nos sistemas de apoio à decisão em P,D&I quando lidamos com diferentes classes de projetos de pesquisa e desenvolvimento?; 3- Qual é o papel e a efetividade das ferramentas de suporte a decisão no gerenciamento da incerteza/risco específicos destas atividades?; 4-Quais são os desafios e perspectivas relacionados ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão na era do Big Data? Argumentamos que a construção de sistemas de apoio à decisão para P, D&I deve associar diferentes abordagens com vistas a gerenciar condições de incerteza distintas, para tanto, sugerimos uma tipologia que pode ser adotada nestes sistemas. Além disso, nosso ponto de vista é que mesmo sob a luz do Big Data e as diferentes possibilidades que se apresentam com base na análise de dados, a seleção de projetos continua permeada por diversas condições de incerteza.

Palavras-chave: Pesquisa e Desenvolvimento; Gestão de projetos; Sistemas de suporte de decisão; Incerteza; Big Data.

ABSTRACT

The studies on decision-making and decision-support methodologies essentially seek to analyze two questions "how decisions are made?" and "how to make the best decision?" The first refers to cognitive processes and access to elements that make up the decision-making process. The second focuses on the development of approaches and mechanisms capable of analyzing the context in which the decision is made in order to extract insights and try to manage uncertainty. In essence, the issue is relevant because all issues surrounding policy design or organizational management imply assumptions about human nature, in particular, about the choices people can make, in what contexts, and the consequences for themselves, for organizations and for society. When associated to the theme of Research, Development and Innovation (R, D & I), specifically to the problem of project selection, the theme of "Decision Support" acquires peculiar contours. This is due to the elements that characterize these activities and to the important concepts that must be treated together as: uncertainty, intuition, imagination, complexity and innovation itself. Taking into account these peculiarities, the objective of this research is to propose a model of organization and selection of approaches for the selection of R, D & I projects, based on different conditions of uncertainty, and to analyze the influences of large data analysis (Big Data) in the management of R, D & I activities. For this, the work is guided by four main questions: 1- How to select P, D & I projects under different conditions of uncertainty?; 2 - What are the theoretical and methodological foundations that should be present in the decision support systems in R, D & I when dealing with different classes of research and development projects? 3 - What is the role and effectiveness of decision support tools in the management of uncertainty / risk specific to this activities?; 4-What are the challenges and perspectives related to the development of decision support systems in the Big Data era? We argue that the construction of decision support systems for R, D & I must associate different approaches in order to manage different conditions of uncertainty, so we suggest a typology that can be adopted in these systems. Moreover, our point of view is that even under the light of Big Data and the different possibilities that are presented on the basis of data analysis, the selection of projects remains permeated by several conditions of uncertainty.

Keywords: Research and Development; Project management; Decision Support; Uncertainty; Big Data

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Taxonomia das incertezas e decisões (TANNERT, 2007)..... | 31 |
| Figura 2: Diagrama de Stacey (STACEY, 2002) | 83 |
| Figura 3: Previsibilidade e incerteza na gestão de P, D&I..... | 94 |
| Figura 4: Diagrama de Stacey | 123 |
| Figura 5: Organização de abordagens de seleção de projetos de P, D&I com base no diagrama de Stacey | 126 |
| Figura 6: Evolução da definição de Big Data (YLIOJOKI E PORRAS, 2016) | 135 |
| Figura 7: Taxonomia básica de técnicas analíticas (FATTAH, 2014). | 142 |
| Figura 8: A relação entre Big Data e Ciência da decisão (WANG <i>et al.</i> , 2016)..... | 149 |
| Figura 9: O papel chave da correlação encoberta na análise de dados entre intuição e modelos causais complexos (FATTAH, 2014 A) | 160 |
| Figura 10: Ferramentas Big Data no esquema analítico discutido no Capítulo 2..... | 163 |
| Figura 11: Posicionamento da abordagem de seleção desenvolvida no Diagrama de Stacey | 179 |
| Figura 12: Método de decomposição (SALLES-FILHO <i>et al.</i> 2007) | 181 |
| Figura 13: Perfis de uso da ferramenta de apoio à decisão | 190 |
| Figura 14: Fluxo processual do Sistema de Apoio à Decisão para Priorização de Projetos de P, D&I | 191 |
| Figura 15: Módulo operacional de inserção de restrições na ferramenta | 192 |
| Figura 16: Análise comparativa de portfólios de projetos de P&D..... | 192 |
| Figura 17: Módulos e funcionalidades da ferramenta de apoio á decisão para seleção de projetos de P, D&I..... | 193 |
| Figura 18: Esquema básico de um sistema de gestão de projetos de P, D&I voltado a análise da evolução de condições de incerteza com capacidade de reconhecimento de padrões. | 198 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1: Graus de incerteza associados a vários tipos de inovações (FREEMAN e SOETE, 2008) | 80 |
| Quadro 2: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (HEINDENBERGER e STUMMER, 1999)..... | 88 |
| Quadro 3: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (POH <i>et al.</i> , 2001) . | 89 |
| Quadro 4: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (IAMRATANAKUL <i>et al.</i> , 2008)..... | 90 |
| Quadro 5: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (VERBANO e NOSELLA, 2010) | 92 |
| Quadro 6: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (CASALTY, 2013) . | 93 |
| Quadro 7: Proposta de Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D..... | 95 |
| Quadro 8: Revisão da literatura sobre aspectos determinantes em abordagens para seleção de projetos de P, D&I..... | 116 |
| Quadro 9: Legenda abordagens de seleção de projetos de P, D&I..... | 125 |
| Quadro 10: Espectro de abordagens de análise de dados (MINELLI <i>et. al.</i> , 2013) | 141 |
| Quadro 11: Aspectos determinantes para comparação de abordagens de seleção de projetos de P, D&I..... | 156 |
| Quadro 12 - Legenda Abordagens de Seleção de projetos de P, D&I..... | 180 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1: Síntese dos métodos comparados | 121 |
| Tabela 2: Matriz cruzada das principais associações entre abordagens de seleção de projetos no grupo selecionado | 131 |
| Tabela 3: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Mercado | 183 |
| Tabela 4: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Aquisição de Competências | 185 |
| Tabela 5: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão, Interações e Parcerias..... | 187 |
| Tabela 6: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Regulação | 188 |
| Tabela 7: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Tecnologia..... | 189 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1: Grupo de métodos mais citado na amostra 2000-2017 WoK..... | 132 |
| Gráfico 2: Distribuição de trabalhos de pesquisa em Big Data no banco de dados Google Scholar e Springer (ALIGULIYEV et al., 2016)..... | 135 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL – Ambiente de contratação livre

ACR – Ambiente de contratação regulado

AHP - Analytical Hierarchy Process

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP - *Analytic Network Process*

BCG – Boston *Consulting Group*

BSC - *Balance Scorecard*

C, T&I – Ciência, Tecnologia & Inovação

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz

DEA – *Data Envelopment Analysis*

EIRMA - *European Industrial Research Management Institute*

IA – Inteligência Artificial

IBM – *International Business Machines*

Instituto para Pesquisa em Inovação em Ciência (IRIS)

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MAUT - *Multi-Attribute Utility Theory*

P&D - Pesquisa e Desenvolvimento

P, D&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas

ROI - *Return on Investment*

SAD - Sistemas de Apoio à Decisão

SEB – Setor Elétrico Brasileiro

SSI - Sistemas Setoriais de Inovação

TI - Tecnologia da Informação

TIR - Taxa Interna de Retorno

VPL - Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| Introdução..... | 17 |
| PARTE I: FUNDAMENTOS E CONCEITOS..... | 20 |
| Capítulo 1. Comportamento preditivo: Incerteza, Intuição, Imaginação e Inovação | 21 |
| 1.1. Limites da previsibilidade e a previsibilidade dos limites: Consequências para a gestão da inovação | 22 |
| 1.2. Incerteza: Epistemologia e categorização | 30 |
| Risco, Ambiguidade e Ignorância..... | 33 |
| Incerteza nas ciências sociais | 35 |
| Incerteza nas ciências sociais – Economia..... | 38 |
| Considerações sobre a gestão da incerteza em P, D&I | 42 |
| 1.3. A natureza da decisão: Intuição e Imaginação | 45 |
| O que é a intuição? | 45 |
| Intuição e as ciências econômicas..... | 48 |
| Imaginação e a Inovação | 52 |
| Intuição na gestão organizacional..... | 54 |
| Sistemas 1 e 2: Abordagem de Kahneman e Tversky..... | 57 |
| 1.4. Complexidade e evolução em sistemas sócioeconômicos..... | 62 |
| Complexidade e o pensamento econômico | 62 |
| Conceitos e características dos sistemas adaptativos complexos | 67 |
| Elementos evolutivos da dinâmica social e tecnológica | 70 |
| 1.5. Considerações finais do capítulo | 74 |
| Capítulo 2. Apoio à Decisão em Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação | 76 |
| 2.1. Inteligência organizacional e apoio à decisão..... | 76 |
| 2.2. Incertezas na gestão da P, D&I..... | 79 |
| 2.3. Abordagens metodológicas para seleção de projetos de P, D&I..... | 85 |
| 1- Programação Matemática | 96 |
| 2- Métodos Econômicos | 99 |
| 3- Aprendizado de máquina e reconhecimento de padrões | 102 |
| 4- Modelos Ad Hoc | 104 |
| 5- Métodos de Análise da decisão e Multicritério..... | 106 |
| 6- Modelos de simulação | 113 |
| 7- Modelos de visualização estratégica | 114 |
| Aspectos determinantes na comparação de abordagens para seleção de projetos de P, D&I .. | 115 |
| 2.4. A Matriz de Stacey e sua aplicação na organização de sistemas de apoio à decisão para a seleção de projetos de P, D&I..... | 122 |
| 2.5. Principais associações entre abordagens..... | 128 |
| PARTE II: FRONTEIRAS DA TOMADA DE DECISÃO SOB INCERTEZA USANDO BIG DATA..... | 133 |
| Capítulo 3. Big Data e apoio à decisão em Ciência, Tecnologia e Inovação | 134 |
| 3.1. O que é Big Data? Por que ele é importante? | 134 |
| Data Analytics..... | 140 |

| | |
|---|-----|
| Produtividade, eficiência e Big Data..... | 143 |
| 3.2. Comportamento Preditivo sob a luz do Big Data | 145 |
| Big Data precisa de Apoio à Decisão..... | 148 |
| A Hipótese da Cognição estendida e o Desacoplamento de Harari..... | 151 |
| 3.3. Impactos do Big Data na gestão de P, D&I..... | 154 |
| Capítulo 4. Estudo de caso Setor Elétrico Brasileiro: O projeto PA040..... | 166 |
| 4.1. Aspectos conclusivos que definem nosso enfoque frente ao problema da seleção de projetos de P, D&I | 167 |
| 4.2. Adequando abordagens de seleção a condições de incerteza específicas do setor elétrico brasileiro | 172 |
| A regulação das atividades de P&D e sua influência na construção de abordagens de seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento | 175 |
| 4.3. Estrutura funcional do sistema de apoio à decisão para seleção de projetos de P, D&I | 178 |
| Abordagens conjugadas..... | 178 |
| Dimensões e indicadores de avaliação..... | 182 |
| Funcionamento..... | 189 |
| 4.4. Possíveis impactos do Big Data na aplicação desenvolvida – contribuições Shackleianas ... | 194 |
| Capítulo 5. Conclusões | 199 |
| REFERÊNCIAS | 206 |

Introdução

Os estudos sobre o processo decisório e metodologias de apoio à decisão em essência buscam analisar duas questões: como as decisões são tomadas e como tomar a melhor decisão. A primeira remete aos processos cognitivos e ao acesso a elementos que compõem o processo decisório; a segunda volta-se ao desenvolvimento de abordagens e mecanismos capazes de analisar o contexto no qual a decisão é tomada, no intuito de extrair *insights* e tentar gerenciar a incerteza.

Ao longo do século XX, esse tema adquiriu contornos multidisciplinares, cruzando contribuições de diferentes disciplinas: ciências econômicas, estatística, matemática aplicada, sociologia e psicologia comportamental e social. Existem hoje diversos centros de apoio à decisão que lidam com as diferentes abordagens metodológicas e situações. Fundamentalmente, o tema é relevante porque todas as questões envolvendo o delineamento de políticas públicas ou a gestão organizacional implicam pressuposições acerca da natureza humana, em particular acerca das escolhas que as pessoas podem fazer e as consequências de suas escolhas para si mesmas, para as organizações e para a sociedade.

Quando associado ao tema da Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I) e, mais especificamente, ao problema da seleção de projetos de P&D, a temática torna particularmente importante. Isto, devido as diferentes condições de incerteza que caracterizam essas atividades, e aos conceitos importantes que devem ser tratados de forma conjunta, tais como a intuição, a imaginação e a própria inovação. Diversas abordagens podem ser encontradas na literatura, sendo alguns elementos mais recorrentes; diversos autores destacam o ambiente de incerteza na tomada de decisões e os conteúdos subjetivos que se manifestam na combinação de experiência, percepção e lógica nos processos de seleção. Métodos de apoio à decisão são customizados de acordo com as especificidades da P&D, as características da organização e os seus objetivos estratégicos. Inescapavelmente, a seleção de projetos de P, D&I sempre terá que combinar técnicas e métodos variados baseados em dados quantitativos e qualitativos para lidar com diferentes condições de incerteza.

Atualmente, inúmeras possibilidades emergem da associação de diferentes abordagens e métodos mais ou menos consolidados, de acordo com a quantidade de informação disponível e a situação em que estes sistemas de seleção são requisitados. Em geral, as contribuições metodológicas para a construção desses sistemas decorrem de diferentes disciplinas. É possível identificar na literatura diversos sistemas de apoio à decisão baseados apenas no processo de avaliação pelos pares, abordagens coletivas ou embasadas apenas por critérios econômicos. Também é vasta a literatura sobre métodos multicritérios associados a métodos de *Outranking* ou programação matemática. As possibilidades são inúmeras e a lista estende-se até avançados sistemas computacionais baseados em emulação cognitiva e Big Data.

O objetivo principal é que, através da associação de diferentes abordagens e métodos, seja possível captar o “máximo possível” de informações objetivas e percepções subjetivas que, organizadas e otimizadas consensualmente, sejam capazes de gerenciar as expectativas frente às incertezas e nortear as organizações rumo aos objetivos pretendidos. Contudo, como estas abordagens podem ser organizadas? Existiria alguma racionalidade que aponte qual é a melhor abordagem para uma condição específica?

De forma particularmente interessante, esse tema é ponto de conexão entre duas esferas de análise. Uma, voltada ao comportamento preditivo, isto é, como intuição e imaginação se formam para posteriormente se converter em inovação e como essa dinâmica pode ser influenciada nos sistemas sócioeconômicos. A outra, voltada à gestão deste processo a nível organizacional e seus impactos setoriais e nos sistemas sociais. O apoio a decisão em P, D&I é o ponto de conexão entre esses dois temas e este trabalho pretende contribuir com esta discussão.

Assim, o objetivo desta pesquisa é duplo: propor um modelo de escolha de abordagens metodológicas para a seleção de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (P, D&I), baseado em diferentes condições de incerteza; e analisar as possíveis influências do Big Data na gestão das atividades de P, D&I dada sua alegada importância na formação das condições de incerteza.

Este trabalho tem como pano de fundo quatro questões principais: 1- Como selecionar projetos de P, D&I sob diferentes condições de incerteza?; 2- Quais são os fundamentos teóricos e metodológicos que devem estar presentes nos

sistemas de apoio à decisão em P, D&I quando lidamos com diferentes classes de projetos de P&D?; 3- Qual é o papel e a efetividade esperada das ferramentas de suporte à decisão no gerenciamento da incerteza/risco específicos das atividades de P, D&I?; 4-Quais são os desafios e perspectivas relacionados ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão na era do Big Data?

E busca como objetivos específicos: 1- Analisar o estado da arte e as tendências sobre sistemas de suporte à decisão voltados aos investimentos em P, D&I; 2- Analisar o estado da arte sobre o tema da decisão sob incerteza verdadeira e identificar as principais tendências dados os avanços relacionados à disponibilidade de informação e à capacidade computacional (Big Data); 3- Desenvolver proposta metodológica de parametrização de ambientes decisórios voltados a P, D&I com base nas condições de incerteza, nas características dos projetos de P&D e nas especificidades setoriais em que as decisões são tomadas. 4- Aplicar em casos selecionados de diferentes condições de apoio à decisão.

A tese está dividida em duas partes, a primeira contendo dois capítulos, nos quais focamos nos fundamentos e conceitos do apoio à decisão em P, D&I; a segunda contém três capítulos e apresenta o estudo de caso de construção de uma abordagem para seleção de projetos de P&D no setor elétrico brasileiro, além de explorar as fronteiras da tomada de decisão sob incerteza usando Big Data.

PARTE I: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

Esta primeira parte da tese tem como objetivo apresentar os principais fundamentos e conceitos do apoio à decisão em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D&I). Para tanto, esta dividida em dois capítulos, o primeiro explora fundamentos que ao nosso ver definem o comportamento preditivo sob uma ótica individual e que devem ser levados em conta no planejamento das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação. Já o segundo apresenta uma revisão das principais abordagens metodológicas disponíveis para lidar com o problema da seleção e priorização de projetos.

Os fundamentos e conceitos apresentados nesta primeira parte se configuram como um esforço no sentido de delimitar um vocabulário pertinente para gestores e tomadores de decisão que enfrentam os desafios de construir abordagens de seleção de projetos de P, D&I. Estes conceitos, serão utilizados ao longo de toda a tese para propor um modelo de organização e escolha de abordagens e analisar os impactos do Big Data nestas atividades.

Capítulo 1. Comportamento preditivo: Incerteza, Intuição, Imaginação e Inovação

O objetivo deste primeiro capítulo é apresentar parte do referencial teórico que embasa esta tese. De maneira geral, o capítulo explora diferentes vertentes teóricas com vistas a investigar quão previsíveis podem ser as atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação para fins de planejamento e seleção de projetos. Argumentamos que a incerteza e imponderabilidade são características indissociáveis destas atividades, uma vez que estão inseridas num ambiente complexo e dinâmico que afeta de forma singular as análises preditivas. Contudo, argumenta-se também que mesmo permeadas por incerteza, o apoio à decisão em P, D&I envolve, além de um objetivo preditivo, um papel norteador com vistas a gerenciar expectativas frente a incertezas e direcionar organizações rumo a objetivos pretendidos. O desenvolvimento de metodologias para este fim requer lidar com conceitos importantes que se interpõem e se complementam, tais como: previsibilidade, incerteza, intuição, imaginação, complexidade e inovação. O capítulo apresenta uma revisão sobre esses temas abarcando diferentes concepções teóricas, nosso esforço é no sentido de delimitar um vocabulário adequado para o tema de apoio à decisão em P, D&I sobre termos que podem ter significados diferentes de acordo com a abordagem teórica adotada.

Este capítulo também discute qual seria o modelo teórico do funcionamento cognitivo mental apropriado para embasar a análise preditiva em Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T&I), que relacionasse suas características fundamentais – isto é, a incerteza num ambiente de elevada complexidade e elementos evolucionários relacionados à dinâmica social e tecnológica. E que, além disso, sob uma ótica da percepção individual, desse conta de lidar com processos intuitivos (e seus vieses) e a construção de conjecturas imaginativas que, ao nosso ver, são a essência da decisão e da inovação.

1.1. Limites da previsibilidade e a previsibilidade dos limites: Consequências para a gestão da inovação

Realizar previsões está diretamente relacionado ao instinto de sobrevivência do ser humano, à sua capacidade de planejar, se adaptar e evoluir. Realizar previsões faz parte do comportamento cotidiano dos indivíduos e é algo regido por elementos dos pensamentos consciente e inconsciente.

Diversos pensadores discutiram a capacidade preditiva dos seres humanos; contudo, uma questão permanece central: qual é a real validade destas análises, e quão confiáveis elas são? Essa pergunta perpassa a história do ser humano; tem inúmeros usos em diferentes contextos, com vistas adiferentes resultados e objetivos. A literatura sobre o tema é vasta, e referências podem ser encontradas em diferentes áreas de conhecimento, como a filosofia, sociologia e as ciências econômicas. Neste primeiro item nos preocupamos em realizar uma breve revisão que delimita nosso ponto de vista acerca das limitações dos seres humanos em realizar previsões. Acreditamos que uma revisão sobre o comportamento preditivo seja um ponto de partida para se discutir o apoio à decisão em P, D&I.

No ano de 1690, Pierre Daniel Huet (1630-1721) escreveu seu tratado filosófico sobre as fraquezas da mente humana. Em seu livro, ele critica dogmas e questiona a percepção humana, são apresentados argumentos contra a causalidade e a previsibilidade, e a obra chama atenção para o fato de que qualquer evento pode ter uma infinidade de causas possíveis: “As coisas não podem ser sabidas com absoluta certeza porque as causas são infinitas”. Posteriormente, o problema ficou conhecido como “problema de Hume”. Simon Foucher (1644-1696), em seu tratado “Dissertação sobre a busca da verdade”, expôs nossa predileção mental por certezas. Ele ensina a arte de duvidar, como posicionar-se entre a dúvida e a crença.

Henri Poincaré (1854-1912) foi o primeiro matemático a compreender e a explicar que existem limites fundamentais em nossas equações que buscam representar a realidade. Ele introduziu as não linearidades, pequenos efeitos que podem levar a consequências graves. Poincaré investigou os limites que as não linearidades impõem as previsões. Seu raciocínio é simples: quando se fazem projeções para o futuro, há a necessidade de uma quantidade crescente de precisão acerca da dinâmica do processo que se está modelando, já que a taxa de erro aumenta rapidamente. O problema é que a quase previsão não é possível, uma vez

que a degradação da previsão aumenta repentinamente – no fim, seria necessário decifrar o passado com precisão infinita.

Poincaré demonstrou sua teoria em um caso conhecido como “o problema de três corpos”. Se só existem dois planetas em um sistema solar, com nada mais afetando seus cursos, então pode ser possível prever indefinidamente o comportamento deles, sem esforço. Mas acrescenta um terceiro corpo – um cometa, por exemplo – entre os planetas; inicialmente, o terceiro corpo não gerará nenhuma pressão, mas com o passar do tempo, seus efeitos sobre os dois outros corpos podem ser explosivos. Finalmente, pequenas diferenças na localização desse corpo ditarão o futuro dos planetas gigantescos.

Contudo, a realidade é mais complicada que o problema de três corpos. Em diversos campos do conhecimento há consenso de que atualmente estamos lidando com o que agora é chamado de “sistemas complexos”. Por ora, basta dizer que em um sistema complexo (o qual consideramos como mais do que uma bola isolada, e suas trajetórias dependendo umas das outras), a capacidade de se fazer projeções quanto ao futuro está sujeita a uma limitação fundamental. Desta forma, Poincaré propôs que só é possível trabalhar com questões qualitativas; logo, algumas propriedades dos sistemas podem ser discutidas, mas não computadas.

Considerações importantes acerca de nossa capacidade preditiva no mundo social vêm de Friedrich Hayek (1899-1992), um dos poucos economistas, ao lado de J.M. Keynes e G.L.S. Shackle, que se concentrou na incerteza verdadeira e nas limitações do conhecimento. Em 1974 recebeu o Prêmio Nobel de Economia, e proferiu um discurso intitulado “A pretensão do conhecimento” ele basicamente critica duramente outros economistas. Seu argumento era contra a utilização de ferramentas de ciência pura nas ciências sociais:

“Ao contrário do que acontece nas ciências físicas, na economia e noutras disciplinas que lidam essencialmente com fenômenos complexos os aspectos dos eventos a serem levados em conta e sobre os quais podemos obter dados quantitativos são necessariamente limitados e podem não incluir aqueles mais importantes.” (HAYEK, 1974, p.2)

Para Hayek, uma previsão verdadeira é feita organicamente por um sistema, e não por um decreto. Ele estabelece uma distinção rígida e qualitativa entre as ciências sociais e a física, e demonstra que os métodos da física não se traduzem para suas “irmãs” das ciências sociais, incluindo a economia. Hayek

utiliza-se de dois termos introduzidos por Weaver (1958) para diferenciar os problemas de previsibilidade na física e nas ciências sociais, os ditos "fenômenos de complexidade desorganizada", em contraste com os "fenômenos de complexidade organizada", com os quais temos de lidar nas ciências sociais. "Complexidade organizada" significa que o caráter das estruturas não depende somente das propriedades dos elementos individuais de que são compostas e da frequência relativa com que ocorrem, mas também da maneira como se ligam os elementos individuais uns aos outros. Por essa razão, na explicação do funcionamento de tais estruturas não podemos substituir a informação sobre os elementos individuais pela informação estatística; necessitamos da informação completa sobre cada elemento se quisermos utilizar uma teoria para prognósticos específicos sobre eventos individuais.

De forma semelhante, Karl Popper (1902-1994), em sua obra "A Miséria do Historicismo" (POPPER, 1980), discute as limitações nas previsões de eventos históricos e a necessidade de se diminuir a importância de áreas "leves", como a história e as ciências sociais, especificamente estudos que dependem da narrativa. Sua tese é de que a crença no destino histórico é pura superstição e que não há como prever, com os recursos do método científico ou de qualquer outro método racional, o caminho da história humana. Popper usou o termo "historicismo" como:

"Uma forma de abordar as Ciências Sociais que lhes atribui, como principal objetivo, o fazer predição histórica, admitindo que esse objetivo será atingível pela descoberta dos 'ritmos' ou dos 'padrões', das 'leis' ou das 'tendências' subjacentes à evolução da História". (POPPER, 1980, p.8)

O argumento central de Popper é que, para que se possa prever eventos históricos, é necessário antecipar inovações tecnológicas, o que por si só é fundamentalmente imprevisível. Assim, sua argumentação refuta apenas a possibilidade de prever desenvolvimentos históricos na medida em que estes possam ser influenciados pela expansão do conhecimento humano. Prever a expansão de uma tecnologia implica na previsão de um grande elemento de modismos e contágios sociais, que residem fora da utilidade objetiva da própria tecnologia (presumindo a existência do conceito de utilidade objetiva): "se o conhecimento humano cresce, não há como antecipar hoje o que tão somente saberemos amanhã" (POPPER, 1980, p.5).

Poincaré, Hayek e Popper estabelecem argumentos importantes que delimitam nossa capacidade de “ver” o futuro, mostrando-o um reflexo muito complicado do passado. O paradoxo reside em como podemos descobrir propriedades do desconhecido – o infinito – baseando-nos no conhecido – finito. Ou então, como devemos lidar com a dificuldade de se generalizar a partir da informação disponível, ou de se aprender com o passado e o conhecido. Nesta linha, John D. Barrow, em seu livro “Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits” (BARROW, 1998), discute os limites da ciência. Seu argumento central é que gradualmente chegaremos a compreender que as coisas que não podem ser conhecidas, feitas ou vistas, definem nosso universo de maneira mais clara completa e precisa, do que aquelas que podem.

Ademais, quando questões sociais estão envolvidas, outros obstáculos também devem ser admitidos. Em última instância, aceitar que sob certas circunstâncias há previsibilidade nas questões humanas é o mesmo que admitir que os seres humanos são de certa forma autômatos, despossuídos de livre arbítrio. Com isto, admite-se um mundo de incerteza esterilizada, conforme descrito por Taleb (2011): “semelhante à incerteza de um cassino”, onde as probabilidades são conhecidas, gaussianas e quase computáveis. Uma incerteza domesticada é o exemplo de uma incerteza esterilizada.

Contudo, ao acreditar em livre arbítrio, não podemos confiar veemente em previsibilidade dentro das ciências sociais nem em projeções econômicas. Não se pode prever como as pessoas agirão. Exceto, é claro, se houver um modelo ou teoria. Isto é, premissas que subjuguem, descrevam e definam o comportamento humano. Economistas que pregam a racionalidade como característica central do comportamento, presumem que os indivíduos serão racionais no futuro e que, por isso, agirão previsivelmente. Existe uma ligação forte entre racionalidade, previsibilidade e tratabilidade matemática com vistas a domesticar a incerteza verdadeira.

Sob a ótica cognitiva, Taleb (2011) e Kahneman (2012) discutem aspectos importantes sobre o comportamento preditivo. Taleb (2011) associa o estabelecimento de regras a uma necessidade intrínseca de reduzir a dimensão das questões a um nível passível de análise e memória. Desta forma, argumenta que quanto mais aleatória é a informação, maior é sua dimensionalidade, e, portanto, mais difícil é de ser resumida. Quanto mais resumida for, maior é a ordem a ela

atribuída e menor será seu grau de aleatoriedade. A mesma condição que nos faz simplificar nossa percepção nos força a pensar que o mundo é menos aleatório do que ele é. Todo evento proeminente e recente é um candidato a se tornar o núcleo de uma narrativa causal. Sob este ponto de vista, empreendimentos científicos são produtos da necessidade de se “reduzir” dimensões e de se infligir alguma ordem nas situações, relações e sistemas. Sob a ótica da psicologia psicanalítica, um mito possui essa mesma função: poupar-nos da complexidade do mundo e nos proteger de sua aleatoriedade. Atribui ordem à desordem da percepção humana e ao “caos da experiência humana”.

O ponto de vista de Taleb (2011) é de que nos concentramos o tempo todo em minúcias, no conhecido e no que se repete e, mesmo assim, estamos à mercê da incompletude fundamental da nossa percepção de eventos passados. A mente humana seria incapaz de ver o roteiro que produz a história, devido àquilo que ele denominou como o “terceto da opacidade”, que seria: (1) a ilusão da compreensão, ou como todos acham que creêm saber o que acontece em um mundo que é mais complicado ou aleatório do que percebem; (2) a distorção retrospectiva, ou como podemos abordar assuntos somente após o fato ocorrido, como se olhássemos em um espelho retrovisor – a história parece mais organizada nos livros do que na realidade empírica; (3) a supervalorização da informação factual.

A expressão “falácia narrativa” remete à limitação da capacidade humana de olhar para sequências de fatos sem costurar uma explicação entre eles, ou, equivalentemente, forçar uma ligação lógica entre os fatos. Explicações unem fatos e facilitam seu armazenamento na memória. Segundo Taleb, o problema da narratividade, apesar de extensamente estudado – principalmente no campo da psicologia - não é uma questão psicológica propriamente dita, mas um problema de informação. A informação “deseja” ser reduzida, e tal desejo de redução é natural do comportamento humano. Sua abordagem diz respeito à simplificação da narrativa do mundo ao nosso redor e a seus efeitos em nossa percepção do imponderável e da incerteza incontrolável.

Kahneman (2012) possui uma visão semelhante ao afirmar que tendemos a construir a melhor história possível a partir da informação disponibilizada. Paradoxalmente, é mais fácil construir uma história coerente quando se tem poucas informações, quando há poucas peças para encaixar no quebra-cabeça. Nossa convicção de que o mundo faz sentido repousa em um alicerce seguro: nossa

capacidade quase ilimitada de ignorar nossa própria ignorância. O cerne da ilusão, sob este ponto de vista, está no fato de acreditarmos compreender o passado, o que implica que o futuro também deva ser cognoscível. Porém, a verdade é que compreendemos o passado menos do que acreditamos compreender.

Para Kahneman (2012), a mente que formula narrativas sobre o passado é um órgão criador de sentido. Por exemplo, ele destaca que uma limitação geral da mente é sua incapacidade de reconstruir estados passados de conhecimento, ou crenças que depois mudaram. Uma vez adotada uma nova visão do mundo, perdemos muito de nossa capacidade de recordar aquilo que costumávamos acreditar antes da mudança. A incapacidade de reconstruir crenças passadas inevitavelmente levará a subestimar em que medida seremos surpreendidos por eventos passados estabelecendo-se um viés retrospectivo.

O trabalho de Philip Tetlock (2005) é bastante representativo quando a questão é previsibilidade. Tetlock entrevistou, ao longo de 20 anos, 284 pessoas consideradas especialistas em tendências políticas e econômicas. Pediu-lhes para estimar as probabilidades de que determinados eventos pudessem ocorrer no futuro, tanto em regiões do mundo nas quais haviam se especializado como em outras áreas sobre as quais tivessem menos conhecimento. Ao todo, reuniu mais de 80 mil previsões. Também perguntou aos especialistas como chegaram às suas conclusões, como reagiram quando viram que estavam errados e como avaliaram evidências que não davam apoio a suas posições. Pediu-se ainda aos participantes que classificassem as probabilidades de três resultados alternativos para cada caso: a continuidade do status quo; intensificação de algum fator, como liberdade política ou crescimento econômico; ou diminuição desse fator. Os resultados foram devastadores. Os especialistas se saíram pior do que se tivessem simplesmente indicado probabilidades iguais para cada um dos três potenciais resultados. Tetlock demonstrou que especialistas em um assunto particular produzem previsões menos exatas do que outras pessoas que teriam distribuído suas escolhas uniformemente pelas opções. Aqueles que conhecem mais fazem prognósticos apenas ligeiramente melhores do que os que conhecem menos, mas os que têm mais conhecimento são em geral menos confiáveis. O motivo, segundo Tetlock, é que a pessoa que adquire mais conhecimento desenvolve uma ilusão acentuada de sua habilidade e se torna irrealisticamente superconfiante: “Chegamos ao ponto de rendimentos proféticos marginais decrescentes com uma rapidez desconcertante”, escreve Tetlock.

Mas, então por que fazemos previsões? Nosso ponto de vista é que o futuro desconhecido é uma fonte de ansiedade, o que fortalece a necessidade humana de prevê-lo, a fim de reduzir, ou idealmente, eliminar, sua incerteza inerente. Em última instância, investigações cognitivas com base na teoria do desamparo mostraram que, pessoas que sentem que não podem controlar ou prever seus ambientes, correm o risco de sofrer déficits motivacionais e cognitivos, como depressão (WILSON; GILBERT; CENTERBAR, 2003). Visto desta forma, a resposta está ligada à natureza do próprio comportamento. A capacidade de prever e de planejar pode ser entendida como um conjunto de atributos que fazem parte do comportamento humano.

Supõe-se que exista uma dimensão de sobrevivência, evolucionária, na necessidade de se projetar questões no futuro. Uma ideia promovida pelo filósofo Daniel Dennett (DENNETT, 1995) é a de que o uso mais poderoso de nosso cérebro é precisamente a capacidade imaginativa de projetar conjecturas e jogar o jogo contrafactual. Uma das vantagens de se fazer isso, segundo Dennett, é que podemos deixar que nossas conjecturas “sofram” ou “morram” em nosso lugar. Fazer projeções está diretamente relacionado à própria sobrevivência. Essa capacidade permite que trapaceemos a evolução que agora acontece em nossas cabeças, como uma série de projeções e cenários. Para Dennett, nossos cérebros, mente e consciência humana são “máquinas de expectativas”.

A ideia da imaginação como ferramenta contrafactual também já foi explorada e destacada pelo economista George Shackle (SHACKLE, 1979). Para esse autor, é neste “intervalo epistemológico” imaginativo entre perfeita possibilidade e impossibilidade que reside a natureza do processo decisório, ou seja, os sentimentos relacionados às futuras sequências de ação, ou as conjecturas – que são, em sua visão, o elemento determinante de uma decisão; as ações advindas desta são o compromisso de alterar a realidade rumo a uma direção previamente concebida como possível.

Logo, devemos nos perguntar: qual é o papel da análise preditiva especificamente em C, T&I? Sob a ótica de Thomas Kuhn (1975), análises preditivas em C, T&I podem ter ainda menos usabilidade. Isso porque Kuhn argumenta que todo o empreendimento de busca de conhecimento baseia-se em tomar a sabedoria convencional e as crenças científicas aceitas e destruí-las com novas provas contra-intuitivas – o que torna a empreitada ainda mais desafiadora. Kuhn defende que os

períodos de acumulação gradativa de conhecimento pela comunidade científica, denominados por ele de “ciência normal”, são interrompidos ou intercalados por períodos da chamada “ciência extraordinária”, quando paradigmas científicos são questionados e revistos por meio de revoluções científicas. Nestes episódios extraordinários, ocorrem alterações de compromissos dentro da comunidade científica, compreendidos como elementos desintegradores da tradição à atividade da ciência normal.

Contudo, quando nos focamos especificamente nas motivações que levam à busca de previsibilidade nas atividades de P, D&I, temos que destacar que a inovação é dominada pelo extremo, pelo desconhecido e improvável. E o investimento no desconhecido e incerto oferece recompensas desproporcionais, já que, tipicamente, tem-se pouco a perder e muito a ganhar com um evento raro. Joseph Schumpeter (1883-1950) foi o primeiro economista a dar atenção ao papel da inovação na dinâmica econômica. Na perspectiva de Schumpeter, o lucro advindo da inovação decorre de um monopólio temporário de vantagens obtidas por meio de inovações. No processo seletivo, denominado de “concorrência Schumpeteriana”, a vantagem adquirida através de inovações é perdida ao longo do tempo na medida em que a inovação é difundida no mercado ou suplantada por outras inovações. A “destruição criadora” seria, portanto, o processo que altera ou insere um padrão de concorrência no mercado através da criação e introdução de novos elementos (SCHUMPETER, 1911, 1942). Na ótica Schumpeteriana, atribui-se à inovação e à atividade empreendedora a conotação de fatores de influência sobre a atividade econômica e são, portanto, elementos importantes no desenvolvimento econômico.

Sob esta perspectiva, abordagens com base em resultados assimétricos representam bem o desafio de projetar estratégias de apoio à decisão em P, D&I: “nunca conhecerei o desconhecido pois por definição, ele é desconhecido. No entanto, sempre posso tentar adivinhar como ele irá me afetar, e devo basear minhas decisões em torno disso”. Essa ideia costuma ser chamada de aposta de Blaise Pascal em homenagem ao matemático, que a apresentara desta forma: “eu não sei se Deus existe, mas sei que não tenho nada a lucrar por ser ateu caso não exista, enquanto tenho muito a perder caso exista. Portanto, isso justifica minha crença em Deus”.

O argumento de Pascal é controverso do ponto de vista teológico, contudo, a ideia por trás da aposta de Pascal tem aplicações fundamentais fora da

teologia, uma vez que inverte toda uma cadeia de formação de conhecimento e elimina a necessidade de compreendermos as probabilidades de um evento raro. Dessa forma, admite-se que existem limites fundamentais ao conhecimento que temos. Contudo, nem tudo está perdido pois podemos nos concentrar na recompensa de benefícios de um evento raro, caso ele ocorra. A ideia de que para que se tome uma decisão seja necessário concentrar-se nas consequências que se pode saber, e não na probabilidade, que não se pode saber, é a ideia central aqui defendida para o gerenciamento da incerteza verdadeira das atividades de P, D&I. Assim, como ponto de partida, argumentamos que a busca pela inovação é a busca pelo incerto e o jogo contrafactual preditivo é fundamental neste processo, independente da realização ou não de suas previsões.

1.2. Incerteza: Epistemologia e categorização

No item inicial discutimos como, ao nosso ver, os limites da previsibilidade impõem desafios à composição de estratégias que buscam a inovação. Argumentamos que o jogo contrafactual preditivo frente à incerteza é importante para fins de planejamento, suas previsões se realizando ou não. Neste item, daremos ênfase à incerteza, elemento central na dinâmica socioeconômica e tecnológica. Nosso ponto de vista é que os estudos sobre a incerteza são o ponto de conexão entre diferentes campos dentro das ciências sociais e que diferentes entendimentos sobre o tema contribuem e se conjugam no apoio à decisão em P, D&I. Neste item, teceremos algumas considerações sobre a epistemologia dos estudos sobre a incerteza. Além disso, sugerimos uma categorização para embasar a análise de abordagens de apoio à decisão em P, D&I.

Utilizamos o conceito de epistemologia, compreendido como o ramo da filosofia que trata da natureza e limites do conhecimento humano, especialmente nas relações que se estabelecem entre o sujeito e o objeto do conhecimento e a consistência lógica de teorias construídas. Assim, buscaremos discutir as condições sob as quais se produziu o conhecimento científico sobre a incerteza dentro de diferentes campos do conhecimento. Em um segundo momento, daremos maior ênfase ao problema da incerteza dentro das ciências econômicas, discutindo categorizações e mensurações da percepção de incerteza.

Segundo Wakeham (2015), em termos gerais, a incerteza ocorre nos limites do conhecimento nas ciências sociais que levam uma perspectiva de processamento de informações sobre o problema do conhecimento e cognição, tais como a economia, estudos organizacionais, psicologia e sociologia. A incerteza está no fundo de qualquer decisão aparentemente racional, e é um assunto de interesse para os cientistas sociais. A falta de certeza sobre resultados estabelece a maneira como os indivíduos ou grupos avaliam o mundo e fazem suas escolhas. Existem diferentes entendimentos do conceito de incerteza, bem como diferentes interpretações de seu significado para diferentes campos do conhecimento. De forma ampla, a incerteza se refere a um estado epistêmico nos limites do conhecimento. O problema da incerteza aponta não só para os limites do que qualquer indivíduo pode saber, mas também, para os limites de o que é cognoscível.

Tannert (2007), ao lidar com as questões éticas relacionadas às decisões sob incerteza, propõe uma taxonomia que reconhece duas dimensões: a objetiva e a subjetiva, cada uma destas também divididas em duas outras subformas (Figura 1). Cada subforma descreve um determinado tipo de discrepância entre os conhecimentos necessários e o conhecimento disponível para a tomada de decisão sob incerteza.

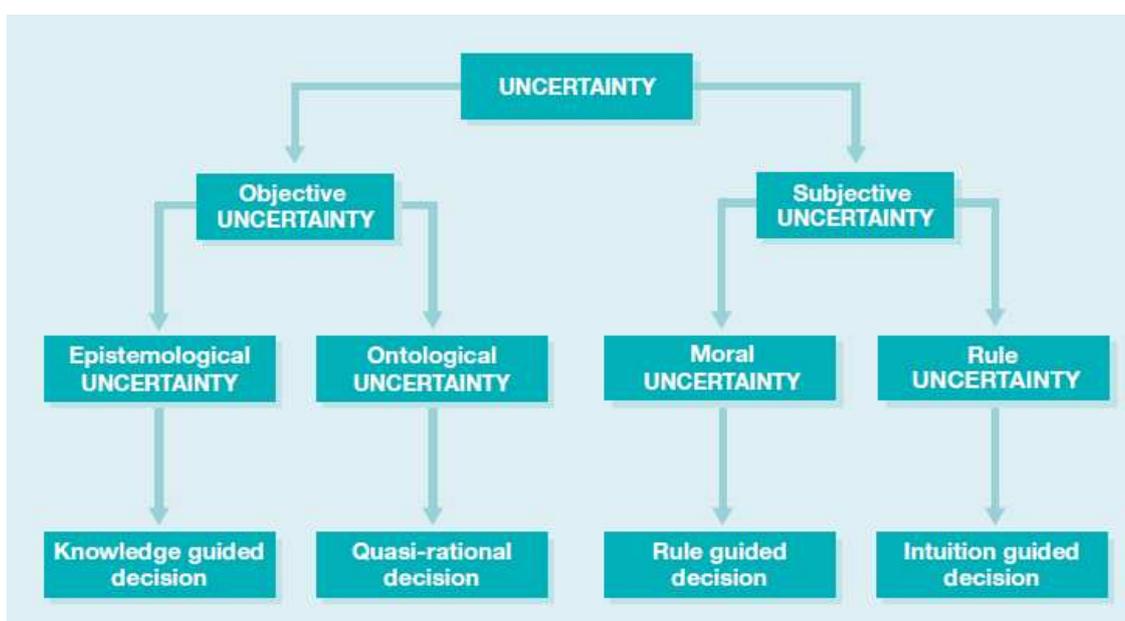


Figura 1: Taxonomia das incertezas e decisões (TANNERT, 2007).

A primeira dimensão de incerteza, apresentada na Figura 1, é a incerteza objetiva, dividida em incerteza epistemológica e incerteza ontológica. A incerteza epistemológica é causada por lacunas no conhecimento que podem ser alcançadas pela pesquisa ou pela investigação. Por outro lado, a incerteza ontológica é causada pelas características estocásticas de uma situação que normalmente envolve um sistema complexo – tecnológico, biológico ou social. Tais sistemas complexos, que serão discutidos no item 1.4, são frequentemente caracterizados pelo comportamento não linear. Em tais casos, é impossível tomar decisões racionais, e este tipo de decisão é denominado por Tannert como “Quaseracionais”.

A dimensão subjetiva se refere a como um indivíduo pode experimentar a incerteza no que diz respeito ao seu próprio conhecimento sobre um tema específico. Por exemplo, novas experiências podem desafiar crenças firmemente estabelecidas, levando o indivíduo a ter dúvidas sobre essa crença. O indivíduo também pode experimentar a incerteza sobre o possível resultado de algum curso de ação. Assim, é importante ressaltar que esta percepção subjetiva ou experiência fenomenológica de incerteza é tanto cognitiva como emocional. Não só existem questões sobre a forma como a incerteza influencia o comportamento, mas também se questiona como o contexto social molda a percepção e experiência da incerteza sob a ótica cognitiva e emocional.

A incerteza moral é caracterizada por uma incapacidade de aplicar regras morais apropriadas. Este tipo de incerteza pode levar à ansiedade social ou ao conflito, o que Emile Durkheim chamou de "Anomia" (Durkheim, 1996; originalmente publicado em 1893). A segunda subforma da incerteza subjetiva é a incerteza guiada por intuição, ou seja, quando há incerteza quanto às próprias regras morais. Especificamente, situações em que podemos tomar decisões apenas por confiar em nossa intuição, mais do que no conhecimento, ou em regras morais explícitas ou implícitas. Isto significa agir com bases fundamentais pré-formadas experencialmente e internalizadas (TANNERT, 2007).

Para Wakeham (2015), pensar sobre a incerteza de forma objetiva está relacionado a dois níveis na investigação do comportamento social. No primeiro está o pensamento sobre como outras pessoas encontram e lidam com a incerteza do mundo ao seu redor, como por exemplo os problemas de incerteza epistemológica. Além disso, o problema prático de distinguir entre incerteza epistemológica e incerteza ontológica que é relevante para a produção social do conhecimento; de

forma mais ampla, como as pessoas gerenciam a incerteza ontológica, particularmente no que se relaciona ao complexo social, político, tecnológico e outros sistemas. No segundo nível, está o pensamento sobre como as próprias ciências sociais encaram a incerteza como uma característica do mundo. Isto tem influência direta sobre os limites dos modelos propostos do comportamento humano, designadamente na sua validade preditiva. Incerteza, nesse sentido, é uma técnica ou abordagem e, ao mesmo tempo, um problema que os cientistas sociais devem levar em conta em seus modelos e explicações do comportamento humano.

Como conceito dentro das ciências sociais, a incerteza raramente é considerada isoladamente. É muitas vezes combinada com outras ideias relacionadas aos desafios e problemas da geração do conhecimento. Isto inclui termos como risco, ambiguidade e ignorância. Uma breve discussão de como a incerteza tem sido associada a cada um destes termos é útil para uma maior clareza conceitual. Em seguida, abordaremos mais especificamente os estudos sobre a incerteza em diferentes campos das ciências sociais.

Risco, Ambiguidade e Ignorância

Os riscos são geralmente entendidos como sendo o potencial conhecido de resultados negativos de um curso de ação. Em contraste, a incerteza pode ser entendida como a percepção ou estado de espírito de alguém ao decidir sobre um curso de ação sem uma clara definição do resultado. Carregando esse sentido subjetivo, a incerteza leva o indivíduo a conjecturar os benefícios e os riscos, ou os potenciais resultados negativos, de qualquer curso de ação. Percepções de riscos elevados são mais propensos a induzir sentimentos de incerteza sobre um determinado curso de ação. Se os riscos conhecidos se referem ao potencial de resultados negativos, a incerteza, num sentido objetivo, se refere ao conjunto mais amplo de elementos desconhecidos que podem afetar o curso da ação e seu resultado. Por contraste, a incerteza é neutra. Fatores desconhecidos podem ter um efeito positivo ou um efeito negativo sobre qualquer curso de ação.

Diversos autores consideram a distinção entre incerteza e risco, e afirmam que estes seriam fenômenos complementares, isto é, uma situação que era classificada *a priori* como “incerteza” poderá se tornar “risco”. Deste ponto de vista,

autores que refletem sobre risco e incerteza são naturalmente conduzidos a considerar os termos como sinônimos (GALESNE et. al, 1999), ou então, como fenômenos intercambiáveis (BESSIS, 1998). A distinção, sob este ponto de vista, está relacionada a uma compreensão epistemológica da incerteza, aos níveis, ou graus de conhecimento, a respeito do fenômeno estudado.

Já uma situação ambígua, ou um problema ambíguo, é aquela que está aberta a múltiplas interpretações, pois há uma falta de clareza sobre o que ela realmente é. A ambiguidade tem sido muitas vezes contraposta com incerteza, e a quantidade de sobreposição entre os dois conceitos depende de qual definição se dá a cada ideia. Aqueles que assumem a abordagem de processamento de informações para tratar problemas do conhecimento e da cognição, tendem a definir a ambiguidade mais especificamente. A ambiguidade está relacionada com a informação faltante que é relevante para o resultado de uma ação (GALBRAITH, 1973; FRISCH e BARON, 1988). Em estudos organizacionais, Schrader *et al.*, (1993) argumenta que, em uma situação ambígua, a estrutura do próprio problema – isto é, a relação entre as variáveis potencialmente relevantes – é desconhecida, enquanto que numa situação incerta, a estrutura do problema é conhecida, mas o valor das variáveis relevantes não. Nesses tipos de distinções se encontram tentativas de elucidar não apenas como a experiência de ambiguidade difere daquela da incerteza, mas também de mostrar que lidar com a ambiguidade requer estratégias diferentes daquelas para se lidar com a incerteza.

Alguns cientistas sociais também têm se interessado pelo problema da ignorância, que se refere a um amplo conjunto de incógnitas e é um conceito importante porque aponta para os limites do conhecimento. A fim de elucidar isto, alguns autores têm oferecido tipologias que fazem distinções entre diferentes tipos de ignorância. Merton (1987), por exemplo, faz uma distinção entre ignorância reconhecida e ignorância especificada dentro das comunidades científicas. Ignorância reconhecida se refere a "desconhecidos desconhecidos" (KERWIN, 1993) ou "meta-ignorância" (SMITHSON, 1989) – a ignorância do que não se sabe. Ignorância especificada se refere às reconhecidas limitações do conhecimento, que muitas vezes conduzem à busca de novo conhecimento. Interesses científicos sociais recentes sobre o problema da ignorância tendem a enquadrar a sua produção social como um processo que é complementar para a produção de conhecimento (PROCTER; SCHIEBINGER, 2008). Desta forma, normas culturais e

estruturas sociais desempenham um papel fundamental na significação, enquanto impõem limites sobre o que as pessoas sabem sobre o mundo em torno delas.

Incerteza nas ciências sociais

Psicologia

A incerteza é geralmente compreendida como uma experiência subjetiva que perdura no fundo de várias teorias da psicologia. Em geral, os psicólogos ligam o conceito de incerteza aos conceitos de personalidade, emoção e cognição, e ao problema da tomada de decisão. Embora haja interação entre diferentes trabalhos com esses conceitos, muitas vezes eles são mapeados em grupos normativos distintos.

Smithson (2009) identifica três abordagens principais. A primeira, a linha psicanalítica tradicional que discute tolerância à ambiguidade e à incerteza. A tolerância a ambos é tomada como sinal de uma personalidade positiva e bem ajustada, enquanto a intolerância a condições epistêmicas é frequentemente vista como sinal de uma personalidade autoritária (ADORNO *et al.*, 1950). No centro dessa pesquisa, reside a ideia de que existem diferenças mensuráveis na forma como os indivíduos respondem à incerteza (SORRENTINO e SHORT, 1986; FREESTON *et al.*, 1994; SORRENTINO e RONEY, 2000; BERENBAUM *et al.*, 2008). A falta de tolerância para a incerteza – como um inevitável fato da vida – é compreendida como potencialmente problemática do ponto de vista psicológico do indivíduo.

A segunda abordagem para a incerteza na psicologia se concentra nos processos cognitivos, nos efeitos emocionais e fisiológicos de estados de incerteza, bem como de imprevisibilidade e de incontrolabilidade (SMITHSON, 2009). Incerteza, neste sentido, é um problema geralmente experimentado. Nestas pesquisas, psicólogos normalmente assumem que incerteza induz sofrimento psíquico ou tensão, incluindo ansiedade e motivação para procurar certeza. Os psicólogos sociais têm demonstrado interesse em compreender como a incerteza afeta socialmente a interação e a comunicação (GAO; GUDYKUNST, 1990), e também em como afeta o julgamento e a avaliação social (VAN de BOSS, 2001, 2009). A lição geral é que a experiência de incerteza muitas vezes leva as pessoas a comportamentos e crenças que são potencialmente problemáticos, devido a uma necessidade cognitiva e / ou emocional subjacente que busca alcançar segurança.

A terceira abordagem para a incerteza identificada por Smithson (2009) advém de pesquisas voltadas para a tomada de decisão. Esta abordagem assume uma perspectiva de processamento de informações a nível cognitivo e se relaciona com outras abordagens para a tomada de decisões fora da psicologia, incluindo estudos sobre o comportamento organizacional, economia e economia comportamental. Os trabalhos de Kahneman e Tversky (1982) e Kahneman (2012) são os melhores exemplos desta abordagem. A preocupação central é a compreensão e a identificação de tendências cognitivas e heurísticas, e de vieses que as pessoas confiam na tomada de decisões em condições de incerteza. A abordagem destes autores será retomada à frente.

Estudos organizacionais

Sociólogos organizacionais há muito tempo têm se interessado na forma como a incerteza impulsiona o comportamento organizacional. Os primeiros trabalhos da Escola de Carnegie sobre os aspectos cognitivos comportamentais da tomada de decisão organizacional se concentram nas formas como limites práticos restringem ou limitam o comportamento racional (MARCH; SIMON [1958] 1993). Em face da incerteza, atores organizacionais muitas vezes dependem de padronização do comportamento e respostas (CYERT; MARCH [1964] 1992). A incerteza contribui para um tipo de decisão subóptima, devido à racionalidade limitada observada em decisões organizacionais.

A incerteza também tem desempenhado um papel central no trabalho de desenho organizacional (THOMPSON, 1967 e GALBRAITH, 1973). As organizações não podem ter pleno conhecimento de seu ambiente; contudo, devem buscar antecipar o imprevisto. Um dos objetivos no projeto organizacional é, apesar da não eliminação completa da incerteza – como já discutido, isto é impossível, entender como se lida com ela, ou então, como se a gerencia. Isto significa não só prestar atenção às várias fontes de informação, através da divisão do trabalho, especialização e atualmente tecnologias Big Data, mas também, à concepção de uma organização que é sensível às informações não previstas através da integração bem-sucedida ou coordenação das partes.

Além das teorias das organizações, o problema da incerteza também desempenha um papel central na literatura sobre as organizações que operam em

ambientes de elevada incerteza, como aquelas organizações pautadas necessariamente pela busca da inovação. A complexidade de ambos, tecnologias e grandes organizações, acarretam dificuldade na realização de uma avaliação precisa das situações, ações, projetos e consequências. Neste sentido, Townsend (1969) levanta duas questões centrais quando a questão é a escolha de projetos de investimento: “Será que a administração dará preferência a projetos com resultados conhecidos em face daqueles cujos resultados são incertos? O valor de uma proposta de investimento será reduzida de acordo com seu nível de incerteza?”

Com a ameaça de custos financeiros elevados, a gestão de riscos e da incerteza e o desenvolvimento da inteligência organizacional é fundamental. Indiscutivelmente, um dos elementos que separa e define diferentes abordagens para este fim é uma avaliação organizacional particular da natureza da incerteza e da capacidade ou incapacidade dos seres humanos e das organizações de obter informações e antecipar problemas e oportunidades.

No contexto da tomada de decisões organizacionais, a definição dada por Zimmermann (2000) é, do nosso ponto de vista, particularmente adequada:

“A incerteza implica que em uma determinada situação a pessoa não possui a informação que é quantitativa e qualitativamente adequada para descrever, prescrever ou prever de forma determinística e numericamente um sistema, o seu comportamento ou outra característica.” (ZIMMERMANN, 2000, p.192)

Estudos culturais e da Sociedade

Outra área dentro das ciências sociais em que o conceito de incerteza recebe atenção é no campo teórico que discute o seu papel e o do risco na cultura e na sociedade moderna. Dentro desta área de pesquisa, tem havido ênfase em ambos: cultura e elementos estruturais, enquanto relacionados com problemas classificados como “de risco”. Douglas e Wildavsky (1983) discutem a cultura da exploração do risco, e como as percepções de risco estão vinculados a ideais culturais sobre o que constitui uma boa sociedade. Medos e preocupações sobre certos perigos não refletem necessariamente riscos reais, mas ansiedades culturais emolduradas dentro de uma organização social particular.

Cerulo (2006) argumenta que a cultura desempenha o papel de prevenir as pessoas de anteciparem o pior resultado possível, distorcendo suas percepções e proporcionando uma visão excessivamente otimista. Embora este trabalho enfatize o problema da percepção de risco, o problema da incerteza aparece ao fundo. A cultura molda as áreas de incerteza que recebem mais atenção dentro um determinado contexto social e, portanto, as áreas de incerteza que as pessoas podem deixar de ver.

Beck (1992, 2009) argumenta que uma das marcas do mundo pós-industrial globalizado é a distribuição desigual de riscos e perigos. Os avanços científicos e tecnológicos trouxeram com eles o potencial indescritível e incalculável para o ser humano. No entanto, esse potencial não é acessível de forma igualitária, especialmente em uma economia globalizada. Esta dinâmica política implica que os que têm poder são capazes de minimizar negativamente as incertezas em suas vidas, enquanto aqueles da camada inferior têm vidas expostas a ainda mais incertezas.

Incerteza nas ciências sociais – Economia

De todas as ciências sociais, a economia é o campo que mais tem dado atenção para a incerteza. Na visão de Quiggin (2009), a história do conceito de incerteza na economia pode ser resumida a uma tentativa de “domar e domesticar incerteza”. Devido ao interesse na economia de modelar o comportamento econômico, a incerteza se coloca como um problema real. Encarada tanto de forma objetiva, quanto como um fenômeno subjetivo, lidar com a incerteza metodologicamente desafia muitos dos pressupostos que embasam os esforços de modelar a dinâmica econômica.

Em 1921, ambos economistas John Maynard Keynes e Frank Knight publicaram livros que tratavam, em parte, deste problema. Em seu *Treatise on Probability* (1920), Keynes realiza uma discussão sobre o estabelecimento de relações lógicas entre duas proposições, com base em uma avaliação probabilística subjetiva da certeza sobre uma crença e a acuracidade real daquela crença. Enquanto algumas relações entre duas preposições podem ser estabelecidas probabilisticamente, existem alguns casos em que nenhuma relação numérica pode

ser definida. Keynes considera essas instâncias para refletir sobre uma espécie de incerteza fundamental sobre o mundo (LAWSON, 1985; DEQUECH, 2000).

Em *Risk, Uncertainty and Profit* (1921), Knight oferece uma distinção básica de definição entre risco e incerteza. O risco é mensurável, e as probabilidades das diferentes possibilidades de resultados são conhecidas. Incerteza se refere às incógnitas que não podem ser quantificadas. Para ambos, Keynes e Knight, a incerteza inerente ao mundo também explica comportamentos sociais aparentemente irracionais. Para Keynes, a longo prazo, a incerteza cria a dependência no pensamento convencional; para Knight, cria o desenvolvimento de organizações grandes e hierárquicas capazes de lidar com ela. Segundo Kelsey e Quiggin (1992), as similaridades entre Keynes e Knight influenciaram as escolas econômicas pós-Keynesianas e Austríacas; contudo, mesmo sendo autores frequentemente citados, tais semelhanças não conseguiram se firmar no *mainstream* das ciências econômicas.

Na perspectiva de Schumpeter (1942) e Shackle (1949, 1955), a incerteza é um elemento relacionado à introdução de mudanças no sistema econômico, e influencia o empreendedorismo. A variedade de procedimentos considerados eficazes para lidar com possibilidades variadas é um componente indissociável do empreendedorismo e do comportamento inovador. Nesta perspectiva, o gerenciamento da incerteza não se trata apenas da análise de fontes de ameaças, mas também de oportunidades, interagindo diretamente com a imaginação, intuição e a inovação.

No entendimento de Wakeham (2015), a incerteza, entendida como uma característica inevitável e objetiva do mundo não é facilmente contabilizada em modelos econômicos tradicionais; portanto, haveria um distanciamento por parte dos economistas, que ignoram ou abandonam definições e aplicações específicas de incerteza. Em vez disso, alternativas de incerteza pautadas na percepção subjetiva do fenômeno se tornaram mais proeminentes. Ser capaz de incorporar estimativas subjetivas de probabilidade – expressas ou reveladas – sem levar em conta sua precisão, isto é, ignorando se estas estimativas refletem características objetivas do mundo real, é em modelos econômicos um elemento central para o desenvolvimento da teoria da utilidade esperada.

Von Neumann e Morgenstern (1944) propõem que as avaliações de resultados sejam feitas através de sua utilidade esperada, isto é, o valor

subjetivamente atribuído a um evento, um bem ou um aspecto, e que a utilidade esperada é sujeita a variações. Isso permitiu que os economistas explicassem por que as pessoas muitas vezes eram avessas ao risco em condições de incerteza.

Desde 1970, um crescente corpo de dados empíricos advindos da psicologia tem demonstrado que os indivíduos consistentemente violam as previsões da teoria da utilidade esperada (KAHNEMAN e TVERSKY, 1979, 1982; KAHNEMAN, 2012). No lugar de teoria da utilidade esperada, os autores propõem a teoria da prospectiva, que leva em conta as dimensões psicológicas da decisão. A teoria prospectiva divide o processo de escolhas em duas fases: a primeira, edição (*framing*), e a segunda, enquadramento e avaliação. Na fase de edição, as pessoas simplificam as opções e os resultados disponíveis por meio de uma variedade de heurísticas ou de atalhos cognitivos, que são determinados pelo contexto da formulação do problema, e tal a edição ou enquadramento faz com que a fase de avaliação seja mais fácil. Na segunda fase de avaliação, as pessoas avaliam os resultados ou as perspectivas de decisão, na sequência de várias regras psicológicas; por exemplo, definem uma posição *ex-ante* para julgar ganhos ou perdas.

Na visão de Kahneman (2012) e Wakeham (2015), a lição fundamental é que, sob condições de incerteza, o comportamento individual não é consistente com o modelo do agente racional, mas existem padrões de comportamento relativamente previsíveis. Essencialmente, vale notar que a mente das pessoas aproveita até as peças mais frágeis disponíveis do contexto para criar uma narrativa. O objetivo é impor uma sensação subjetiva de certeza em uma situação com incerteza objetiva. Às vezes, isso leva as pessoas a superestimarem os potenciais custos e subestimar os benefícios. Esta perspectiva contribuiu diretamente para o desenvolvimento de novos campos, como a economia comportamental e as finanças comportamentais. No entanto, o problema da modelagem ou teorização sobre incerteza nos sistemas econômicos é uma questão permanente.

Diversos autores contribuíram para a elaboração de tipologias e conceitos sobre a incerteza num contexto de tomada de decisão. Ao nosso ver, estas tipologias servem como base para distinguir condições de incerteza e nortear a busca de conhecimento relevante nas organizações. Sendo assim, acreditamos que a percepção e a categorização de condições de incerteza são importantes fontes de reflexão para a composição de estratégias de seleção em P, D&I.

Dequech (2011) propõem uma tipologia que combina três distinções, entre: incerteza substantiva e processual; Incerteza fraca e forte; e ambiguidade e incerteza fundamental. O autor explica que a primeira distinção foi proposta por Giovanni Dosi e Massimo Egidi (1991) entre incerteza substantiva e processual. A incerteza substantiva resulta de "a falta de toda a informação que seria necessária para tomar decisões com determinados resultados". Em contrapartida, a incerteza procedural decorre de limitações nas capacidades computacionais e cognitivas dos agentes para perseguir inequivocamente seus objetivos, dada a disponibilidade Informação. Estes termos são usados em analogia com a distinção de Herbert Simon entre racionalidade substantiva e procedural.

A segunda distinção é entre incerteza fraca e forte. Com uma incerteza fraca, um agente pode formar - ou agir como se formasse - uma distribuição de probabilidade única, aditiva e confiável. Em contraste, uma incerteza forte é marcada pela ausência de tal distribuição, utilizada de forma explícita ou implícita. Como originalmente proposto, esta era uma distinção entre os tipos de incerteza causados pela escassez de informações relevantes e de boa qualidade (Dequech, 2011).

A terceira distinção é entre ambiguidade e incerteza fundamental, dois tipos de incerteza forte e substantiva. "A ambigüidade é a incerteza sobre a probabilidade, criada por informações faltantes que são relevantes e podem ser conhecidas". A incerteza fundamental, em contraste, é caracterizada pela possibilidade de criatividade e mudanças estruturais não predeterminadas. Se refere a situações nas quais, pelo menos, algumas informações essenciais sobre eventos futuros não podem ser conhecidas no momento da decisão, porque essas informações não existem e não podem ser inferidas de qualquer conjunto de dados existente.

Em Dequech (1999) o autor explica que essa caracterização da incerteza fundamental é basicamente uma abordagem ontológica. Este critério ontológico foi adotado por Davidson (1996) para distinguir a incerteza de outras situações, com base na diferença entre o que ele chama de uma realidade transmutável e imutável. A questão abordada neste trabalho é se a incerteza fundamental implica uma ausência completa de conhecimento sobre eventos futuros, isto é, ignorância completa. Dequech (1999) argumenta que a existência de práticas sociais (ou seja, leis, convenções e costumes) tende a dar alguma estabilidade (ou inércia) ao longo do tempo à realidade existente. No entanto, os indivíduos são mais ignorantes em

algumas situações do que em outras, a diferença entre essas situações depende da existência e da prevalência de práticas institucionais estabilizadoras. É neste sentido específico que o grau de incerteza fundamental pode ser maior em algumas circunstâncias do que em outras. Por outro lado, independentemente dos conhecimentos que os tomadores de decisão possuam, esse conhecimento é necessariamente incompleto.

Dequech (1999) defende uma concepção da realidade social caracterizada pela complexidade e sujeita a mudanças estruturais não predeterminadas; habitados por indivíduos que não têm apenas capacidades limitadas, mas também o potencial de pensamentos e atos criativos; caracterizada por instituições que afetam indivíduos de maneira profunda; E muitas vezes sofrendo mudanças tecnológicas cumulativas. Tal realidade é caracterizada por incerteza procedural e fundamental.

Considerações sobre a gestão da incerteza em P, D&I

Esta revisão sobre o tema da incerteza buscou discutir como este objeto de pesquisa vem sendo tratado por diferentes campos das ciências sociais. Ademais, sob uma perspectiva epistemológica, buscamos de forma resumida apontar os principais questionamentos de cada campo. Damos ênfase no tratamento da incerteza nas ciências econômicas por seu papel central neste campo. Entendemos que este, ao se propor interpretar a dinâmica dos sistemas socioeconômicos, deve necessariamente interpretar e tentar gerenciar a incerteza e a complexidade que os caracterizam.

É interessante notar que, em relação ao tema do apoio à decisão em P, D&I, diferentes conceitos trazem contribuições importantes. Como comentado anteriormente, o que influencia a adoção de um determinado conceito é a percepção e o entendimento particular de cada organização sobre sua capacidade de antecipar problemas e oportunidades. Contudo, é interessante ressaltar que o entendimento adotado tem influência sobre os modelos propostos e sua validade preditiva.

Em relação a uma conceituação voltada a construção de sistemas de apoio à decisão para P, D&I apresentamos uma tipologia que aglutina diferentes conceitos com base em três dimensões conceituais da incerteza: 1-Incerteza

Fundamental/Verdadeira, 2-Incerteza Epistemologica/procedural e 3-Incerteza subjetiva.

1-Incerteza Fundamental/Verdadeira

A incerteza em um sentido fundamental verdadeira é, por definição, caracterizada pela ausência de conhecimento confiável sobre todos os aspectos do resultado de qualquer decisão. Além disso, pela possibilidade de criatividade e de mudança estrutural não pré determinada. Porém, não se trata de uma condição onde há ignorância total, mas que ela existe em diferentes níveis em relação a diferentes tipos de decisão, o que diz respeito a qualquer decisão para as quais as consequências não são imediatas. No sentido discutido por George Shackle traz consigo oportunidades, bem como ameaças (SHACKLE, 1955).

2-Incerteza Epistemologica/procedural

No caso da incerteza epistemológica procedural, parte da realidade que constitui o problema de decisão é complexa e povoada por agentes individuais ou coletivos com capacidades mentais e computacionais limitadas. Ela é causada por lacunas no conhecimento que podem ser alcançadas pela pesquisa ou pela investigação. Na visão de Dequech (2011) - e adotada nesta tipologia - a noção de incerteza procedural é compatível com, e complementar, a noção de incerteza fundamental sua visão é de que casos empíricos de incerteza fundamental coexistem com incerteza procedural, enquanto a incerteza procedural pode existir sem o tipo fundamental.

O grau de incerteza procedural pode variar com pelo menos dois fatores: A capacidade computacional das pessoas pode mudar ao longo do tempo, com melhorias tecnológicas, como o advento de novos computadores. Além disso, dependendo de como é interpretado, a incerteza epistemológica procedural pode desaparecer com a passagem do tempo e se transformar em uma situação de risco ou de certeza. A noção de incerteza forte e fraca também pode ser associada a este conceito sob a ótica da disponibilidade de dados e qualidade das informações disponíveis.

Nosso entendimento é de que, na maioria das vezes, as incertezas que as organizações enfrentam acabam sendo interpretadas de forma objetiva com base principalmente na dimensão epistemológica procedural. Sob esta ótica, investimentos em inteligência organizacional – como tecnologias Big Data – tentam gerenciar a incerteza no intuito de reduzi-la.

3-Incerteza subjetiva.

Já a dimensão subjetiva da incerteza se refere à percepção da incerteza sobre o possível resultado de algum curso de ação e merece atenção especial quando a questão é o apoio à decisão a P, D&I por três fatores:

- 1- A forma como a incerteza influencia o comportamento e a como o contexto social molda a percepção e a experiência da incerteza sob a ótica cognitiva e emocional. Sob esta ótica, ganham protagonismo os estudos sobre comportamento e estrutura organizacional, e também, as influências da estabilidade institucional dos atores que compõem o sistema socioeconômico. Deste alicerce deriva a abordagem de sistemas de inovação e suas funções de indução e bloqueio, e como estas ações influenciam a percepção de incerteza e o comportamento organizacional.
- 2- Os impactos da percepção subjetiva da incerteza especificamente nos contextos onde há ausência de informação ou onde a qualidade da informação é ruim onde a decisão se baseia apenas na intuição estando suscetível a heurísticas e vieses. Neste sentido, é particularmente interessante a ideia de que existem diferenças mensuráveis na forma como os indivíduos respondem à incerteza, (SORRENTINO e RONEY, 2000; BERENBAUM *et al.*, 2008).
- 3- Além disso, quando o foco é a inovação requer admitir uma incerteza de natureza cognitiva, relacionada ao próprio comportamento humano, e como processos individuais irracionais como a intuição e a imaginação se desenvolvem. Sugerimos o conceito de incerteza cognitiva emocional associado ao conceito de incerteza subjetiva, que se refere à incapacidade de compreender como intuição e imaginação tomam forma admitindo um componente singular e pessoal, isto é, que se tratam de experiências únicas no tempo sob a perspectiva de cada indivíduo.

No item a seguir, buscaremos analisar o papel da intuição e da imaginação centrais no comportamento preditivo. Nosso intuito será discutir o que se sabe até o momento sobre como a decisão intuitiva é formulada e como seus atributos e características podem ser incorporados em modelos de apoio à decisão em P, D&I.

1.3. A natureza da decisão: Intuição e Imaginação

No item anterior, sugerimos o conceito de incerteza cognitiva emocional associado a dimensão subjetiva da incerteza, que se refere à incapacidade de compreender objetivamente como intuição e imaginação tomam forma. Nosso ponto de vista admite um componente singular e pessoal nestas experiências, que se tratam de fenômenos únicos no tempo sob a perspectiva experiencial de cada indivíduo. Neste item, iremos aprofundar essa discussão buscando analisar como esses processos intuitivos e conjecturas imaginativas se formam e como estão relacionados à inovação. O intuito é apontar características destes processos mentais passíveis de serem incorporadas em abordagens de apoio à decisão em P, D&I e, ademais, delimitar conceitos importantes que se colocam entre o comportamento preditivo e a gestão da inovação.

O que é a intuição?

Os estudos sobre o papel da intuição e sua relação com o processo decisório são uma preocupação de longa data que permeia diferentes áreas do conhecimento, dentre elas a psicologia, as ciências econômicas e a gestão organizacional (AGOR, 1984; BARNARD, 1938; SIMON, 1987). De maneira geral, pode-se dizer que o termo intuição é utilizado como um termo “guarda-chuva”, no qual estão abarcadas diferentes definições sobre o tema – muitas vezes controversos e advindos de diferentes campos do conhecimento. O problema central nos estudos sobre a intuição reside na tarefa complexa de identificar o fenômeno, descrevê-lo, analisá-lo e mensurar seu impacto positivo ou negativo em dado contexto de uma decisão tomada intuitivamente.

Hammond *et al.* (1987) destaca que a falta de acordo sobre o que constitui a intuição, acentuada pela esparsa terminologia disponível, resultou em uma profusão de definições inconsistentes e até mesmo contraditórias, o que por sua vez dificulta a comparação de resultados de diferentes estudos. Para Sinclair e Ashkanasy (2005), a questão central é: “Como pode a intuição, operando principalmente além da consciência através de sentimentos e imagens ser mapeada?” (SINCLAIR e ASHKANASY, 2005, p.5). Segundo esses autores, quando

os pesquisadores das ciências cognitivas enfrentaram a questão, depararam-se com a falta de vocabulário para descrever experiências intuitivas. Conforme discutido por Davis-Floyd e Arvidson (1997), analisar a intuição poderá exigir uma abordagem interdisciplinar que combine *insights* de diversas perspectivas.

Dada a natureza efêmera do fenômeno, ou da experiência, as iniciativas de pesquisas empíricas foram inicialmente limitadas a técnicas qualitativas que incluem tentativas de capturar o processo intuitivo através de auto introspecção (FERGUSON, 1999) bem como investigação por meio de entrevistas (LANDRY, 1991) ou análise de conteúdo em periódicos (MORRIS, 1990). Um modelo da experiência intuitiva foi construído por Petitmengin-Peugeot (1999) através de investigação fenomenológica. Outra vertente de pesquisa dedicou-se ao aperfeiçoamento de escalas para a análise da intuição: estas pesquisas têm sido realizadas principalmente dentro do campo da psicologia (EPSTEIN, 1996).

Dois grandes categorias a que o termo intuição se associa podem ser destacadas. Na primeira categoria, os pesquisadores compreendem a intuição como um fenômeno baseado na experiência, isto é, no conhecimento tácito acumulado que é recuperado através de reconhecimento de padrões (SIMON, 1987; BEHLING e ECKEL, 1991; BROCKMAN e ANTHONY, 1998; KLEIN, 1998). A segunda categoria salienta a importância de elementos sensoriais e afetivos nos processos intuitivos (BASTICK, 1982; EPSTEIN, 1998; PARIKH *et al.*, 1994; PETITMENGIN-PEUGEOT, 1999).

Diversos autores concordam que a intuição é uma forma de processamento de informação diferente do raciocínio analítico, porém poucas definições adicionam novos elementos. Para Simon (1987), a intuição está diretamente relacionada ao reconhecimento de padrões. A intuição pode ser usada para descrever o comportamento de tomada da decisão que é rápida, e para a qual se é incapaz de descrever em detalhes o raciocínio ou outros processos que produziram a resposta. De Groot (1986) e Dreyfus e Dreyfus (1986) criticam a ideia de que a intuição é apenas reconhecimento de padrões: para estes autores, também haveria aspectos construtivos e produtivos, o que significaria que a intuição não só reproduz soluções anteriores, mas também combina criativamente elementos para produzir novas soluções.

Para Hammond (1996), a intuição é um processo cognitivo que de alguma forma produz uma resposta, uma solução, ou uma ideia, sem o uso de um processo consciente logicamente defensável passo a passo Segundo Hogarth (2001), a essência da intuição ou das respostas intuitivas é que elas são atingidas com pouco esforço aparente, e, normalmente, sem consciência. Para Kahneman e Tversky, a intuição é definida como "pensamentos e preferências que vêm à mente de forma rápida e sem muita reflexão" (KAHNEMAN, 2012). Myers (2004) define a intuição como: "Nossa capacidade de obter conhecimento direto, por uma visão imediata, sem observação ou razão".

Aparentemente, os autores acima mencionados concordam que a intuição é um tipo de informação adquirida sem o raciocínio consciente, deliberativo, mas não a identificam de forma substantiva. Apesar das diferenças conceituais que cercam o termo na visão de Shapiro e Spence (1997), a maioria dos pesquisadores reconhecem que: 1- Eventos intuitivos se originam além da consciência; 2- A informação é processada de forma holística, e 3- Percepções intuitivas são frequentemente acompanhadas pela emoção. Contudo, permanece o desafio de construir um conceito que delimite o campo de atuação de pesquisas sobre a intuição e descreva seu funcionamento, principalmente que circunscreva como a intuição se relaciona com a construção de conjecturas imaginativas e como este processo influencia e é influenciado pela dinâmica dos sistemas sociais.

Para Epstein (2010), a construção conceitual sobre a intuição deve responder a oito perguntas: 1- Quais são as condições de contorno da Intuição? 2- A análise da intuição deve se valer apenas de crenças válidas? 3- Quais são os princípios e atributos do processamento operacional intuitivo? 4- Existe uma fonte da intuição que identifica a própria essência do processamento intuitivo e pode responder por seus outros atributos? 5- É necessária uma teoria Dual de processamento intuitivo e analítico ou eles podem ser explicados por um processo único? 6- Quão importante é o papel da experiência na intuição? 7- Quão importante é o papel das emoções no processo intuitivo? 8- Quais são as vantagens e desvantagens do processamento experiencial/intuitivo e do processamento racional/analítico?

Acreditamos que a definição dada por Sinclair e Ashkanasy (2005) é particularmente adequada para fins de gestão da P, D&I:

“Definimos a intuição como uma informação processada de modo não-sequencial, que compreende elementos cognitivos e afetivos e resulta diretamente em conhecimento sem qualquer uso de raciocínio consciente.” (SINCLAIR e ASHKANASY, 2005, p.7)

A breve síntese apresentada nesta seção teve como objetivo discutir as peculiaridades acerca dos fenômenos/experiências intuitivas e as dificuldades na construção de um conceito definitivo. Sob uma perspectiva epistemológica, podemos afirmar que o tema da intuição é majoritariamente interdisciplinar e, devido à sua natureza efêmera e pessoal, é controverso, devido à complexidade em delimitar o fenômeno objetivamente e analisá-lo cientificamente. No próximo item, daremos ênfase no papel da intuição no pensamento econômico.

Intuição e as ciências econômicas

Assim como em outras áreas do conhecimento, a preocupação a cerca do papel da intuição também foi objeto de discussão nas ciências econômicas. Mesmo sendo um tema nebuloso e controverso, é provavelmente neste campo das ciências sociais que as repercussões conceituais sobre a intuição influenciam diretamente a construção de teorias sobre o comportamento humano, modelos preditivos e, conseqüentemente, o delineamento de políticas e estratégias com impactos nos sistemas sócioeconômicos.

No livro *Two Minds: Intuition and Analysis in the History of Economic Thought* de Roger Frantz (FRANTZ, 2005), o tema da intuição e sua relação com o pensamento econômico é analisado. Este autor destaca que diversos economistas também refletiram sobre a questão em suas teorias. Frantz explica que a economia e os estudos sobre a intuição se distanciaram na medida em que os economistas foram se aproximando cada vez mais de modelos quantitativos. Foi apenas nas últimas décadas que os economistas começaram a discutir novamente sobre "a intuição por trás do modelo". Contudo, o funcionamento mental e a intuição são questões permanentes para as ciências econômicas, principalmente pela sua inegável proximidade com o empreendedorismo e a inovação.

Vale recordar que o funcionamento da mente humana atraiu a atenção de três proeminentes economistas, quando estes ainda estavam no início de suas carreiras. O primeiro foi Adam Smith (1980 [1795]), que provavelmente estava

respondendo a David Hume, sobre a argumentação de que não poderia haver nenhuma forma de demonstrar a verdade suprema de qualquer proposição empírica, seja por dedução ou experimentação; e à proposta de Hume de que por isso devemos procurar compreender como as pessoas chegam a aceitar determinadas proposições como verdadeiras. Smith desenvolveu uma teoria psicológica sobre as motivações e processos imaginativos, na qual os fenômenos estão reunidos em categorias e causalmente relacionados a outras categorias, através do que ele denominou "princípios de Ligação/Conexão". Ele argumentou que a concentração gradual de atenção no desenvolvimento destes princípios de ligação poderia ser aplicada para as principais categorias de fenômenos, o que levou ao surgimento da ciência como uma atividade de identificação. Na sequência, a crescente especialização entre os campos da ciência acelerou o crescimento do conhecimento. Os efeitos de uma divisão de trabalho de geração de conhecimento dentro da economia, posteriormente, se tornaram a sua explicação fundamental da riqueza das nações (SMITH, 1981 [1776]).

O segundo autor é Alfred Marshall (1994), que postulou uma "máquina" equipada com um sistema operacional (corpo), que poderia receber impressões e executar várias ações, e um sistema de controle (cérebro), que se comunica apenas com o "Corpo" e trabalha com "ideias" de impressões e ações. Esta distinção entre corpo e cérebro imediatamente excluiu qualquer percepção direta de dados externos; ideias são representações. Marshall passou a considerar como essas representações são formadas: como, e por que, elas podem ser modificadas? O cérebro da máquina consiste de nós e de uma matriz de possíveis ligações entre eles, e no decurso do funcionamento da máquina uma combinação de feedback positivo e negativo seria gradualmente construída. Há fortes ligações entre "ideias" de impressões repetidas que o "corpo" recebe de seu meio ambiente e "ideias" dessas ações repetidas em resposta que levam a consequências aceitáveis. Desenvolveu-se, assim, gradualmente, um conjunto de rotinas de auto reforço.

Foi o terceiro do trio, Friedrich Hayek, que produziu a teoria mais elaborada da mente humana. Como seus dois antecessores, o estímulo foi o encontro com problemas de conhecimento. Neste caso, o que o intrigava eram as diferenças substanciais entre nossas percepções sensoriais e as formulações científicas que eram posteriormente desenvolvidas para representar o mesmo fenômeno. Estas formulações descartavam progressivamente qualidades sensoriais

em favor das relações entre objetos (HAYEK, 1952), e no processo de ter criado categorias físicas que não coincidiam com as nossas categorias sensoriais. A solução de Hayek para este problema envolve o conceito de mente como uma estrutura de conexões, cada grupo resultante da interação com ambientes particulares. Estas interações podem ocorrer durante o desenvolvimento da espécie ou do indivíduo. Hayek evitou cuidadosamente qualquer tentativa de delimitar o domínio de cada tipo de desenvolvimento, a fim de enfatizar seu argumento fundamental de que as ordens sensoriais e físicas são construídas por processos evolutivos semelhantes, mas separados que resultam em sistemas diferenciados de ligações. Ordens sensoriais e físicas – e, por extensão, todos os tipos de conhecimentos, incluindo "conhecimento de que", "conhecimento porque", "conhecimento de quem" e "conhecimento de como" – são representadas por conexões físicas dentro do cérebro e existem como conjuntos de relações que são impostas aos eventos.

Portanto, "tudo que nós sabemos sobre o mundo é da natureza das teorias e tudo o que a "experiência" pode fazer é mudar estas teorias" (HAYEK, 1952, p. 143). Note-se que esta conclusão pode também ser derivada a partir da teoria psicológica de Smith, e do argumento de Hume contra a verdade demonstrável. Aplica-se tanto ao conhecimento que resulta do desenvolvimento das espécies quanto ao conhecimento que é desenvolvido dentro do indivíduo, sem levar em conta as diferenças destes processos.

Na visão de Loasby (2004), a teoria de Hayek pode ser interpretada como a combinação das ideias de Marshall com o relato dos processos mentais de Smith; o conceito-chave compartilhado por todos os três é a formação de ligações selecionadas, que são corroboradas ou refutadas pelas consequências percebidas da sua aplicação para a compreensão ou para ação.

Embora importantes autores do campo econômico tenham enfrentado as questões relacionadas ao complexo funcionamento da mente humana, as ciências econômicas carecem de uma teoria específica sobre a intuição. Numa tentativa neste sentido, Hayek e Simon são provavelmente os que mais se aproximaram do tema. Ademais, Smith, Marshall, John Stuart Mill, Schumpeter, Shackle, J. M. Keynes e J. N. Keynes discutiram o papel da intuição em vários aspectos da economia.

Para Joseph Schumpeter, a intuição é um ato cognitivo pré-analítico relacionado com o comportamento empreendedor. Este autor apresenta o empreendedor como um líder que orienta a economia para novos caminhos; uma pessoa que toma medidas para o incerto, para o desconhecido quando a presente compreensão dos fenômenos econômicos já não é aplicável; ou então, quando a tradição já não é um guia confiável. Na visão Schumpeteriana, a intuição fornece a matéria prima para o esforço analítico posterior. Sob esta perspectiva, a visão intuitiva motiva o pensamento analítico. Intuição e imaginação estão intimamente associadas e, como discutido nos itens anteriores, é nesta associação que reside o jogo contrafactual – ou comparação de possíveis sequências de futuros possíveis, como diria George Skackle – essencial para a gestão das atividades de P, D&I.

"Aqui o sucesso de tudo depende da intuição, da capacidade de ver as coisas de uma maneira que depois prova ser verdade, mesmo que ela não possa ser estabelecida no momento, e de apreender o fato essencial, descartando o supérfluo, mesmo embora quando um não pode se dar conta dos princípios pelos quais isso é feito." (SCHUMPETER, 1912, p. 85)

Na visão de Frantz (2005), diversos economistas assumem, explícita ou implicitamente, que vivemos em um mundo repleto de incertezas, e que o comportamento humano pode ser imprevisível – o que prejudica a descrição empírica de regularidades. Outro aspecto importante é que os economistas discutidos em seu livro também assumem a metáfora, explícita ou implicitamente, de que os seres humanos têm duas mentes, isto é, dois modos de conhecer, pensar, ou de transformar a informação, sendo estas a mente analítica e a mente intuitiva, complementares uma a outra.

O papel da intuição tem forte influência sobre o pensamento econômico, devido à natureza das questões que este campo se propõe a analisar, como a inovação. Ademais, sob uma ótica prática, do ponto de vista dos economistas discutidos em Frantz (2005), a intuição pode ser uma ferramenta valiosa nas decisões que envolvem alta incerteza. Contudo, o comportamento empreendedor não se limita apenas a uma boa percepção intuitiva; o esforço mental imaginativo necessário para moldar uma nova realidade, que se materializa na inovação, também tem um papel essencial; no item a seguir daremos ênfase à peculiar decisão entre alternativas de futuros imaginados possíveis.

Imaginação e a Inovação

Nenhum outro economista, talvez com exceção da Hayek, colocou o problema de compreender os papéis de imaginação, criatividade e inovação no centro de seu sistema econômico como George Shackle. Qual é a natureza da decisão empresarial? Sua resposta direta seria: é uma questão de desconhecimento da ignorância necessária, e não pode ser baseada totalmente em fatos, porque estes fatos ainda não foram estabelecidos.

O argumento de Shackle, como discutido por Dequech (2011) não é que há ignorância total, mas que ela existe em diferentes níveis em relação a diferentes tipos de decisão, o que diz respeito a qualquer decisão para as quais as consequências não são imediatas. A essência de sua análise foi a de que os agentes econômicos atuam em ambientes que são compostos por diversas interconexões, em sistemas complexos em constante mudança e que a incerteza traz consigo oportunidades, bem como ameaças. Incerteza verdadeira, radical ou ontológica significa falta de conhecimento, isto é, ignorância dos dados econômicos relevantes para a tomada de decisão (SHACKLE, 1955).

O reconhecimento de falta de conhecimento é, também, o reconhecimento da existência de possibilidades rivais. Nestas condições, a única base para a escolha é a conjectura imaginativa falível. Para Shackle, nenhuma lógica de cálculo pode ser suficiente por si só para compreender a mudança econômica e suas propriedades emergentes, uma vez que é a imaginação a fonte fundamental de novidade e, portanto, da emergência econômica.

O esquema de Shackle é certamente um esquema que coloca a inovação numa perspectiva muito próxima do sentido schumpeteriano, porém levemente peculiar uma vez que identifica e descreve a gênese da inovação de forma cognitiva e pessoal. Inovação significa a impossibilidade de escolha com base no conhecimento (SHACKLE 1969/2010, p. 3). A inovação é em essência conjectura criativa, a possibilidade imaginada do mundo econômico poder ser organizado de forma diferente, combinado com a capacidade para ligar o imaginado para a ação atual. A decisão se refere a um compromisso de ações com o desconhecido e, portanto, necessariamente às possibilidades imaginadas que lhes são inerentes.

“These questions converge upon one question, the essential nature of rival choosables. I shall suggest that choice is necessarily amongst thoughts, that these are thoughts concerning deeds to be done, moves to be made, by the chooser in time to come however immediate, and that these thoughts are such that when the problem of choice has been resolved, the result is a beginning in my sense” (SHACKLE, 1979, p.II)

A natureza peculiar de decisões entre conjecturas, ou possibilidades imaginadas, não admite a adoção de probabilidades para sua análise. Com este intuito, Shackle desenvolveu o conceito de "surpresa potencial", que é uma forma não distributiva para compreender e medir os elementos subjetivos de cada indivíduo ao enfrentar diferentes resultados da escolha. É definido por Shackle como uma medida da possibilidade de o indivíduo alcançar algumas experiências imaginativas (SHACKLE, 1969/2010, p. 113). A surpresa potencial pressupõe uma medida da percepção inversa de crença – a descrença – por um indivíduo sobre as possibilidades que ele enfrenta em algum momento.

Levando em consideração que todas as possibilidades são, por definição, possíveis, e não prováveis, uma maneira lógica para analisar e diferenciar um conjunto de possibilidades é a surpresa que cada uma delas provocaria em um indivíduo quando ele a imagina acontecendo. As decisões se dão no que ele denominou intervalo epistêmico; neste intervalo as fronteiras de possibilidades são definidas por perfeita possibilidade, que significaria zero surpresa, e perfeita impossibilidade, o máximo de surpresa.

Metcalf *et al.* (2014) discute em que medida a abordagem de Surpresa Potencial (Shackle, 1955, 1969/2010) contribui para desenvolver o campo da definição de prioridades e tomada de decisão em C, T&I, tanto em planejamento estratégico de curto prazo quanto de longo prazo. A intenção é analisar como esta abordagem poderia enriquecer a previsão, seja nos negócios ou em domínios de política. Segundo estes autores, o modelo formal desenvolvido por Shackle foi radicalmente diferente do *mainstream*, por ser baseado em possibilidades imaginadas em oposição a probabilidades, juntamente com novas definições para as expectativas baseadas na noção de ascendência na decisão.

O valor de aproveitar um intelecto racional associado a uma intuição forte e imaginação criativa resultaria em percepção acurada e inovação, características importantes para as organizações, razão pela qual é justamente na gestão

organizacional que o tema foi discutido de forma mais prática e que diversas abordagens foram desenvolvidas para analisar e aproveitar esta capacidade.

Intuição na gestão organizacional

Pesquisadores da gestão empresarial ao longo das últimas décadas têm se preocupado com as relações entre a capacidade de processamento de informações pelos seres humanos e as complexidades, incertezas e dinamismo que caracterizam o trabalho dos gerentes organizacionais. Um tema constante nestes debates tem sido a questão da racionalidade humana, que é por natureza limitada, e como ela se relaciona com as decisões rápidas e estratégicas comuns ao trabalho gerencial.

De forma semelhante, as organizações, confrontadas com ambientes de negócios cada vez mais dinâmicos, incertos e dependentes da inovação, estão à procura de novas abordagens para a tomada de decisões. Hayward e Preston (1998), Kuo (1998) e Andersen (2000) argumentam que os modelos racionais lineares não têm tido resultados satisfatórios para as empresas que operam sob crescente pressão e ambiguidade.

Chester Barnard foi um dos primeiros escritores da gestão que abordou o tema e discutiu sobre a natureza, origens e as circunstâncias em que a decisão intuitiva é usada (BARNARD, 1938). Na visão dele, os processos mentais caem em duas categorias distintas, porém não necessariamente separadas: lógico e não lógico. Seu argumento é de que os executivos muitas vezes não conseguem tomar as suas decisões com base em análises lógicas e racionais, mas dependem em grande medida de respostas intuitivas a situações que exigem decisões rápidas e julgamentos complexos. Contudo, Barnard explica que, de certa forma, os gestores organizacionais estariam constantemente sujeitos a uma pressão ambígua, de natureza humana, contrária aos impulsos intuitivos, que se expressa na necessidade de apresentar motivos racionais para suas decisões, o que explicaria um menor foco no papel da intuição. Barnard não fornece um conjunto formal de critérios de distinção entre lógico e não lógico e, segundo ele, uma grande parte das decisões intuitivas acabam sendo classificadas como baseadas no bom senso. A intuição estaria fundamentada principalmente no conhecimento e experiência, e suas fontes residiriam em condições fisiológicas ou no ambiente físico e social.

Por sua vez, Herbert Simon foi o primeiro estudioso a analisar o papel da intuição na gestão e organização de uma forma sistemática. Em Simon (1955), é discutido o comportamento dos modelos de escolha racional e as limitações cognitivas da racionalidade humana. A visão explicitada nesta obra contrasta com a racionalidade global de "homem econômico" (*Homo economicus*), e a consequência lógica desta posição é que o comportamento humano no ambiente organizacional é intencionalmente racional, mas não totalmente. Simon entende o julgamento intuitivo como detentor de certas características positivas, por exemplo, a velocidade de resposta que estaria relacionada à experiência gerencial. A intuição seria resultado do rápido reconhecimento de um especialista de situações com características semelhantes a eventos passados. Estas características dariam acesso a grandes massas de conhecimento explícito e tácito advindos de aprendizagem e experiências prévias, que estariam armazenadas na memória de longo prazo.

A partir da década de 1970, estudos no campo da neurologia indicaram a especialização funcional dos dois hemisférios do cérebro. Em suma, pesquisas neurológicas indicaram que o hemisfério esquerdo é dominante para a linguagem e a fala, estando focado sempre na significação de eventos através da razão. O hemisfério direito seria dominante na visão e na solução de problemas motores, com potencial para a criatividade e imaginação, porém, deficiente na solução de problemas de forma racional¹. A noção de cérebro dividido com funções específicas foi adaptada e reelaborada por pesquisadores na área da gestão. Dentre os principais expoentes estão Henry Mintzberg, que chamou a atenção para a sua visão de que a gestão é tanto "arte" como "ciência", declarando que o planejamento é um processo de "hemisfério esquerdo" – lógico, analítico e verbal, e a gestão, um processo do "hemisfério direito" – criativo e intuitivo (MINTZBERG, 1976).

Contudo, a doutrina do cérebro dividido também sofreu críticas. Simon (1987) refere-se a esta proposta como sendo uma extrapolação, e destaca dois pontos importantes: 1- A pesquisa fisiológica não implica necessariamente que um hemisfério seja responsável pela resolução de problemas, tomada de decisão ou

¹ Para uma discussão mais aprofundada ver Gazzaniga (2002)

descoberta criativa; 2- Para os efeitos do comportamento organizacional, são as diferenças de comportamento, e não a diferença de hemisférios que são importantes. As questões importantes seriam: o que é intuição, e como ela funciona? Mesmo tendo influenciado diferentes pesquisas até a década de 1990, atualmente, os modelos fisiológicos de processamento de informações baseados na divisão do cérebro em dois hemisférios deram lugar a conceituações mais sofisticadas, focadas em uma “geografia neural hierárquica”. Novas abordagens para a análise fisiológica do processo de tomada de decisão indicam que as decisões são sustentadas por complexas redes neuropsicológicas interligadas ao longo do cérebro (KURZWEIL, 2014).

No final da década de 1990, diversas pesquisas sobre a intuição relacionadas à gestão organizacional reiteraram, confirmando ou estendendo, uma série de *insights* oferecidos por Barnard. Durante esta década, três pilares se consolidaram como base para a pesquisa sobre a intuição. O primeiro pilar é composto pelas teorias de comportamento Dual representadas no funcionamento de dois sistemas, sendo o Sistema 1: em que os processos são contextualmente dependentes, automáticos, em grande parte inconscientes, associativos, intuitivos, implícitos e rápidos; e o Sistema 2: em que os processos são contextualmente independentes de análise, baseados em regras, explícitos e relativamente lentos (STANOVICH e WEST, 2000; EPSTEIN, 1985, 2010; KAHNEMAN, 2012). O segundo pilar é a hipótese do Marcador Somático (BECHARA *et al.*, 1997), que se baseia em um estudo realizado em pacientes com lesões no Córtex Pré-Frontal Entro Medial (CPEM) que apresentaram prejuízo no julgamento e decisão em contextos da vida real. O terceiro pilar é a abordagem de Modelo de Decisão Baseado no Reconhecimento. Este modelo descreve o que os profissionais como os bombeiros, enfermeiros ou os comandantes militares fazem em condições de pressão de tempo, ambiguidade e mudanças nas condições. Esta abordagem postula que, sob condições de pressão, especialistas podem tomar boas decisões sem ter que realizar análises complexas conscientemente.

Atualmente, a relevância prática da intuição no campo organizacional está além de qualquer dúvida. Na visão de Akinci e Eugene Sadler-Smith (2012), a partir dos anos 2000, os desenvolvimentos realizados ao longo das últimas duas décadas no campo da psicologia e na neurobiologia avançaram significativamente, indicando a possibilidade de construção de uma lógica pragmática para a compreensão do que

é a intuição e seu papel nas organizações. Estes avanços impulsionaram diversos programas de pesquisa na área.

Dentre alguns trabalhos destacam-se: Hensman e Sadler-Smith (2011), que, utilizando entrevistas com executivos bancários, analisaram a confiança na tomada de decisão intuitiva no setor financeiro. A confiança na intuição foi relacionada não só com a natureza da tarefa caracterizada por fatores de incerteza e tempo, específicos da tarefa, ou por fatores individuais como experiência; mas também, por fatores organizacionais contextuais, como restrições e convenções, prestação de contas e hierarquia. Outros estudos transversais examinaram as relações entre a intuição e o desempenho em uma variedade de áreas de negócio: no desempenho da empresa (SADLER-SMITH, 2004), nas preferências de decisões estratégicas (HOUGH; OGILVIE, 2005), na estratégia e eficácia das decisões (ELBANNA e CHILD, 2007), e no gerenciamento de projetos (LEYBOURNE; SADLER-SMITH, 2006).

Esta breve revisão buscou destacar a relevância que a intuição possui no contexto cotidiano das organizações e como esta capacidade é explorada. A intuição continua sendo alvo permanente de análise para a construção de abordagens que valorizem os *insights* intuitivos, devido ao dinamismo em que se encontram imersas as organizações. Contudo, a construção de um modelo do funcionamento cognitivo no qual intuição e imaginação se associam para a tomada de decisão em P, D&I é um desafio. Sob nosso ponto de vista, importantes elementos da tomada de decisão intuitiva podem ser destacados do trabalho realizado pelos psicólogos Kahneman e Tversky, que será discutido a seguir.

Sistemas 1 e 2: Abordagem de Kahneman e Tversky

Não é novidade que uma proposta conciliadora sobre o funcionamento mental para a economia, a psicologia e diversos outros campos do conhecimento como a gestão das atividades de C, T&I. Intentos com este fim são inúmeros no campo científico, como as visões de Smith, Marshall e Hayek sobre a mente humana, e o protagonismo das construções imaginativas conforme discutido por Shackle. O ponto central é que frente à incerteza, compreensões acerca deste tema possibilitam coordenação de estímulos positivos e negativos as organizações e o delineamento

de estratégias e políticas no mínimo mais confiáveis e assertivas sob a ótica do comportamento dos agentes nos sistemas sócioeconômicos.

Este desafio recorrente é novamente retomado por Richard Nelson (NELSON, 2015), que levanta a seguinte pergunta: que tipo de teoria ampla da cognição e do comportamento caberia numa perspectiva evolucionista schumpeteriana? Sua posição é que é inútil tentar construir uma teoria geral unificada e bem estruturada do comportamento econômico, que cobrisse todos os casos relacionados à dinâmica das organizações. O reconhecimento de que existe uma variedade de diferentes modos de comportamento e, conseqüentemente, de respostas é importante para a interpretação completa do que está acontecendo e por que ocorre nas diferentes situações enfrentadas pelas organizações. No entanto, Nelson defende a adoção de uma teoria guarda-chuva ampla que seja capaz, em certo sentido, de explicar essa diversidade comportamental. Nossa visão é semelhante, e este primeiro capítulo visa contribuir com esta discussão.

Contudo, nosso intuito aqui não é formular uma teoria deste tipo; nosso entendimento é que a total compreensão a respeito do funcionamento da mente humana é inalcançável, devido a uma incerteza subjetiva de natureza cognitiva emocional que se relaciona diretamente com a aprendizagem individual e, por ser pessoal e subjetiva, inviabiliza a determinação de uma teoria geral do comportamento humano. Por mais que diversas teorias existam e possam ser formuladas, não podem e não poderão, de fato, ser colocadas à prova. Este, a nosso ver, é um tema recorrente que sempre paira etéreo nos diversos campos das ciências sociais.

Sugerimos que modelos interpretativos do funcionamento mental, por mais que não reproduzam a magnitude de processos cognitivos que ocorrem na mente, são importantes sob diversas óticas e dependentes do contexto, por exemplo, na economia, psicologia ou então no campo das ciências da computação². Na ótica organizacional voltada à gestão de projetos de P, D&I – nosso foco – principalmente

² Modelos de funcionamento mental vêm ganhando protagonismo no campo das ciências da computação, como destacado por Kurtzweil (2014), principalmente porque programadores e engenheiros da computação acreditam que as ferramentas e capacidade de processamento necessários para reproduzir a mente humana estão sendo desenvolvidas.

porque permitem analisar o processo de aquisição de conhecimento e obter *insights* relevantes sobre os dados disponíveis e a natureza das informações fornecidas e faltantes. Além disso, permitem refletir sobre possível exposição a vieses e heurísticas. Desta forma, nosso intuito é destacar, sob um ponto de vista prático, características da tomada de decisão intuitiva que devem ser levadas em conta no apoio à decisão para P, D&I.

O primeiro ponto abordado por Kahneman (2012) é a necessidade de se delimitar um vocabulário adequado para se tratar cotidianamente e empiricamente das questões relacionadas ao julgamento e ao processo decisório. A vida mental é apresentada pelos autores através da metáfora de dois agentes, chamados Sistema 1 e Sistema 2, que produzem o pensamento rápido e automático e o pensamento lento e analítico, respectivamente. Desta forma, as características do pensamento intuitivo e do pensamento deliberado são apresentadas como se fossem traços e disposições de dois personagens da mente. Esses dois personagens não são sistemas no sentido clássico de entidades com aspectos ou partes que interagem. Além disso, não estão relacionadas a um hemisfério ou a uma localidade específica do cérebro.

As operações automáticas do Sistema 1 estão relacionadas ao desenvolvimento de padrões de ideias complexas, mas apenas o Sistema 2, mais lento, pode construir pensamentos em séries ordenadas de passos. Enquanto o Sistema 1 funciona automaticamente, o Sistema 2 está em estado estacionário, de pouco esforço, em que apenas uma fração de sua capacidade está envolvida.

O Sistema 1 foi moldado pela evolução para fornecer uma avaliação associativa contínua dos principais problemas que um organismo deve resolver para sobreviver: existe alguma ameaça ou grande oportunidade? Tudo está normal? Devo me aproximar ou evitar? A principal função do Sistema 1 é manter e atualizar um modelo de mundo pessoal, que representa o que há de normal nele. O modelo é construído por associações que ligam ideias de circunstâncias, eventos, ações e resultados que coocorrem com alguma regularidade ao mesmo tempo dentro de um intervalo relativamente curto. Conforme essas ligações são formadas e fortalecidas, o padrão de ideias associadas vem representar a estrutura de eventos em nossa vida, e determina tanto a interpretação do presente como expectativas do futuro.

Uma característica essencial do funcionamento mental associativo é que ele retrata apenas ideias ativadas. Informação que não é recuperada pela memória poderia perfeitamente nem existir. O Sistema 1 se sobressai ao construir a melhor história possível e ao incorporar ideias presentemente ativadas, mas ele não considera – nem pode considerar – informação que não detém. A medida do sucesso para o Sistema 1 é a coerência da história que ele consegue criar. A quantidade e qualidade dos dados em que a história está baseada são irrelevantes. É a consistência da informação que importa para uma boa história, não sua completude. Damos mais atenção ao conteúdo das mensagens do que à informação sobre sua confiabilidade e, como resultado, terminamos com uma visão do mundo ao nosso redor que é mais simples e mais coerente do que os dados que a justificam.

Quando o Sistema 1 funciona com dificuldade, ele recorre ao Sistema 2 para fornecer um processamento mais detalhado e específico, que talvez solucione o problema do momento. O Sistema 2 é mobilizado quando surge uma questão para a qual o Sistema 1 não oferece uma resposta; ele é ativado quando se detecta um evento que viola o modelo do mundo mantido pelo Sistema 1. Ao Sistema 2 também é atribuído o contínuo monitoramento de nosso próprio comportamento, sendo mobilizado para aumentar o esforço quando se detecta um erro prestes a ser cometido. Em outras palavras, o Sistema 2 é responsável por dominar os impulsos do Sistema 1, sendo encarregado do autocontrole.

O arranjo funcional entre Sistemas 1 e 2 funciona bem na maior parte do tempo, porque o Sistema 1 é eficaz: seus modelos de situações familiares são precisos, suas previsões de curto prazo são, em geral, igualmente assertivas e suas reações iniciais a desafios são rápidas e normalmente apropriadas. Contudo, o Sistema 1 tem vieses, erros sistemáticos que tende a cometer em circunstâncias específicas, e que também se aplicam ao problema da seleção de projetos de P, D&I. Em Kahneman e Tversky (1974), três heurísticas – de representatividade, de disponibilidade e de ajuste de ancoragem – são analisadas, assim como vieses característicos dos julgamentos sob incerteza.

A pergunta que se faz com mais frequência sobre as ilusões cognitivas é se elas podem ser dominadas. Segundo Kahneman, como o Sistema 1 opera automaticamente e não pode ser “desligado”, erros do pensamento intuitivo muitas vezes são difíceis de prevenir. Os vieses nem sempre podem ser evitados, pois o Sistema 2 talvez não ofereça pista alguma sobre o erro. Mesmo quando dicas para

prováveis erros estão disponíveis, estes só podem ser prevenidos por meio do monitoramento acentuado e da atividade diligente do Sistema 2. Na visão de Kahneman, o melhor que podemos fazer é um acordo: aprender a reconhecer situações em que os enganos são prováveis e nos esforçarmos para evitar enganos significativos quando há muito em jogo.

Previsões intuitivas precisam ser corrigidas, porque não são regressivas e, por isso, são parciais. As previsões intuitivas corrigidas eliminam esses vieses, de modo que as previsões, tanto altas como baixas, têm probabilidade mais ou menos igual de superestimar e de subestimar o verdadeiro valor. Na visão de Kahneman, cometemos erros ao fazermos previsões, mas os erros são menores e não favorecem resultados nem altos nem baixos. Assim, corrigir previsões intuitivas é uma tarefa para o Sistema 2. Esforço significativo é exigido para encontrar a categoria de referência relevante, calcular a previsão de linha de base e avaliar a qualidade da evidência.

Para Kahneman, as organizações são melhores do que os indivíduos quando se trata de evitar erros intuitivos; isto porque elas “pensam” mais lentamente e têm o poder de impor procedimentos ordenados. As organizações podem instituir e impor rotinas ordenadas, fornecendo um vocabulário distinto e também podem encorajar uma cultura de vigilância a julgamentos e decisões, além disso, podem avaliar suas ações sistematicamente. Os estágios correspondentes na produção de decisões são o enquadramento do problema que deve ser solucionado, o conjunto de informação relevante que leva a uma decisão, à reflexão e à revisão. Uma organização que procure melhorar seu produto decisório deve rotineiramente buscar uma melhor eficiência em cada um desses estágios.

Um avanço importante sobre os estudos cognitivos é que a emoção hoje assoma muito maior em nossa compreensão de julgamentos e escolhas intuitivas do que o fazia no passado. Na visão de Kahneman, que é semelhante à de Herbert Simon, intuições válidas se desenvolvem quando os especialistas aprendem a reconhecer elementos familiares em uma nova situação e a agir de um modo que seja apropriado a isso.

Sem dúvida há um vasto campo a explorar na interseção entre a intuição e o apoio à decisão em P, D&I. A tomada de decisão intuitiva é uma importante fonte de informações para apoiar a seleção de projetos de P, D&I, embora, suas

características devam ser constantemente exploradas e incorporadas de forma objetiva em sistemas de apoio à decisão.

1.4. Complexidade e evolução em sistemas sócioeconômicos

Iniciamos o capítulo expondo nosso ponto de vista sobre os limites de análises preditivas e a consequência destes limites para o delineamento de estratégias que buscam a inovação. Argumentamos que a busca pela inovação é a busca pelo incerto e que o jogo contrafactual preditivo é fundamental neste processo para fins de planejamento, suas previsões se realizando ou não. Contudo, como descrever e analisar o cenário complexo no qual as atividades de P, D&I estão imersas? Elementos sociais, institucionais e tecnológicos em constante mudança podem representar um *continuum* evolutivo capaz de apoiar análises preditivas que, mesmo sendo parciais, norteiam as organizações rumo aos objetivos pretendidos?

Este item tem como objetivo explorar conceitos da abordagem de sistema adaptativos complexos aplicados à dinâmica sócioeconômica. Argumentamos que por dar espaço à imaginação, à novidade e à evolução, esta abordagem proporciona o pano de fundo metodológico apropriado para apoiar o desenvolvimento de metodologias de apoio à decisão para P, D&I. O item está organizado em três partes: a primeira discute a complexidade no pensamento econômico, a segunda destaca conceitos e características dos sistemas adaptativos complexos e a terceira destaca elementos do processo evolutivo sob a ótica individual e da empresa.

Complexidade e o pensamento econômico

Os primórdios da ciência em todas as áreas envolvem o desenvolvimento de conhecimentos informais sobre como algum aspecto da realidade opera. Os cientistas, em seguida, começam a trabalhar na simplificação desses conhecimentos informais em modelos formais. Toda a ciência funciona com base em tal simplificação e se preocupa com duas questões principais. Primeiro: como simplificar? E segundo: a simplificação apresentada perde elementos importantes do conhecimento informal que se está investigando?

Para Colander (2008), modelos estruturais convencionais estão ameaçados quando perdem mais conhecimentos do que adicionam; geralmente, quando isso ocorre decide-se que a ciência não é relevante para essa área. Contamos apenas com a nossa compreensão informal. No entanto, cientistas adeptos da abordagem da complexidade têm questionado se esse processo de simplificação estrutural convencional é a melhor maneira de se entender fenômenos de elevada complexidade. Eles concordam que o objetivo da ciência é buscar uma simplificação. Porém, diferem dos cientistas tradicionais no processo proposto. Adeptos desta perspectiva sugerem que, para sistemas complexos, uma simplificação centrada em torno de processos interativos, e não da estrutura, pode ser mais representativa. Um argumento importante defende que existem áreas científicas de complexidade elevada em que a simplicidade estrutural não pode ser alcançada.

O estudo da complexidade é essencialmente matemático e estatístico. Contudo, a natureza do uso de todo esse conteúdo é distinta. Ao invés de se tentar encontrar um modelo de análise formal, com uma solução formal para estes fenômenos complexos, a teoria da complexidade busca padrões que se desenvolvem em longos períodos de tempo, através de processos repetidos não lineares. A matemática utilizada é não linear e os modelos geralmente são abertos sem uma solução determinista única. Múltiplas soluções são possíveis. O que os cientistas da complexidade têm mostrado é que, dadas certas relações dinâmicas, certos padrões podem se desenvolver, e súbitas mudanças nestes padrões podem ocorrer. Como sistemas complexos evoluem, novos padrões emergem, e esses padrões podem assumir uma existência e vida próprias (COLANDER, 2008).

Outro elemento importante é o aumento da capacidade computacional, que tornou possível lidar com modelos muito mais complicados e que, anteriormente, não poderiam ser tratados. Atualmente, graças a avanços como a computação evolutiva e a inteligência artificial, pode-se simular, e através do computador pode-se ganhar a introspecção em modelos sem solução analítica. O desenvolvimento da tecnologia do computador tem aumentado a capacidade de se obter soluções numéricas para equações não lineares complicadas e, conseqüentemente, de se ver as implicações de forma conjuntural dos processos interativos. Isto muda a forma de como é possível analisar padrões de dados. Este conjunto de tecnologias tem sido

agrupado sob o termo “Big Data”. Sob esta ótica, ganha protagonismo o papel da simulação na ciência, conforme Axelrod (1997) destaca:

“A simulação é uma terceira forma de fazer ciência. Como dedução, ela começa com um conjunto de pressupostos explícitos. Mas, ao contrário de dedução, ela não prova teoremas. Em vez disso, uma simulação gera dados que podem ser analisados indutivamente. Ao contrário de indução típica, no entanto, os dados simulados vêm de um conjunto rigorosamente definido de regras, ao invés de uma medição direta do mundo real. Embora a indução possa ser usada para encontrar padrões em dados e a dedução possa ser usada para encontrar consequências de suposições, a modelagem por simulação pode ser usada como um auxílio à intuição”. (AXELROD, 1997, p.5)

No que tange as ciências econômicas, a abordagem da complexidade permite incorporar e analisar elementos da natureza complexa dos sistemas sociais, como as interações entre indivíduos, empresas, países, cujas ações não podem ser analisadas isoladamente. O que está em foco é a análise do sistema complexo sócioeconômico. Nestes casos, o estado de cada agente – opinião, escolha, riqueza – e comportamento concomitante são influenciados pelo estado de outros agentes. Como resultado de interações, as propriedades globais desses sistemas não são apenas o agregado do comportamento individual.

Sob uma ótica da complexidade, o sistema econômico é composto por atores heterogêneos que interagem uns com os outros e com o meio ambiente e que possuem características, expectativas e regras de comportamento diferentes. Além disso, os atores estão em constante processo de aprendizagem, gerando sistemas econômicos que se transformam no tempo (IPEA, 2015). Arthur (2013) define a economia como um conjunto vasto e complicado de acordos e ações em que agentes, consumidores, empresas, bancos, investidores, governo e agências compram, vendem, especulam, comercializam, supervisionam, oferecem produtos, oferecem serviços, investem em empresas, criam estratégias, exploram, preveem, competem, aprendem, inovam e se adaptam.

Em contraste, desdobramentos do pressuposto da racionalidade são que agentes que perseguem objetivos idênticos irão atuar exatamente da mesma forma e, conseqüentemente, a economia agregada pode ser percebida através da análise do comportamento de um agente representativo. O paradigma do agente representativo racional serviu como referência para uma geração inteira de

economistas. Afinal, se há um cálculo racional maximizador, não há razão para não ser adotado.

Na visão de Foster (2005), a questão central reside na incerteza. Como discutido anteriormente, não há como aproximar a tomada de decisão econômica quando existe incerteza. Esta situação de indefinição é, na visão de Foster, a conjectura típica em que ocorrem mudanças tecnológicas, organizacionais e institucionais, e essas mudanças, por sua vez, podem criar novas incertezas em um sistema econômico.

Esta ideia já persiste há algum tempo. Economistas neoaustríacos modernos veem a economia como um sistema complexo de indivíduos que, devido a essa complexidade, enfrentam incertezas que tentam reduzir ao aderir a regras de comportamento que resultam em benefícios mútuos. Estas regras são resultado de um processo de "ordem espontânea", em que as melhores regras são selecionadas e, em última análise, ganham legitimidade em leis e constituições. Conhecimento e ação são entendidos como fenômenos emergentes; argumenta-se que eles não devem ser perturbados por entidades como governos, considerados entidades políticas "fora" do sistema econômico.

No trabalho pioneiro de Nelson & Winter (1982), mudança tecnológica, organizacional e institucional são fundamentais para o direcionamento do crescimento econômico, induzindo um processo de não equilíbrio, de mudança estrutural que envolve a difusão da inovação e a seleção competitiva. De forma diferente ao agente representativo otimizador, este processo é alimentado pela heterogeneidade de comportamentos e de conhecimentos, e é catalisado por atos de empreendedorismo. O que é oferecido na visão evolucionista é uma representação do processo de emergência econômica, mas é também um processo que não pode ser capturado por teorização formal, uma vez que é incorporado à história.

Alguns autores como Hidalgo e Hausmann (2009); Holt, Rosser e Colander (2010); Foster e Metcalfe (2012) e Arthur (2013) acreditam que uma nova era de pensamento econômico está emergindo; uma era na qual há espaço para diversidade, heterogeneidade, adaptabilidade e complexidade.

Partindo deste ponto de vista, Foster e Metcalfe (2012) defendem uma aproximação da economia evolucionária com a abordagem de sistemas complexos e destacam a questão da emergência econômica, apontando que os economistas

evolucionários reconheceram sua importância, integrando plenamente a análise à teoria de sistema econômico complexo e os entendimentos associados à forma como os seres humanos reagem aos estados de incerteza.

Em Arthur (2013), o estatuto de complexidade da ciência econômica é sintetizado na ideia de que a economia se encontra em permanente movimento e perpetuamente sob construção e renovação. Este autor destaca duas razões endógenas que afetam a noção de equilíbrio: a incerteza e a inovação tecnológica. Na visão de Arthur, em alguns casos, os agentes são bem informados, ou podem colocar distribuições de probabilidades realistas sobre os eventos que podem acontecer. Mas, na maioria dos casos, eles não têm base alguma para o fazer, e simplesmente não sabem. Quando outros agentes estão envolvidos, tal incerteza, em seguida, se torna auto reforçadora. Se não é possível saber exatamente qual é a situação, conclui-se que outros agentes também não sabem. Não só terei que formar crenças subjetivas, mas vou ter que formar crenças subjetivas sobre as crenças subjetivas dos demais. E outros agentes devem fazer o mesmo. Enfim, a incerteza gera mais incerteza de caráter subjetivo.

O outro driver de perturbação é a mudança tecnológica. Notoriamente apontada por Schumpeter (1912) como sendo "uma fonte de energia dentro do sistema econômico que, por si só perturba qualquer equilíbrio que pode ser alcançado", essa fonte é a nova combinação de meios produtivos ou combinações de tecnologias. É um gerador permanente de curso de procura de novas tecnologias, que geram por sua vez ainda mais tecnologias (ARTHUR, 2009). Ambas incerteza e tecnologia impõem uma economia em que os agentes não possuem meios determinísticos para tomar decisões.

Mas então, no que tange decisões em P, D&I, estamos permanentemente frente a um "caos que não está no controle analítico", conforme discutido por Schumpeter? A melhor forma de avançar na visão de Arthur (2013) é observar que na economia, as circunstâncias atuais formam as condições que irão determinar o que vem a seguir. A economia é um sistema cujos elementos estão constantemente atualizando seu comportamento com base na situação presente. Podemos afirmar isso de outra forma, como Beinhocker (2011) destacou "Evolução como um processo computacional - uma busca algorítmica através de um espaço combinatório de possibilidades" (BEINHOCKER, 2011, p.3). O objetivo, na visão de Arthur (2013),

não é necessariamente a formulação de equações para chegar a uma condição necessária. O objetivo, como em toda teoria, é a obtenção de *insights*.

Assim, resta a pergunta: quais são as propriedades da abordagem de sistemas complexos e o que ela tem a oferecer?

Conceitos e características dos sistemas adaptativos complexos

Em termos amplos, sistemas complexos são estruturas que se auto organizam, absorvem e dissipam energia e, apesar de sua aparente complicação, muitas vezes podem obedecer a alguns comportamentos bastante simples como regras no tempo e no espaço. Sistemas complexos podem ser definidos de forma ampla; podem abraçar conceitos de diferentes campos da ciência, da física à biologia, à computação e às ciências sociais. O conceito central de sistemas complexos pressupõe sistemas dinâmicos, não lineares, que contêm grande número de interações entre as partes. Esses sistemas se modificam de modo a aprenderem, evoluírem e se adaptarem, e geram comportamentos emergentes e não determinísticos (MITCHELL, 2009; FURTADO e SAKOWSKI, 2014).

O objetivo aqui não será nos concentrarmos na vasta literatura matemática, o que limita essa breve análise mas, em vez disso, oferecer uma visão do o que um sistema complexo é, especificamente em um ambiente econômico, e como os pressupostos da economia evolucionista são conjugados por diferentes autores nesta abordagem.

As definições geralmente incorporam o seguinte conjunto de elementos:

- 1- Forte interação entre as partes, considerando as escalas e dando relevância espacial e temporal. Essas interações, por sua vez, levam a um sistema que não é redutível a suas partes.
- 2- A interação entre as partes pode levar à auto-organização do sistema, sem a necessidade de controle central. Isto implica que as interações locais podem gerar comportamentos que emergem de baixo para cima;
- 3- Os sistemas complexos podem experimentar *feedback*, isto é, as interações têm efeitos no tempo: ações, em um determinado momento se refletem sobre as possibilidades e limitações nos momentos seguintes (IPEA, 2015).

definição proposta por Foster (2005):

“Sistemas complexos são estruturas dissipativas que importam energia livre e exportam entropia de uma forma que lhes permite auto organizar seu conteúdo estrutural e sua configuração. Sistemas complexos são capazes de manter seus limites, mas, ao mesmo tempo também são sistemas abertos ligados a um ambiente que contém outros sistemas. Estes sistemas podem ser complementares, competitivos, combativos, predadores ou disponíveis como presas.” Sistemas que absorvem informações do meio e criam reservas de conhecimento que ajudam a conduzir ações são muitas vezes chamados de "sistemas adaptativos complexos" (FOSTER, 2005 p.874).

Tal sistema tem quatro propriedades gerais:

- 1- É uma estrutura de dissipação que transforma a energia em trabalho e converte as informações em conhecimento com a finalidade de criar, manter e expandir a complexidade organizada do sistema;
- 2- Tal sistema é um inteiro, por si só, bem como um componente de alguns sistemas e de oposição a outros. São as conexões que são forjadas entre os sistemas que permitem a emergência de complexidade organizada em níveis mais altos de agregação;
- 3- Tal sistema deve exibir algum grau de irreversibilidade estrutural, devido à inerente natureza hierárquica e à 'ligação' das conexões entre os componentes que são formados como recursos de desenvolvimento estrutural. É esta que resulta em inflexibilidade e dificuldade de adaptação, que precipita uma descontinuidade estrutural de algum tipo.
- 4- O processo evolutivo de uma dessas experiências do sistema só pode ser entendido em seu tempo histórico. Fases de emergência, crescimento, estacionaridade e transição estrutural podem ser identificadas no domínio do tempo histórico, levando a questões teóricas acerca dos fatores que resultam na geração de variedade, difusão da inovação, seleção e manutenção do sistema (FOSTER, 2005).

Na visão de Potts (2000), a teoria dos sistemas complexos é uma abordagem sobre conexões; distingue-a da teoria econômica convencional, que está preocupada com elementos completados por fortes suposições comportamentais que estabelecem conexões. A "complexidade ordenada" pode ser justaposta contra a "complexidade desordenada". Por exemplo, em física, um estado de equilíbrio

termodinâmico, em que não existem ligações sistemáticas entre os elementos, é um exemplo daquela última. Os que são referidos como sistemas adaptativos complexos sob alguma perspectiva fechada, são abertos nos outros e, assim, capazes de reconfigurar sua estrutura. Estruturas e componentes em tais sistemas evoluem através de um processo de especialização e integração. Foster e Wild (1999) destacam que o trabalho de Schumpeter, especificamente sua intuição sobre o processo de “destruição criativa”, se ajusta confortavelmente à teoria dos sistemas adaptativos complexos modernos.

Foster (2005) destaca que, embora a abordagem de sistemas adaptativos complexos forneça elementos para a compreensão do sistema econômico, não se trata de uma analogia a aplicação desta abordagem no domínio da biologia e dos muitos avanços teóricos realizados neste campo³. De fato, quando o foco é um sistema complexo adaptativo nenhuma definição é adequada; em vez disso este autor sugere discernir uma sequência de homologia, de quatro diferentes ordens de complexidade, dentro das quais podemos classificar diferentes tipos de sistemas complexos. À medida que avançamos através destas ordens de complexidade do sistema, o papel das conexões e do conhecimento se torna cada vez mais evidente e importante. Os sistemas de terceira e quarta ordem comportam processos seletivos e adaptativos e, por isso, formas não planejadas podem emergir. Quando lidamos com decisões relacionadas à gestão e investimentos em P, D&I estamos lidando com a complexidade destas duas ordens.

Eventualmente, o conhecimento molda o ambiente e, em seguida, torna-se parte do próprio meio ambiente. O que é muitas vezes referida como "a economia do conhecimento" ou “nova economia” é realmente um reconhecimento de que a complexidade do sistema de quarta ordem se tornou relativamente mais importante do que a complexidade do sistema de terceira ordem. Além disso, à medida que se avança sobre estas ordens, a energia imposta dá lugar à seleção natural como o principal motor de mudança nos sistemas complexos adaptativos, que, por sua vez, estão limitados por ambos conhecimentos experimentais e imaginativos (FOSTER, 2005). Cada vez mais o foco é a novidade e seleção de ideias.

³ Por exemplo, Brooks e Wiley (1986), Kauffman (1993), e Depew e Weber (1995)

Para Stacey (2000), um sistema adaptativo complexo é composto por um grande número de agentes, cada um se comportando de acordo com seus próprios princípios de interação local. Um agente individual ou um grupo de agentes não é capaz de determinar os padrões de comportamento que o sistema como um todo exhibe, ou como esses padrões evoluem e nem faz qualquer coisa fora do sistema. Auto-organização significa agentes interagindo localmente de acordo com seus próprios princípios, ou "intenções", na ausência de um plano geral para o sistema.

Então, como um gestor deveria entender modelos socioeconômicos baseados na abordagem de sistemas adaptativos complexos? Segundo IPEA (2015), os resultados destes modelos não devem ser usados como previsões perfeitas ou entendimentos completos, mas como simuladores de futuros possíveis. Um dos melhores usos da análise de sistemas complexos para fins de avaliação é a identificação de pontos de alavancagem (*leverage points*) no âmbito do sistema geral da sociedade (HOLLAND, 1996). Eles também estão relacionados com outro conceito importante em sistemas complexos, conhecidos como pontos críticos (*tippling points*), que são quando um sistema muda repentinamente de estado com base em uma pequena mudança em um parâmetro do sistema (LAMBERSON e PAGE, 2012; MITCHELL, 2009). Em alguns campos, isto também é chamado transição de fase (LAMBERSON; PAGE, 2012) ou bifurcação (DRAKE; GRIFFEN, 2010).

Elementos evolutivos da dinâmica social e tecnológica

Contudo, um ponto central permanece, quando a questão são decisões em P, D&I: quais elementos da dinâmica evolutiva dos sistemas complexos adaptativos são apropriados para identificação de pontos críticos ou de alavancagem, e podem eles embasar análises preditivas parciais frente a incertezas?

Na visão de Herbert Simon, é necessário partir da microeconomia descritiva para se fazer alguma previsão sobre o comportamento humano. O autor procura argumentos da psicologia e afirma que a informação do decisor sobre seu ambiente é muito menor que uma aproximação do meio real (SIMON, 1960). Como formulação inicial, o autor sugere um conceito amplo de racionalidade limitada, que abrange: 1- A busca de soluções satisfatórias ao invés de otimizadoras; 2- A

substituição de objetivos abstratos e globais por subjetivos tangíveis, cujo alcance pode ser observado e mensurado; 3- A divisão da tarefa do processo decisório entre muitos especialistas, coordenando seu trabalho através de uma estrutura de comunicação e relações de autoridade.

Simon afirma que as pessoas não tentam compreender o mundo como um sistema integral, mas têm modelos parciais tratáveis, que identificam padrões recorrentes. Estes são incorporados ao comportamento através de regras simples (*rules of thumb*) para guiar suas ações. O conceito de racionalidade proposto por ele consegue sustentar uma forma inovadora de apreender as incertezas do ambiente, no sentido de gerar regularidades no comportamento individual. Em decorrência, podemos dizer que a incerteza do ambiente é incorporada pela racionalidade limitada.

A visão de Simon sobre o comportamento individual tem semelhanças conceituais com o comportamento da firma evolucionista de Nelson e Winter (1982), conforme discutido em March (1982) e Sbicca e Fernandes (2005). No entendimento de Nelson e Winter, o crescimento resulta do estímulo para desenvolver e instalar novas rotinas. Isto é, para estabelecer novos padrões frente a situações de incerteza. A analogia explícita foi entre rotinas e genes. As rotinas são seguidas até que se tenha algum motivo para pensar em alterá-las, como alcançar resultados não satisfatórios. O comportamento deixa, então, de ser previsível e regular. Na medida em que rotinas mal adaptadas vão caindo em desuso, há uma busca por novas rotinas capazes de gerar um maior benefício. Esta busca é guiada, em parte, por regras já estabelecidas, porque a firma utiliza muitas vezes rotinas (que foram criadas no passado) para enfrentar acontecimentos inesperados.

Na firma evolucionária, assim como no indivíduo com racionalidade limitada, as regularidades observadas não são compreendidas como solução de problemas estáticos, mas como conjecturas plausíveis muitas vezes baseadas no passado. O conceito operacional básico da firma para os evolucionários envolve regras de decisão, e o motivo para as regras existirem está no fato do comportamento rotineiro ser capaz de lidar com a complexidade do mundo econômico.

Outra característica central da pesquisa evolucionária é o conceito de dependência da trajetória (*path dependence*) onde admite-se que cada ato sucessivo no desenvolvimento de um indivíduo, de uma organização ou de uma

instituição é fortemente influenciada e dependente do caminho (experiência e evolução) previamente estabelecido (RIZZELLO, 1997). Esta experiência ou evolução apresenta aspectos de continuidade, mas também de ruptura, já que elementos aleatórios participam e interferem nesta evolução.

Este conceito também é discutido por Dosi (1997). Tanto os regimes tecnológicos como os paradigmas tecnológicos envolvem a ideia de que pode existir no início da evolução gradual de uma tecnologia algum evento que faça com que outros desenvolvimentos convirjam para ela, podendo gerar uma tecnologia dominante (COOMBS *et al.*, 1989). Tal evolução seria determinada por um processo de aprendizado que ocorre na medida em que os agentes se envolvem na busca de novos conhecimentos. Este processo envolve etapas sequenciais que acabam por influenciar as próximas decisões. Neste sentido, a aprendizagem pode gerar uma dependência da trajetória de três formas: i) no padrão tecnológico aprendido pelo agente; ii) nas regras comportamentais dos agentes, gerando adaptações organizacionais, inércia e *lock in*, e iii) na propriedade coletiva que diz respeito a taxas de adoção.

Foster e Metcalfe (2012) destacam que uma explicação evolucionista completa sobre a emergência econômica combina geração de novidade a um processo de seleção competitiva. Desta forma, a evolução é inerentemente aberta e incerta nos sistemas econômicos. Contudo, conforme apontado por Arthur (2013), a ordem econômica de hoje é a moldura contra a qual os futuros econômicos alternativos conjecturados podem ser acomodados. A partir desta perspectiva evolutiva, ordem e emergência são inseparáveis. Esta visão se tornou conhecida como a "hipótese de continuidade". A evolução econômica não é vista como análoga à evolução biológica, mas, em vez disso, como um processo de evolução que tem bases biológicas, mas é distintamente socioeconômica no caráter. A visão "naturalista" conforme discutido por Witt (2008) vê a evolução econômica tanto como emergente da nossa história sócio-biológica, como também influenciada pelas leis da física que todas as estruturas dissipativas devem obedecer.

Sob esta ótica, a emergência econômica pode ser compreendida como tendo ambos os "*drivers*" genéticos e culturalmente adquiridos. Evolução econômica ocorre quando estas interfaces trocam energia de forma particular e a dissipam no sistema. Correspondentemente, as instituições, ou as regras do nível "meso", determinam o que os seres humanos irão adotar nas suas várias culturas, e como

estes elementos irão mudar à medida que as circunstâncias mudam. Assim, a visão defendida aqui é a mesma de Loasby (2005):

“Porque os sistemas econômicos são complexos e adaptativos, o futuro é caracterizado tanto por um grau de certeza, na medida em que existem processos dependentes do caminho (*path dependent*) nos processos internos e na estrutura econômica, e incerteza, devido às trocas de complexidade do ambiente interno e externo.”

Loasby argumenta que padrões estáveis fornecem a linha de base necessária para a seleção, e padrões pessoais são complementados por regularidades institucionais e organizacionais de vários tipos que ajudam a moldar o desenvolvimento do conhecimento. Visto de outra forma, quando a emergência econômica está em andamento e existe uma trajetória em delineamento, alguma parte desse crescimento deve ser determinista, devido ao fato que os sistemas socioeconômicos são estruturas dissipativas e, como tal, têm de permanecer estruturalmente coerentes, e até certo ponto ser irreversíveis ao longo do tempo (FOSTER; WILD, 1999).

A ideia de que o comportamento da estrutura influencia a produção de conhecimento aparece de diferentes formas em muitos campos do conhecimento humano. Tendo em vista que o conhecimento altera instituições e instituições alteram o conhecimento, este processo conduz a história do pensamento econômico, bem como o desenvolvimento de conhecimento produtivo, e ambas as habilidades de gestão e empresariais.

Argumentamos que, quando o pano de fundo é o sistema complexo adaptativo socioeconômico, há sim elementos para análises preditivas parciais. A literatura evolucionista aponta para diversos pontos, como as rotinas estabelecidas, a estrutura institucional, e os processos dependentes do caminho. Todos estes elementos são importantes e devem, na medida do possível, ser captados por abordagens de seleção de projetos.

Esta persistência estrutural confere uma sustentação matemática ao crescimento econômico, que pode ser estimada de forma paramétrica usando econometria, o que é necessário é delimitar os apropriados indicadores para captar esta dinâmica. Porém, vale ressaltar que tal modelagem quantitativa do crescimento da trajetória permanece, necessariamente, uma representação incompleta e parcial de um processo evolutivo que envolve a mudança estrutural e caracteriza uma

condição de incerteza verdadeira/fundamental. A questão central para fins de planejamento reside no tratamento de informações relacionadas a elementos evolucionários do contexto social e tecnológico, com vistas a delimitar os moldes nos quais conjecturas específicas relacionados aos objetos da P&D possam vir a ser acomodadas.

1.5. Considerações finais do capítulo

O objetivo deste primeiro capítulo foi apresentar parte do referencial teórico que embasa esta tese. O capítulo explorou diferentes vertentes no campo das ciências sociais com vistas a investigar quão previsíveis podem ser as atividades de P, D&I para fins de planejamento e seleção de projetos. Também foi dada ênfase ao papel central da incerteza na dinâmica sócioeconômica e tecnológica e como sua percepção e categorização podem apoiar o desenvolvimento de estratégias em P, D&I.

Este capítulo também discutiu qual seria um modelo teórico do funcionamento cognitivo mental apropriado para embasar a análise preditiva em Ciência, Tecnologia e Inovação – C, T&I. Nosso ponto de vista é de que este modelo deve relacionar características fundamentais: (1) as três dimensões de incerteza destacadas: Incerteza verdadeira/fundamental, incerteza epistemológica procedural e incerteza subjetiva; (2) elementos evolucionários relacionados à dinâmica social e tecnológica; (3) lidar com processos intuitivos (e seus vieses) na construção de conjecturas imaginativas. Para tanto, foi sugerido que elementos importantes sobre o funcionamento mental com vistas a alcançar a inovação podem ser observados na conjugação de diferentes autores. Em essência, a compreensão do papel da imaginação na construção de conjecturas possíveis, conforme defendido por George Shackle, os vieses nas decisões intuitivas destacados por Kahneman e Tversky e as características do comportamento empreendedor apresentadas por Schumpeter.

Sob um ponto de vista prático, podemos destacar quatro pontos conclusivos que devem ser levados em conta quando a questão é a construção de metodologias de apoio à decisão para P, D&I:

- 1- Existem limites para a previsibilidade e a previsibilidade dos limites deve ser levada em conta quando a questão é planejamento em P, D&I. Limites da previsibilidade se referem a quanto de fato uma metodologia pode auxiliar o processo decisório dado o objetivo que a ela se propõe. Os limites da previsibilidade podem ser melhor explorados quando refletimos sobre as diferentes condições de incerteza percebidas;
- 2- Mecanismos de apoio à decisão em P, D&I não são deterministas. Sua interpretação correta deve estar associada à criação de conjecturas possíveis como um auxílio a intuição, pois funcionam como uma importante ferramenta para realizar simulações e gerenciar expectativas organizacionais;
- 3- Modelos de funcionamento mental são importantes referências para nortear o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, pois organizam o processo de aquisição do conhecimento e auxiliam na categorização e identificação de condições de complexidade e incerteza. Ademais, um importante elemento que deve ser incorporado são as heurísticas e vieses características da tomada de decisão intuitiva;
- 4- Conjecturas imaginadas e possíveis se enquadram num *continuum* evolutivo, caracterizado pela história institucional e organizacional. Elementos relacionados à dinâmica evolutiva dos processos de P, D&I são uma importante referência, que deve ser captada pelos sistemas de apoio à decisão através de critérios e indicadores particulares à estratégia organizacional adotada. Cada vez mais tecnologias Big Data vêm possibilitando analisar esta dinâmica.

Capítulo 2. Apoio à Decisão em Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação

De forma peculiar, os estudos sobre a inovação tecnológica podem ser caracterizados como uma conjunção do subjetivo com o objetivo. Se, por um lado, a inovação toma forma subjetivamente, em uma mescla de intuição e de conjeturas imaginadas possíveis, por outro ela de fato se materializa no mercado, alavancada por estratégias empresariais que influenciam os sistemas socioeconômicos. No capítulo anterior, apresentamos o referencial teórico que a nosso ver representa a base comportamental para se discutir o apoio à decisão em P, D&I. Neste capítulo, levando em conta essas características, buscaremos apresentar como as organizações buscam a inteligência e desenvolvem abordagens e sistemas para apoiar decisões, especificamente na seleção de projetos de P, D&I.

Num primeiro momento, discutiremos brevemente a história dos sistemas de apoio à decisão. Em seguida, daremos ênfase a diferentes abordagens metodológicas voltadas para a seleção de projetos de P, D&I e como estas podem ser comparadas. Tendo como base o diagrama de Stacey, iremos discutir como estas abordagens podem ser organizadas de acordo com a percepção de diferentes condições de incerteza e consenso. E, além disso, quais são as diferentes possibilidades de associação entre elas.

Com base na singularidade das atividades de C, T&I, o capítulo argumenta a favor da classificação de abordagens para o problema da seleção de projetos de P, D&I e sua organização e associação com base nas condições de incerteza percebidas.

2.1. Inteligência organizacional e apoio à decisão

A busca pela inteligência organizacional não é algo novo. Segundo March (1994), a inteligência organizacional permite adotar cursos de ação com o objetivo de, a longo prazo, alcançar resultados satisfatórios. Esta busca tenta levar em conta eventuais alterações de esperanças, crenças, preferências e interpretações que ocorrem ao longo do tempo, bem como os naturais conflitos sobre esses elementos que ocorrem dentro das organizações. Na visão de teóricos acadêmicos da inteligência organizacional, a tarefa envolve compreender um sistema complexo,

incerto e em constante mudança, constituído por uma gama de fatores causais analisados com base em informações ambíguas e passíveis de contestação. Se trata de uma tarefa árdua que visa antecipar e moldar um ambiente composto de outros atores que estão similarmente e simultaneamente buscando antecipar e moldar seus próprios ambientes de atuação.

Na visão de Makidrakis e Taleb (2009), a ansiedade é a base do planejamento; isso porque o futuro desconhecido é uma fonte de ansiedade que dá origem a uma forte necessidade humana de prever, a fim de reduzir, ou, idealmente, eliminar, a incerteza inerente. Estes autores destacam três tipos de previsões no âmbito organizacional: 1- Aquelas que dependem de padrões para a previsão; 2- Aquelas que têm como base a análise de relações; 3- Aquelas em que o julgamento humano é o principal determinante da previsão. Do ponto de vista prático organizacional, os exercícios de *Foresight* e prospecção tecnológica representam bem o desafio de utilizar estudos do futuro com vista a apoiar o planejamento estratégico.

A busca pela inteligência nas organizações também se desenvolveu em torno de conceitos e funções, tais como: gestão estratégica, planejamento, análise econômica e análises de tomada de decisão para desenvolver ferramentas que possam orientar as organizações em direção a resultados favoráveis. No âmbito organizacional, é neste contexto que se inserem os sistemas de apoio à decisão SAD.

De acordo com Sprague e Watson (1979), a disseminação do termo Sistema de Apoio à Decisão se dá a partir de 1970, e é no início desta década que revistas de negócios começam a publicar artigos sobre sistemas de decisão de gestão, sistemas de planejamento estratégico e sistemas de apoio à decisão. Dentre os autores expoentes estão Scott Morton (1968, 1971), Ferguson e Jones (1969), Little (1975), Ralph Sprague e Eric Carlson (1982) que discutiram as possibilidades de desenvolvimento de sistemas computacionais voltados à tomada de decisão no âmbito organizacional.

Inicialmente, o conceito foi articulado sob o termo de “Sistema Gerencial de Decisão”, e caracterizado como uma plataforma computacional interativa que, através da utilização de dados e modelos voltados a solução de problemas não estruturados, ajudava na tomada de decisão (MORTON, 1971). Posteriormente, o conceito foi ampliado, inserindo a noção de “qualquer sistema que apoie a tomada

de decisão”. Dentre os elementos que caracterizam os SADs segundo Sprague e Watson (1993) estão: 1- Tendem a lidar com uma classe de problemas menos estruturados e específicos; 2- Buscam utilizar uma combinação de métodos analíticos matemáticos, com o acesso a banco de dados e a recuperação de informações; 3- Especificamente se focam em recursos que proporcionam uma interação simples com o usuário; 4- Os sistemas são flexíveis, e devem possuir a capacidade de acomodar mudanças do contexto ambiental da organização e da abordagem da avaliação para tomada de decisão.

Durante a década de 1990, os desenvolvimentos nos sistemas de informação de gestão tradicionais ERPs (*Enterprise Resource Planning*) ou sistemas OLTP (*Online Transaction Processing*) influenciaram a disseminação do conceito de *Business Intelligence* (BI). O principal diferencial associado a esta classe de sistemas estaria na capacidade de concentrar e gerenciar informações advindas de diferentes sistemas organizacionais e o principal reflexo seria na sua capacidade de extrair, analisar e entregar informação exata e útil ao decisor, com maior velocidade e acurácia (DAVENPORT; HARRIS, 2007).

A revisão da literatura revela que os sistemas de apoio à decisão são baseados em dois pilares principais. O campo dos sistemas de informação, que contribui para o planejamento e a aplicação de SAD dentro do ambiente organizacional fornecendo as informações de entrada e o ambiente computacional, e as ciências de pesquisa e gestão operacional, que fornecem bases matemáticas para a análise das variáveis e das decisões. Também é possível identificar outras disciplinas como Inteligência Artificial, Ciência Cognitiva e Psicologia.

A história dos Sistemas de Apoio à Decisão é pautada por conceitos e tecnologias que estão em constante evolução. Alguns autores (IDC, 2011; YIU, 2012) apontam que as ferramentas até então desenvolvidas no contexto dos sistemas organizacionais, incluindo os SAD, estão sendo “desafiadas” a avançar na direção do Big Data. Dentre os vários conceitos apresentados na literatura, Big Data pode ser compreendido como um conjunto de dados digitais extremamente volumoso e complexo, que em consonância com a expansão da internet vêm impondo desafios para as tradicionais ferramentas de armazenamento, processamento e análise de dados (DOBRE e XHAFA, 2013; IDC, 2011; SYED et. al, 2013). Atualmente, as novas tecnologias Big Data lançam dúvida sobre os limites da incerteza epistemológica. Elas têm sido capazes de extrair *insights* importantes do

complexo emaranhado de dados e informações da internet, e indícios de aumento da eficiência produtiva em organizações que tomam suas decisões baseadas em dados indicam a importância das competências organizacionais analíticas. O Big Data e sua relação com o apoio à decisão e com a gestão da P, D&I são temas dos Capítulos 3 e 4.

2.2. Incertezas na gestão da P, D&I

Ao associarmos a discussão sobre a incerteza com a gestão das atividades de P, D&I, são conjugados elementos interessantes, se por um lado algum tipo de controle organizacional é necessário para se alcançar objetivos pretendidos, por outro certa porção de flexibilidade é necessária para que, frente à incerteza, intuição e imaginação possam florescer com vistas a alcançar a inovação.

Gerenciar incertezas características da P, D&I requer admitir especificidades como: 1- Seu caráter coletivo, de elevada indeterminação quanto aos produtos e conhecimentos gerados; 2- Sujeição a elementos imponderáveis que, ao longo do desenvolvimento, podem fazer com o que os resultados alcançados sejam diferentes daqueles originalmente esperados; 3- O papel do aprendizado adquirido e sua relação com desenvolvimentos futuros, dentro da perspectiva de que o conhecimento é cumulativo e a pesquisa o retroalimenta (OCDE, 1992; GIBBONS *et al.*, 1994; MILES *et al.*, 2002). Em essência, o principal desafio é justamente lidar com a incerteza e a complexidade associadas aos possíveis resultados frente aos objetivos organizacionais pretendidos.

O papel da incerteza subjetiva e sua influência sobre o comportamento das empresas também é confirmado por evidências empíricas. Um exemplo dessas evidências é o trabalho *“Forbidden Fruit: An Analysis of Bootlegging Uncertainty and learning in Corporate R&D”*, de Augsdorfer (1996); ao pesquisar mais de 50 empresas, este autor constatou uma ampla existência de projetos “clandestinos” realizados por departamentos de P&D. O trabalho relaciona a ocorrência destes projetos com o elevado nível de incerteza, que na prática, implica em dificuldade por parte dos gestores organizacionais de realizarem um planejamento de P&D centralizado e “racionalmente justificado”.

Segundo Freeman e Soete (2008), as dificuldades e malogros dos projetos de P, D&I podem estar associados a três categorias de incertezas: 1- incertezas técnicas, relacionadas a uma questão de grau e de padrão de desempenho sob várias condições operacionais e de custos - informações que poderão ser confirmadas ao longo do tempo e que portanto configuram uma condição de incerteza epistemológica procedural; 2- incertezas de mercado, ligadas aos níveis de aceitação do mercado – incerteza verdadeira/fundamental e incerteza procedural; 3- incertezas gerais, relacionadas a políticas regulatórias e econômicas também descritas como incertezas de negócio que recai na dimensão subjetiva de incerteza. As incertezas se referem ao grau em que a inovação irá satisfazer uma variedade de critérios técnicos, sem aumento dos custos de desenvolvimento, de produção ou de funcionamento. Os autores propõem diferentes graus de incerteza associados a vários tipos de inovações (Quadro 1).

| Incertezas verdadeiras | Pesquisa fundamental Inventos fundamentais |
|--|--|
| Níveis muito altos de incerteza | Inovações radicais de produtos Inovações radicais de processo realizadas fora da firma |
| Altos níveis de incerteza | Importantes inovações de produtos Inovações radicais de processos obtidas no próprio estabelecimento ou contexto da firma |
| Incertezas moderadas | Novas “gerações” de produtos já existentes |
| Pouca incerteza | Inovações licenciadas Imitação de inovações de produtos Modificação de produtos e processos Adoção antecipada de processos já existentes |
| Muito pouca incerteza | Novos “modelos” Diferenciação de produtos Providências para inovação de produtos já existentes Adição tardia de inovações de processos já existentes e de operações flanqueadas no próprio estabelecimento. Melhorias técnicas menores |

Quadro 1: Graus de incerteza associados a vários tipos de inovações (FREEMAN e SOETE, 2008)

Um dos principais desafios no apoio à decisão para P, D&I reside logo na primeira etapa de delineamento do objeto de análise. Isto é, no desenvolvimento particular de um conjunto variado de métricas e indicadores que irão qualificar e pautar o processo de tomada de decisão. Tais indicadores devem ser aptos a representar as características setoriais, os objetivos organizacionais e as diferentes dimensões consideradas relevantes do ponto de vista organizacional que se inter-relacionam e influenciam as atividades de P, D&I. Além disso, devem ser capazes de

incluir relações entre atores distintos, abrangendo resultados e impactos diretos e indiretos em diferentes camadas de análise: micro, meso e macro. Segundo BACH et. al., (1992), na medida do possível, metodologias que se propõem a priorizar e avaliar atividades de P, D&I devem ser capazes de mensurar múltiplas dimensões simultânea e integradamente, assim como devem lidar com as questões de causalidade.

BIN et. al. (2015) destacam que os desafios que os gestores organizacionais enfrentam estão diretamente relacionados a: 1- Limitação de informação disponível sobre os resultados de execução e potenciais impactos das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e das propostas de projeto de inovação; 2- As percepções distintas (e variáveis no tempo) sobre os projetos quando se considera um grupo de partes interessadas e peritos; 3- Múltiplos e às vezes conflitantes critérios de seleção; 4- As restrições relacionadas à execução de projetos, principalmente de recursos e outras limitações técnicas e suas modificações ao longo do tempo; 5- A interdependência entre as alternativas, o que significa que a declaração conjunta de projetos dependentes pode ser diferente a partir da soma dos seus retornos individuais; 6- Programação da execução dos projetos considerando a variação dos seus impactos ao longo do tempo; 7- A reavaliação constante do portfólio, incluindo novos projetos ao longo do tempo e a suspensão ou cancelamento daqueles em execução, assim como a redistribuição de recursos.

Outras especificidades das atividades de P, D&I podem ser identificadas ao analisarmos as diferenças do gerenciamento de portfólios de ativos financeiros em relação a um portfólio de propostas de projetos de P&D. Solak (2010) destaca três elementos principais que distinguem estes problemas: o primeiro é na realização de retornos. O tempo de realização e a variação do retorno de um projeto de P&D depende do investimento feito nesse projeto. No caso de títulos financeiros, tanto o risco, como o tempo de realização de retorno é independente do montante de recursos previamente alocados. Uma segunda diferença entre os dois problemas é a correlação entre os resultados do projeto. Em teoria, no gerenciamento de um portfólio financeiro, a correlação dos retornos dos ativos é independente da forma como são distribuídos os recursos pela carteira de ativos. Por outro lado, a correlação entre os retornos dos projetos de P&D é dependente de níveis de investimento, e os recursos gastos em um projeto são tirados de outros projetos, o

que impacta a velocidade da realização de retornos. Uma terceira distinção é a dependência de projetos de tecnologia em termos dos benefícios gerados. Na teoria financeira, o retorno acumulado a partir de dois ativos adquiridos é assumido como sendo igual à soma das partes. No entanto, projetos de P&D podem apresentar dependências, que podem ter um efeito positivo ou negativo na realização de retornos conjuntos. Frequentemente o produto é maior que a soma das partes.

Uma das abordagens mais citadas na literatura é o *Stage Gate*. O modelo original trata das atividades, que vão desde a geração das ideias até o lançamento em cinco fases distintas: descoberta, investigação preliminar, planejamento, desenvolvimento, testes e lançamento. Esta abordagem propõe uma lógica ao processo de inovação, que permite dar sequência às atividades e avaliações necessárias. Contudo, uma das principais críticas à efetividade do modelo é sua condição linear.

Assim, no que tange a gestão das atividades de P, D&I uma questão importante é como lidar com a percepção de incerteza, e se esta percepção pode ser graduada para fins de planejamento organizacional. Da mesma forma, quais são as características particulares da incerteza que podem vir a orientar a construção de abordagens de seleção. Nesta linha, a seguir discutiremos a matriz de Stacey, cuja aplicação consideramos interessante quando o problema é a identificação de abordagens apropriadas e a definição de ações frente a condições de incerteza.

A Matriz de Stacey (Stacey, 2002)

A matriz de Stacey propõe representar conceitos com base na abordagem de sistemas complexos adaptativos balizada por diferentes condições de incerteza. Ao nosso ver deve ser adotada tendo como base na ideia argumentada em Dequech (1999) de que a realidade social é composta tanto por eventos sujeitos a incerteza verdadeira/fundamental como pela incerteza epistemológica procedural e que estes se complementam e se sobrepõem. Assim, num extremo do eixo da incerteza “perto da certeza” temos condições de natureza epistemológica procedural e no outro extremo “longe da certeza” condições de incerteza verdadeira/fundamental

A ideia é que ela funcione como um guia para a escolha de métodos em gestão organizacional aderentes às condições de certeza e nível de acordo sobre a

questão em causa. Abaixo, uma das versões do diagrama aplicados a gestão organizacional.

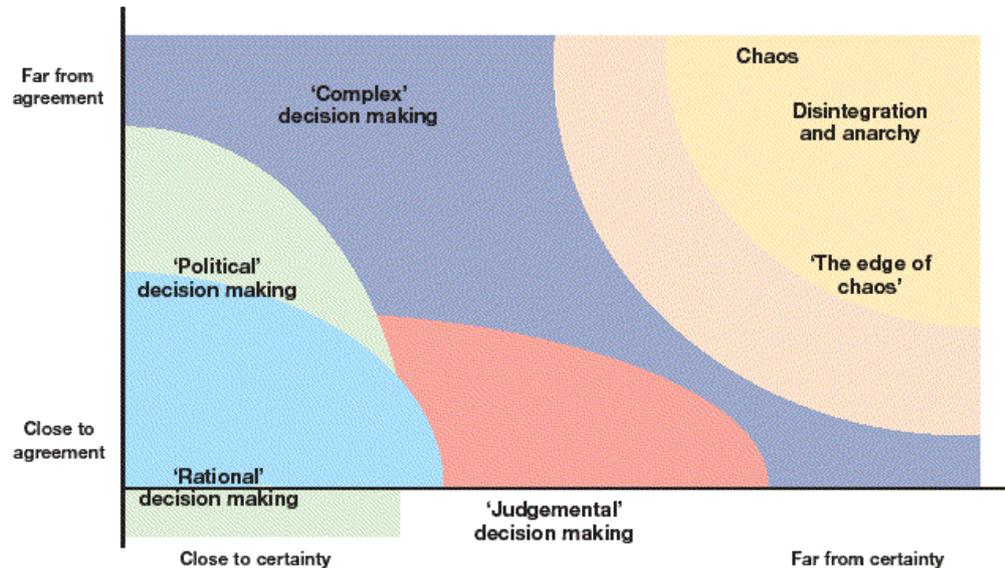


Figura 2: Diagrama de Stacey (STACEY, 2002)

Perto de Certeza: problemas ou decisões estão perto de “certeza” quando as ligações de causa e efeito podem ser determinadas. Este é geralmente o caso quando um problema ou decisão muito similar foi feito no passado. Então se pode extrapolar a experiência do passado para prever o resultado de uma ação com um bom grau de certeza.

Longe de Certeza: no outro extremo do *continuum* certeza encontram-se decisões que estão longe de certeza. Estas situações são muitas vezes únicas, ou pelo menos novas para os tomadores de decisão. As ligações de causa e efeito não são claras. Extrapolar a experiência do passado não é compreendido como um bom método para prever resultados extremos.

Acordo/consenso: o eixo vertical mede o nível de concordância acerca de uma questão ou decisão dentro do grupo, equipe ou organização. Como seria de esperar, a função de gestão ou de liderança varia de acordo com o nível de concordância em torno de um tema.

Há uma grande área neste diagrama que fica entre a região de anarquia e regiões das abordagens tradicionais de gestão. Stacey chama essa região central grande de zona de complexidade. Nesta zona, ele considera que as abordagens

tradicionais de gestão não são muito eficazes, embora esta seja a zona de alta criatividade e inovação.

Tomada de decisão racional técnica: grande parte da literatura sobre teoria da gestão associa a região sobre a matriz que está perto da certeza e perto do acordo à tomada de decisão técnica racional. Nesta região, são usadas técnicas que reúnem dados do passado para prever o futuro. São planejados caminhos específicos de ação para alcançar resultados e monitorar o comportamento real, comparando-a contra esses planos.

Tomada de decisão política: algumas questões têm grande dose de certeza sobre como os resultados são criados, mas altos níveis de desacordo sobre quais resultados são desejáveis. Nestes casos, nem o monitoramento com base em um cronograma estabelecido ou um forte comportamento de compartilhamento da missão organizacional funcionam. Em vez disso, ganha protagonismo a política: construção de coalizões, negociação e compromisso são usados para criar agenda e direção da organização.

Tomada de decisão de Juízo: algumas questões têm um alto nível de concordância, mas não muita certeza quanto às ligações de causa e efeito para criar os resultados desejados. Nestes casos, o monitoramento contra um plano pré-definido não vai funcionar. Um forte senso de missão ou visão compartilhada pode ser substituído por um plano, nesses casos. As comparações são feitas não contra os planos, mas contra a missão e visão da organização. Nesta região, o objetivo é caminhar para um acordo sobre o estado futuro, embora os caminhos específicos não possam ser predeterminados.

Caos: situações em que há altos níveis de incerteza e desacordo, muitas vezes resultam em uma avaria ou anarquia. Os métodos tradicionais de planejamento, visão e negociação são insuficientes nestes contextos. Uma estratégia pessoal para lidar com tais contextos é evitar as questões que são altamente incertas e em que há pouca discordância. Embora isso possa ser uma estratégia de proteção a curto prazo, é desastroso a longo prazo. Esta é uma região que as organizações devem evitar, tanto quanto possível (STACEY, 2002).

2.3. Abordagens metodológicas para seleção de projetos de P, D&I

O objetivo desta seção é apresentar uma revisão de abordagens e suas classificações para a seleção de projetos de P, D&I. Além disso, compará-los com base em suas principais características. O objetivo não é descrever as técnicas de forma exaustiva, mas destacar seus principais atributos e aplicações. Esta análise é fundamental para tomadores de decisão na escolha da ferramenta mais adequada para avaliar projetos de P, D&I. O item está dividido em duas seções; a primeira apresenta uma breve revisão sobre classificações de abordagens para o problema da seleção de projetos de P&D, e a segunda descreve e compara cada abordagem destacando seus fundamentos e principais características.

A seleção de projetos de P&D é a atividade periódica de composição de um portfólio de projetos que atendem aos objetivos de uma organização, levando em conta os recursos disponíveis e outras restrições. Dentre os elementos que devem ser abordados neste processo estão os objetivos da organização, suas prioridades, os benefícios financeiros e os benefícios intangíveis. A abordagem de seleção de projetos adotada deve ser capaz de gerar uma carteira de projetos consistente com o balanço desejado de incerteza, risco e retorno, e incorporar outros fatores estratégicos considerados relevantes. Equilibrar uma carteira de projetos é, portanto, a ciência do agrupamento de ativos que têm características individuais para torná-los rentáveis, como um grupo, apesar da incerteza dos ativos individuais e do mercado global (CASUALT *et al.* 2013).

A necessidade de selecionar projetos de P&D de um grupo de candidatos surge por duas razões: em primeiro lugar, os recursos limitados são incapazes de suprir todos os projetos candidatos; em segundo, cabe à instituição orientar de forma proativa esforços de pesquisa em uma direção coerente com a sua missão e estratégia. Farhni e Spatig (1990) destacam cinco problemas centrais na escolha da abordagem de seleção de projetos: 1- Identificar a melhor abordagem para o problema de seleção levando em conta as informações disponíveis; 2- Determinar quanto da informação disponível pode ser quantificada; 3- Levantar em conta interdependências entre projetos; 4- Determinar os objetivos relevantes; 5- Dar atenção a risco e incerteza.

Muitas vezes, porém, as decisões para financiar ou continuar projetos de investigação de financiamento não são feitas com base em objetivos estratégicos

globais ou no equilíbrio desejado entre tipos de projetos de P&D; como discutido anteriormente, lidar com a incerteza característica das atividades de P, D&I e “racionalizar” o processo de seleção de acordo com os objetivos organizacionais é um desafio constante. Além disso, algumas abordagens apresentadas na literatura são tão matematicamente elaboradas que necessitam da assistência de um especialista em análise decisória a fim de ser utilizável pela maioria dos gestores do mundo real. Para Chien (2002), o fato mais preocupante é de que muitos gestores não percebem decisões melhoradas em termos de seleção de projetos ao utilizarem as melhores práticas descritas na literatura de gestão, o que indica o desafio e as oportunidades no desenvolvimento de ferramentas que auxiliem os gestores de P&D na prática.

Ao longo dos últimos 50 anos, este tema tem sido amplamente debatido na literatura, e muitos métodos para apoiar a decisão na escolha de projetos de P, D&I têm sido propostos. Estes métodos são muitas vezes baseados em uma gama eclética de teorias, que vão desde a pesquisa operacional até a sociologia. Cada abordagem analisa diferentes classes de dados e informações, que por sua vez produzem a sua própria informação distinta e resultados. Na visão de Jamratanakul et. al (2008), a natureza do tema é ampla e tem impactos em diversas áreas, como na seleção de tecnologias ou no campo da prospecção tecnológica. A seleção de projetos é sempre um desafio para os gestores da P, D&I, de tal forma que existem sempre oportunidades para futuras pesquisas. Além disso, vale ressaltar também que geralmente estas abordagens são customizadas de acordo com os objetivos particulares de cada organização.

Oral et. al. (1991) propõe duas categorias: modelos compensatórios e modelos não compensatórios. Modelos compensatórios reduzem a avaliação multidimensional a uma única dimensão através de uma função de agregação, de "valor", estabelecendo assim comparação entre critérios. Em geral, análise de custo/benefício, *Attribute Utility Theory* (MAUT) e *Analytical Hierarchy Process* (AHP) podem ser citados como exemplos para esta categoria. O resultado da avaliação proporciona tanto uma ordenação geral como uma medida da "distância" entre os projetos. No entanto, tais modelos são baseados na existência de uma estrutura de preferência comum para as partes interessadas, o qual pode ser resultado de um consenso prévio sobre a função de valor a ser utilizada. Assim, conforme apontado por Keeney e Raifa (1976), aplicações MAUT geralmente assumem uma utilidade

comum. Da mesma forma, a agregação dos pontos de vista das partes interessadas pode ser alcançada através de AHP pela média de matrizes de comparação, ou modelando diretamente os pesos das partes interessadas na hierarquia.

Nos modelos não compensatórios, as compensações entre atributos são restritas. Um grupo consiste em avaliar com base em métodos multicritério da família ELECTRE ou PROMETHEE, que exigem consenso em pesos atribuídos aos atributos e em parâmetros de corte. Outra abordagem consiste em métodos de classificação ordinais inspirados na teoria social. Métodos de classificação ordinal, ao contrário do tipo ELECTRE/PROMETHEE, e métodos compensatórios, reconhecem desde o início que as avaliações das diferentes partes interessadas podem ser heterogêneas. No entanto, elas requerem pelo menos uma classificação de atributos, ou senão os valores explícitos de pesos a serem atribuídos para os atributos. Além disso, métodos de classificação ordinais são baseados em rankings "subjetivos" fornecidos por especialistas ao invés de dados originais dos projetos.

Heidenberger e Stummer (1999) classificam as diversas abordagens quantitativas para a seleção de projetos de P&D e alocação de recursos em cinco grupos: 1- Métodos de mensuração do benefício; 2- Técnicas de Programação; 3- Teoria da decisão e dos Jogos; 4- Simulação e Heurísticas; 5- Emulação cognitiva (Quadro 2).

| HEINDENBERGER e STUMMER, (1999) | | | |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1-Benefit Methods | Measurement | Comparative approaches | Q-Sort |
| | | | Analytical Hierarchy Process (AHP) |
| | | Scoring Methods | Checklist |
| | | | Traditional Scoring Methods |
| | | | Multiattribute Utility Analysis |
| | | Traditional Economic Models | Economic indexes |
| | | | Discounted cash-flow methods |
| Options approach | | | |
| 2-Mathematical Techniques | Programming | Linear Programming Models | |
| | | Non-Linear Programming Models | |
| | | Integer Programming Models | |
| | | Goal Programming Models | |
| | | Dynamic Programming models | |
| | | Stochastic Programming Models | |
| | | Fuzzy Mathematical Programming Models | |
| 3-Decision and Game Theory | | Decision tree Approches | |
| | | Game theoretical Approaches | |
| 4- Simulation and Heuristics | | Monte Carlo | |
| | | Heuristic Modelling | |
| 5- Cognitive approaches | Emulation | Statistical Approaches | |
| | | Expert Systems | |
| | | Decision Process Analysis | |

Quadro 2: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (HEINDENBERGER e STUMMER, 1999)

Numa classificação mais abrangente, Henriksen e Traynor (2000) classificam abordagens de seleção em oito grupos principais: 1- Peer Review; 2- Scoring; 3- Programação matemática; 4- Modelos econômicos; 5- Análise de decisão; 6- Métodos interativos; 7- Inteligência Artificial; 8- Otimização de Portfólio.

Poh *et al.* (2001) destaca que, na realização de avaliação de projetos de P&D, uma escolha importante a ser feita é a do método de avaliação que será usado. Os autores apresentam um modelo para analisar as diferentes categorias de métodos de avaliação; propõem uma diferenciação majoritária entre dois grandes grupos de métodos: Métodos de ponderação e mensuração e Métodos de contribuição e benefício (Quadro 3).

| Poh <i>et al.</i> (2001) | |
|--|------------------------|
| Weighting & Ranking methods | Comparative method |
| | Scoring methods |
| | AHP |
| Benefit Contribution methods | Cost benefit analysis |
| | Economic analysis |
| | Decision Tree analysis |

Quadro 3: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (POH *et al.*, 2001)

Os métodos de ponderação e mensuração são divididos em três categorias: métodos comparativos, *Scoring* e AHP. Nos métodos comparativos, um projeto é comparado com outro projeto ou grupo de projetos, e modelos matemáticos são usados para calcular explicitamente o mérito de cada um. Esta classe de métodos é simples de usar e compreender, mas se pauta fortemente em julgamentos subjetivos, e dentre seus inconvenientes pode-se destacar o fato de que avaliações feitas por pessoas diferentes são difíceis de serem comparadas; além disso, mudanças nas alternativas de projetos podem afetar todo o ranking de projetos. Os métodos de contribuição do benefício são usados para examinar projetos e determinar quão bem eles satisfazem objetivos básicos da estratégia de P&D, e são subdivididos pelos autores em três categorias: econômicos, custo-benefício e árvore de decisão.

Iamratanakul *et al.* (2008) apresenta um resumo abrangente organizado em seis grupos de métodos: 1- Métodos de medição do benefício; 2- Abordagens de programação matemática; 3- Abordagens de emulação cognitiva; 4- Modelos de simulação e heurísticas; 5- Modelo de opções reais; 6- Modelos *ad hoc* (Quadro 4).

| Iamratanakul et. al. (2008) | | |
|---|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Benefit Measurement methods | | Q-Sort |
| | | Other Comparative Methods |
| | Scoring Approaches | Checklist |
| | | MCDA |
| | | Multi-Attribute Utility Analysis |
| | | Analytic Hierarchy Process (AHP) |
| | Traditional Economic Methods | Economic Indexes |
| | | Discounted Cash Flow |
| | | Options approach |
| 2. Mathematical Programming approaches | Linear programming | |
| | Non-linear programming | |
| | Integer programming | |
| | Goal programming | |
| | Dynamic programming | |
| | Stochastic programming | |
| | Fuzzy mathematical programming | |
| 3. Cognitive Emulation approaches | Decision Tree | |
| | Game Theoretical | |
| | Group decision | Delphi |
| | | Nominal Interacting process |
| | | Ordinal Intersection methods |
| | Statistical approaches | Discriminant analysis |
| | | Regression analysis |
| | | Cluster analysis |
| | Expert Systems | |
| | Decision Process analysis | Planning models |
| | | Transformation models |
| | | Coordination models |
| 4. Simulation and Heuristics analysis | Monte Carlo simulation | |
| | System dynamics simulation | |
| | Heuristics models | |
| 5. Real options | Partial differential equations | Black Scholes solution |
| | | Finite difference methods |
| | Dynamic programming | Binomial lattices |
| | Simulations | Monte Carlo methods |
| 6. Ad Hoc models | | |

Quadro 4: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (IAMRATANAKUL *et al.*, 2008)

Verbano e Nosella (2010) realizam uma comparação de métodos de seleção de projetos considerando duas dimensões distintas – a dimensão estrutural e a dimensão metodológica. A dimensão estrutural permite analisar as abordagens em quatro dimensões:

Métodos quantitativos: usam dados de entrada quantitativa e adotam procedimentos rigorosos, tais como algoritmos matemáticos, além do cálculo de indicadores financeiros e econômicos obtendo índices de produção quantitativos (não estão sujeitos a vieses).

Métodos semi quantitativos: usam ambos os dados quantitativos e qualitativos, adotam procedimentos rigorosos para obter uma saída quantitativa. Diferem de métodos anteriores, em que as avaliações subjetivas também são feitas durante o processo de seleção.

Métodos semi qualitativos: utilizam dados qualitativos e adotam um processo que é rigoroso, mas muito menos sofisticados do que as duas categorias anteriores, para obter uma saída quantitativa.

Métodos qualitativos: utilizam apenas dados qualitativos para selecionar os projetos, e têm um processo de tomada de decisão que envolve a comparação das opiniões dos diversos atores para obter uma saída qualitativa.

Já na dimensão metodológica, as abordagens são divididas em seis grupos: 1- Métodos matemáticos; 2- Métodos econômicos; 3- Análise decisória; 4- Métodos interativos; 5- Métodos de *Scoring*; 6- Modelos Estratégicos (Quadro 5).

| Verbano e Nosella (2010) | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--|---------------------|
| | Dimensão metodológica | | Dimensão estrutural |
| 1-Mathematical methods | Integer programming (IP) | | Quantitativo |
| | Linear programming (LP) | | Quantitativo |
| | Nonlinear programming (NLP) | | Quantitativo |
| | Goal programming (GP) | | Semi quantitativo |
| | Dynamic programming (DP) | | Semi quantitativo |
| 2-Economic methods | Internal Rate of Return (IRR) | | Quantitativo |
| | Net Present Value (NPV) | | Quantitativo |
| | Option Pricing Theory | | Quantitativo |
| | Probabilistic Financial models | | Quantitativo |
| 3-Decision analysis | Multiattribute Utility Theory (MAUT) | | Semi quantitativo |
| | Decision trees | | Semi quantitativo |
| | Analytic Hierarchy Process (AHP) | | Semi quantitativo |
| 4-Interactive methods | Delphi | | Qualitativo |
| | Q-sort | | Qualitativo |
| 5-Scoring methods | Traditional scoring methods | | Semi qualitativo |
| | Checklist | | Semi qualitativo |
| 6-Strategic methods | Boston Consulting Group Matrix | | Qualitativo |
| | Strategic buckets | | Qualitativo |

Quadro 5: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (VERBANO e NOSELLA, 2010)

Casault *et al.* (2013) destacam as diferenças entre uma perspectiva de avaliação de portfólio de projetos para a avaliação individual de projetos; segundo estes autores, embora a classificação do mérito individual de um projeto seja importante, os gestores estão cada vez mais buscando maximizar o valor global das suas carteiras e o alinhamento do portfólio aos objetivos estratégicos organizacionais. Estes autores separam as abordagens em dois grupos: nível de projeto, separados em abordagens quantitativas e qualitativas, e nível de portfólio (Quadro 6).

| Casault et al. (2013) | | | | |
|-----------------------|---|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Project level | Quantitative techniques | | Financial Information | ROI |
| | | | | Discounted Cash Flow |
| | | | | Net present value |
| | | | | Real Options |
| | Qualitative and visual information | | | Peer review |
| | | | | Growth Share Matrix |
| | | Analytic Hierarchy Process (AHP) | | |
| | | Analytic Network process | | |
| Portfolio view | Advanced Multi-Dimensional Visualization Analysis | | Data Envelopment Analysis | Project Pipeline |
| | | | | Value Creation Model (VCM) |
| | | | | |
| | | | | Balance Scorecard (BSC) |

Quadro 6: Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D (CASAULT, 2013)

Para Chien et. al. (2002), o conceito importante a se lembrar é que a combinação de todos os projetos considerados “bons” não implica necessariamente num “bom” portfólio de projetos. Este autor propõe uma taxonomia em três níveis: na primeira categoria os atributos dos projetos do portfólio são independentes; na segunda, os atributos podem ser inter-relacionados, e na terceira, denominada Sinérgica, os atributos de um projeto podem ser consideradas de acordo com sua contribuição geral ao portfólio.

Salles filho et. al. (2015) destacam que a primeira questão que deve ser colocada é a de que, como em qualquer outra atividade conduzida sob incerteza, P, D&I também se apresenta em situações com variáveis mais ou menos conhecidas. Isto implica que um investimento em pesquisa original deve, em princípio, dar-se em um ambiente de baixo conhecimento e controle das variáveis. A noção de conhecimento incompleto ganha peso quanto mais a pesquisa se aproxima de objetos desconhecidos. Numa visão linear, quanto mais a pesquisa se aproxima de um aperfeiçoamento de processos ou de diferenciação de produtos via mudanças incrementais, maior é, em tese, o conhecimento das variáveis e de seu comportamento.

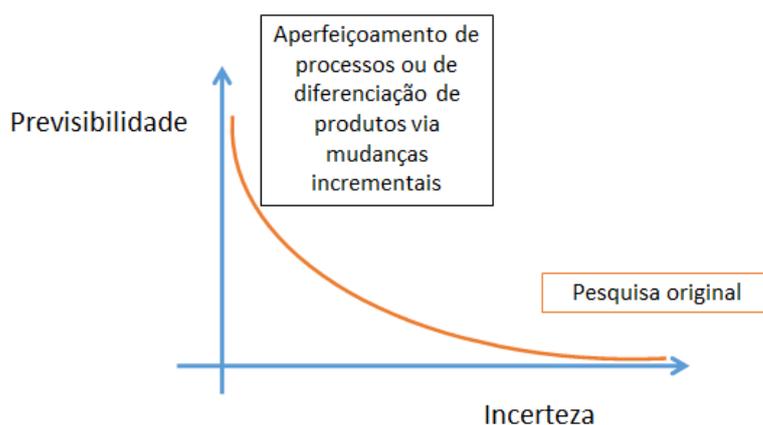


Figura 3: Previsibilidade e incerteza na gestão de P, D&I

Em geral, os critérios normalmente consideram o potencial avanço científico e tecnológico, os possíveis impactos econômicos e comerciais (lucros, vendas, produtividade, satisfação dos clientes, integração aos processos organizacionais etc.), alinhamento estratégico e, mais recentemente, os impactos sociais e ambientais (SHEHABUDDEEN *et al.*, 2006; FENG *et al.*, 2011); além de considerações de horizontes temporais, custos e riscos associados e incentivos institucionais ou restrições (regulação, por exemplo). As diferenças são, por vezes, devido à categoria de projetos em um espectro que pode ir do "*blue sky research*" à "introdução de produtos/serviços no mercado", uma vez que esses diferentes critérios assumem pesos diferentes para lidar com objetivos, tempos e riscos diferentes (HENRIKSEN e TRAYNOR, 2000; ABBASSI *et al.*, 2014). Não há um método ótimo para a seleção de projetos de P, D&I, precisamente porque cada um deles tem vantagens e desvantagens em termos dos requisitos necessários e dos resultados que produzem, sendo adequados para um determinado contexto de aplicação (SALLES FILHO *et al.*, 2015). Ademais, como será discutido posteriormente, são inúmeras as combinações possíveis entre eles, o que aumenta ainda mais o leque de possibilidades a serem consideradas.

A classificação apresentada aqui tem como base a classificação proposta em Salles Filho *et al.* (2015): 1- Programação Matemática; 2- Métodos econômicos; 3- Aprendizado de Máquina, 4- Modelos *Ad Hoc*; 5- Métodos de Análise da decisão e Multicritério, e acrescenta duas novas categorias: 6- Modelos de Simulação; 7- Modelos de visualização estratégica (Quadro 7):

| Tese | |
|---|--|
| 1. Programação Matemática | Programação inteira |
| | Programação linear |
| | Programação não linear |
| | Programação objetiva |
| | Programação dinâmica |
| | Programação estocástica |
| | Programação Fuzzy |
| | Análise Envolvente de Dados - DEA |
| 2. Métodos Econômicos | Tx Interna de retorno |
| | Valor Presente Líquido |
| | Fluxo de caixa descontado |
| | Teoria das opções reais |
| | Teoria dos Jogos |
| | Modelos Financeiros probabilísticos |
| | Análise de custo benefício |
| | |
| 3. Aprendizado de máquina | Abordagens estatísticas |
| | Sistemas especialistas |
| | Análise de processo decisório |
| | Conjuntos Fuzzy |
| 4. Modelos Ad Hoc | Revisão pelos pares |
| | Delphi |
| | Q-Sort |
| | Técnica de grupo nominal |
| | Métodos de scoring |
| 5. Métodos de Análise da decisão Multicritério | Multiattribute Utility Analysis - MAUT |
| | Analytic Hierarchy Process - AHP |
| | AAalytic Network Process - ANP |
| | Árvores de decisão |
| | métodos de sobre classificação Electre e Promethee |
| 6. Modelos de Simulação | Monte Carlo |
| | Simulação de dinâmica de sistemas |
| | Modelos Heurísticos |
| 7. Modelos de visualização estratégica | Pipeline de projetos |
| | Modelos de criação de valor |
| | Balance Scorecard (BSC) |
| | Matriz BCG |

Quadro 7: Proposta de Classificação de abordagens para seleção de projetos de P&D

1- Programação Matemática

Técnicas de programação matemática podem ser compreendidas como um conjunto de técnicas quantitativas que visam fornecer uma solução amparada em valores numéricos acerca dos atributos das alternativas dos projetos, seja em relação às preferências do tomador de decisão, seja em relação à disponibilidade de recursos e à utilização destes para cada alternativa de projeto. Estes métodos também são adequados para o cálculo de índices econômicos, mas falham em lidar com outros tipos de fatores. Em geral, métodos matemáticos dedicam pouca atenção para a avaliação do risco, o qual assume uma importância secundária entre as variáveis usadas nos algoritmos de cálculo (FAHRNI e SPATING, 1990; ARCHER e GHASEMZADEH, 1999).

Este grupo é subdividido em oito abordagens: Programação inteira, Programação linear, Programação não-linear, Programação objetiva, Programação dinâmica, Programação estocástica, Programação Fuzzy e análise envoltória de dados DEA.

Programação Inteira

A abordagem de programação inteira consegue lidar com diferentes versões de projetos. Uma "versão" é uma maneira diferente de gerenciar um projeto com base em critérios específicos, por exemplo, nos níveis de financiamento ou cronograma do projeto. A programação inteira facilita considerar explicitamente projetos mutuamente exclusivos ou suas interações, como por exemplo aqueles que compartilham recursos, estratégias e tecnologias. Por outro lado, a principal dificuldade é a complexidade em definir um algoritmo para resolver o problema de forma eficiente.

Programação Linear

Programação linear otimiza os benefícios a serem realizados por um portfólio de projetos e é capaz de limitar os recursos disponíveis. A programação linear assume que o tamanho de cada projeto é infinitamente divisível e que ambos, benefícios e consumo de recursos, dependem do tamanho do projeto. A função de utilidade é linear e a incerteza é gerida com a expectativa dos valores. Não há interdependência entre os projetos, e existe dificuldade para operacionalizar estes

modelos na prática, devido à quantidade de informação requisitada aos gestores (HESS, 1993).

Programação Não linear

Na prática, muitos dos problemas enfrentados na gestão de projetos não são lineares por natureza, o que impede utilização de programação linear. Nestes casos, é necessário encontrar uma técnica matemática para solucionar modelos analiticamente.

Programação Objetiva

Tanto a programação objetiva como a programação dinâmica são particularmente úteis para a programação de sequenciamento de projetos, proporcionando o monitoramento do processo de seleção de portfólio. Além disso, esta abordagem permite o estabelecimento de fatores de interdependência. Diversos autores concordam que esses métodos são úteis no caso da incorporação de restrições organizacionais ou na análise da relação entre os recursos. As principais dificuldades na aplicação dos métodos matemáticos são o uso de sistemas de computador e o alto nível de esforço necessário (em termos de tempo de pessoal) (*European Industrial Research Management Institute -EIRMA, 1995*). Além disso, uma fraqueza é que o decisor deve especificar objetivos e sua importância relativa *a priori*. A subjetividade neste processo pode representar um problema (KHORRAMSHAHGOL *et al.*, 1988). O tomador de decisão recebe apenas uma solução (a ótima) proposta pelo programa sem informações adicionais sobre alternativas relevantes.

Programação Dinâmica

Programação dinâmica é uma técnica matemática que pode ser usada para encontrar o caminho "ótimo" para uma sequência de ações e decisões. Lida com situações em que decisões tomadas em um estágio afetam o ambiente no qual decisões subsequentes serão tomadas. Além disso, este tipo de modelo pode capturar os efeitos do uso de recursos no passado sobre o futuro do projeto. Uma limitação da programação dinâmica é que apenas um tipo de recurso – por exemplo custo total – pode ser restrito durante a vida do projeto. Além disso, Souder e Mandakovic (1986) destacam que, por se tratar de uma técnica sofisticada, problemas computacionais podem ser encontrados.

Programação Estocástica

Nos modelos de Programação estocástica, ao menos um *input* de entrada é incerto e sujeito a variação. Nesta abordagem, limitações de recurso são variáveis randômicas ao invés de parâmetros constantes, e podem estar sujeitas a restrições. Os planos de pesquisa podem reconhecer a possibilidade de *breakthroughs* que exigirão ambas as revisões imediatas e de longo prazo nos padrões de financiamento e de condução das atividades de P&D. Por outro lado, a estimativa de respostas a cada mudança que pode vir a ocorrer para cada projeto P&D pode ser altamente demandante.

Análise Envoltória de Dados – DEA

Análise Envoltória de Dados é uma metodologia não paramétrica utilizada para estimar a fronteira de produção através da medição da eficiência relativa de um número de produtores (Linton *et al.*, 2007). Estes produtores são normalmente referidos como uma Unidade de Tomada de Decisão (UTD). Um UTD é definido como otimamente eficaz se, e somente se, as performances do outro UTD não puderem ser melhoradas, ao terem alteradas as suas entradas e saídas.

UTDs representam projetos individuais em caso de seleção de projetos. Um modelo DEA define a eficiência como a razão ponderada da soma dos resultados com relação à soma das entradas. Uma das principais vantagens desta técnica é que ela não requer que se façam suposições sobre forma matemática da função de produção; ela permite comparar os fatores quantitativos e qualitativos em pé de igualdade. Por esta razão, análises do tipo DEA têm sido estudadas para uso na seleção de portfólio de projetos, uma vez que permitem discriminar a atratividade relativa entre eles.

Para cada um dos projetos em análise, a DEA busca calcular um índice de eficiência relativa. Esse cálculo, que é feito a partir de uma formulação baseada em programação linear, permite estabelecer uma ordenação entre os projetos e, além disso, apontar em quais critérios um dado projeto é ineficiente. É interessante notar que a DEA, é utilizada, sobretudo, para estabelecer uma avaliação de projetos que já se encontram em andamento, tendo em vista a necessidade de se dispor de dados relacionados ao desempenho dos projetos. Exemplos de aplicação em P&D incluem Eilat *et al.* (2008) e Lee e Park (2005).

2- Métodos Econômicos

Os modelos econômicos tradicionais tentam calcular o custo benefício de uma opção de valor ou do risco financeiro de um projeto sob uma ótica monetária. Estão diretamente relacionados a conceitos de orçamento de capital. Estes modelos geram informações não apenas para a gestão da P&D, mas também para a gestão estratégica, uma vez que permitem comparar os projetos de P&D a outras classes de projetos. A utilização da análise econômica é teoricamente bem justificada se as condições para as quais os modelos são válidos podem ser satisfeitas (ORMALA, 1986). Contudo, na prática, a contribuição dos projetos de P&D é difícil de ser estimada em termos monetários. Além disso, vale ressaltar que decisões em P&D envolvem, na grande maioria das vezes, múltiplos critérios, e os métodos econômicos primam apenas pela viabilidade e resultados financeiros; assim, não são capazes de levar em consideração aspectos estratégicos, que são difíceis de monetizar quantitativamente (LAWSON *et al.*, 2006; POH *et al.*, 2001).

Em linhas gerais, pode-se afirmar que os métodos deste grupo são necessários para se ter uma estimativa de retorno econômico. Podem ser usados para estimar fatores de mercado quantitativamente, e seu resultado está relacionado com a necessidade de monetizar os itens individualmente. Por esta razão, este conjunto de técnicas tem dificuldade em gerenciar situações de incerteza.

Este grupo está dividido em seis abordagens: Taxa Interna de Retorno - TIR; Valor Presente Líquido – VPL; Fluxo de Caixa Descontado; Opções Reais e Teoria dos Jogos.

Taxa Interna de Retorno - TIR

Busca responder a questão: este curso de ação pode ser lucrativo? A TIR é um critério comumente empregado em análise de projetos. Pode ser definida como a taxa de desconto que iguala os fluxos de caixa ao investimento inicial. A grande vantagem deste critério é permitir que todo o projeto seja resumido a um único número: a sua rentabilidade intrínseca esperada. É justamente por isso que o critério continua sendo amplamente usado. É útil em oferecer um parâmetro de comparação de uma lista de projetos semelhantes em uma carteira. Contudo, é deficiente em considerar o valor do dinheiro no tempo, pois oferece uma visão incompleta do valor do projeto.

Valor Presente Líquido - VPL

O critério do VPL é um dos mais comuns em análise de projetos; é obtido calculando-se o valor presente de uma série de fluxos de caixa – pagamentos ou recebimentos – com base em uma taxa de custo de oportunidade conhecido ou estimado, e subtraindo-se o investimento inicial. Uma vantagem deste critério é determinar o valor que é criado ou destruído quando se decide realizar um projeto. Outra vantagem é que o VPL pode ser calculado para diversas taxas mínimas de atratividade, permitindo análises de sensibilidade frente a alterações. É uma ferramenta de orçamento de capital que aborda o custo de oportunidade de investir em um projeto, em oposição ao investimento em ativos de rendimento fixo.

Fluxo de Caixa Descontado

Denomina-se fluxo de caixa descontado por se tratar de uma popular abordagem no mercado financeiro, e também é utilizado para avaliar projetos de P&D. Oferece *insights* sobre a relação entre a taxa de desconto e investimento de capital feitas em momentos distintos. Possui especificações de valor que dão preferência para fluxos de retorno ao longo do tempo; contudo, geralmente a taxa de desconto não corresponde à realidade. Enquanto o seu procedimento é simples de usar e entender, requer dados que podem não estar disponíveis para a consideração, como no caso de projetos de pesquisa básica ou fundamental. Este método financeiro quantitativo é problemático por três razões: 1- Não consegue resolver adequadamente a incerteza acerca do resultado do investimento; 2- Assume-se que o investimento é feito inicialmente e que os recursos comprometidos não podem ser alterados ao longo do projeto; 3- A análise se baseia na atribuição de uma taxa de desconto apropriada (VONORTAS; HERTZFELD, 1998).

Análise de Custo/Benefício

Análise de custo-benefício é um outro método frequentemente utilizado para a avaliação de projetos. Neste método, a consequência de um projeto é descrita em medidas de custo e benefício. O principal valor desta abordagem é que ela encoraja uma consideração explícita dos custos e benefícios dos projetos e permite a identificação dos fatores críticos na avaliação. Sua principal desvantagem é que ele requer diferentes benefícios ou custos, medidos na mesma unidade. Ele também não permite a comparação direta dos projetos.

Teoria das Opções Reais

Esta abordagem considera que as decisões econômicas de investimento, bem como a avaliação econômica de projetos, são afetadas por incertezas econômicas e técnicas, e pelas flexibilidades gerenciais embutidas nos projetos. A incerteza econômica está relacionada a fatores externos ao projeto, sendo geralmente representada pelas oscilações estocásticas do preço do produto e pelos custos. A incerteza técnica se deve a fatores internos, como a incerteza sobre o tamanho da produção e o desempenho dos projetos em função do desenvolvimento e emprego de novas tecnologias. As flexibilidades gerenciais embutidas nos projetos dão liberdade ao gerente para tomar decisões tais como investir, expandir, parar temporariamente ou abandonar um determinado projeto. Se alguma destas possibilidades for ignorada na análise econômica, pode ocorrer uma subavaliação do projeto, levando a erros irreversíveis na tomada de decisões. Desta forma, a flexibilidade gerencial representa um valor que não é considerado pelas técnicas convencionais, tais como TIR e VPL (PACHECO; VELLASCO, 2007).

As opções reais buscam representar consequências naturais e de situações do mundo real que proporcionam as características de irreversibilidade, incerteza e possibilidade de adiamento. Ao considerarem, além das incertezas econômicas e técnicas, a flexibilidade gerencial, esta abordagem possibilita maximizar o valor do investimento. Os investimentos em P&D são entendidos como uma opção – sem obrigação – e possibilitam prosseguir ou não com uma determinada ação com base num valor comercial futuro do projeto. Tanto o método do fluxo de caixa descontado como a abordagem de opções reais colocam um valor numérico na decisão de investir ou postergar, o que possibilita capturar mudanças no mercado e na tecnologia. O principal atributo desta abordagem é que ela permite a inclusão de nova informação no processo de avaliação. A principal preocupação na aplicação da metodologia é de como lidar com a imprecisão não estatística que se encontra ao julgar ou estimar os fluxos de caixa futuros. Além disso, a utilização de opções reais para avaliar P&D requer sofisticação matemática.

Teoria dos Jogos

Não se trata diretamente de um método econômico. A teoria dos jogos distingue-se das diferentes abordagens discutidas anteriormente, pois procura estratégias racionais em situações em que o resultado depende não só da estratégia própria de um agente e das condições de mercado, mas também das estratégias escolhidas por outros agentes que possivelmente têm estratégias diferentes ou objetivos comuns. Para Gibbons (1992), a teoria dos jogos é o estudo de problemas que envolvem decisões entre dois ou mais jogadores, apreciada extensamente, por exemplo, no estudo dos oligopólios, em que cada firma considera a decisão das outras empresas na sua tomada de decisão.

A teoria dos jogos é uma abordagem que busca considerar os possíveis eventos futuros ou as reações do ambiente em uma empresa, em relação à sua ocorrência e extensão. Esta abordagem considera explicitamente a atuação de concorrentes com base em um comportamento racional. Modelos teóricos baseados em jogos são úteis para avaliar as estratégias de P, D&I; por exemplo, o padrão de despesa em P&D de uma empresa envolvida em uma corrida tecnológica de patentes (GROSSMAN; SHAPIRO, 1987). No contexto da P&D, a maioria dos modelos está restrita à análise de duopólios. No entanto, vale ressaltar que há uma diferença considerável entre aquilo com que a teoria pode lidar e a complexidade da maioria das situações concorrenciais decorrentes. Consequentemente, simplificações são necessárias para resolver os modelos analiticamente.

3- Aprendizado de máquina e reconhecimento de padrões

As técnicas de aprendizagem de máquina (ou de reconhecimento de padrões) têm como objetivo atribuir uma classe a um dado elemento, a partir de um conjunto de atributos deste elemento. No contexto de P, D&I, as classes estão geralmente associadas a um conjunto finito de níveis de risco, e os atributos são dados pelos critérios considerados no processo decisório – cada elemento a ser classificado corresponde a um dos projetos a ser considerado para compor o portfólio. A partir de um conjunto de dados referentes a decisões passadas – esses dados devendo compreender os atributos de diferentes projetos, bem como parâmetros referentes ao nível de sucesso atingido, realiza-se o processo de aprendizado, no qual uma estrutura matemática é ajustada de modo a “aprender”

com base nas decisões passadas. Assim, dado um novo projeto, os seus respectivos atributos são submetidos à estrutura matemática considerada, que, ajustada na etapa de aprendizado, fornece uma das possíveis classes (por exemplo, “risco alto” de contratação).

Assim, reconhecimento de padrões e aprendizado de máquinas aplicados a P, D&I precisa ser traduzido em um problema de classificação capaz de assegurar a criação de um banco de dados, o que permite analisar propriedades e padrões. Nisto a definição do indicador é central assim como os atributos e classes que os elementos podem assumir.

Abordagens estatísticas

Métodos estatísticos auxiliam a identificar variáveis que influenciam os programas de P&D, estes fatores podem ser quantitativos ou qualitativos e podem ser examinados sob a perspectiva das inter-relações (análise de regressão) ou da estrutura dos fatores (análise discriminante).

Sistemas especialistas: Emulação Cognitiva

Esta classe de sistema busca estabelecer um modelo representativo do processo decisório em uma organização. Assim como as técnicas de aprendizagem de máquina e reconhecimento de padrões, utilizam-se da experiência e do conhecimento prévio em determinadas circunstâncias para refletir sobre novas conclusões. Esta classe de sistemas emulam a inferência de especialistas. A análise do processo decisório busca refletir a estrutura hierárquica da organização, com múltiplos níveis e grupos envolvidos no processo de seleção de projetos. O objetivo desta abordagem é ganhar *insights* para a gestão estratégica, não estando obrigatoriamente relacionado ao problema da gestão da P&D.

Conjuntos Fuzzy

Modelos de programação Fuzzy capturam a situação em que o decisor não busca necessariamente o máximo de uma função objetiva, mas se satisfaz se uma solução alcança um certo nível de aspiração. É particularmente interessante uma vez que de fato não existem respostas exatas e as respostas podem englobar um largo espectro de possibilidades.

4- Modelos *Ad Hoc*

uso de especialistas *ad hoc* para avaliação do mérito da pesquisa coincide historicamente com o processo de institucionalização da prática científica no final do século XVII, a partir da criação das sociedades e das revistas científicas. Uma das mudanças que se evidenciaram neste momento foi a transição entre a simples impressão dos achados científicos e a publicação destes achados em revistas, fenômeno que passa a integrar um novo ator, além do próprio autor do trabalho, que é o seu par científico. Com o passar do tempo, a mesma lógica de avaliação pelos pares empregada para a publicação dos achados científicos passou a ser empregada em outras frentes da prática científica, especialmente para as decisões de seleção e promoção de cientistas, decisões de financiamento da pesquisa (particularmente importantes no contexto deste trabalho) e também na avaliação de resultados e impactos da pesquisa, seja no âmbito governamental, acadêmico e até mesmo industrial (OECD, 2011).

Este grupo está dividido em quatro abordagens: Revisão pelos pares; *Delphi*; *Q-Sort* e Métodos de *Scoring*.

Revisão pelos pares

Em linhas gerais, a avaliação pelos pares pode ser definida como uma técnica sujeita à confiança dos tomadores de decisão em relação às recomendações de indivíduos reconhecidos por sua *expertise* para avaliar o desempenho esperado ou obtido de uma pesquisa e/ou pesquisador (FELLER, 2013). Revisão por pares é talvez a mais simples das técnicas, mas muito importante devido a seu uso histórico e atual. A revisão por pares envolve um grupo de especialistas que atribuem uma pontuação a projetos individuais contra uma série de critérios de mérito técnico. Os projetos são então classificados ordenados e os melhores selecionados. Esta abordagem é útil quando se é confrontado com projetos diferenciados em termos de qualidade técnica, ou quando há um baixo nível de interdependência entre os projetos (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999). No entanto, a revisão por pares é uma desvantagem, pois não corrige preconceitos pessoais do perito, e não se pode comparar com fiabilidade as pontuações obtidas entre cada indivíduo.

Delphi

Técnicas de decisão em grupo sistematicamente capturam e combinam o conhecimento e julgamento de especialistas. Um exemplo é a metodologia Delphi, uma sucessão controlada de interações entre participantes anônimos através de cartas e coordenados por uma equipe. O objetivo do método é obter julgamento, percepções e expectativas a partir de um painel de especialistas, que organizam os itens para posteriormente serem avaliadas por todo o grupo. Como resultado, obtém-se uma resposta mais compartilhada, estruturada e menos tendenciosa a uma pergunta de seleção de projetos de P&D. Três itens positivos: 1- O fato de as pessoas serem anônimas reduz o efeito de indivíduos dominantes; 2- *Feedback* estruturado reduz o ruído das respostas; 3- Uma definição estatística da resposta do grupo possibilita reduzir a pressão por conformidade e assegura a representação de todos na análise final.

Por outro lado, existe o risco de que a coordenação influencie o grupo através das perguntas; além disso, mal-entendidos podem ocorrer devido a diferenças educacionais e circunstanciais. Estes métodos são úteis quando fatores estratégicos têm que ser avaliados com precisão. Vale ressaltar que as características quantitativas por exemplo, o retorno econômico, não são tomadas em consideração por este método que só gera uma saída qualitativa.

Embora muita literatura tenha se dedicado à técnica Delphi, sua maioria é principalmente descritiva e não considera o Delphi como método de otimização de carteiras. Isso é devido às dificuldades que esta técnica tem em avaliar elementos quantitativos, e a quantidade de tempo que requer. Métodos estratégicos são frequentemente usados na fase inicial de tomada de decisão na seleção de projetos e, em seguida, uma ou mais técnicas, tais como o *Scoring* ou Programação matemática, são aplicadas nas fases que se seguem (COOPER *et al.*, 2000).

Q-Sort

A abordagem Q-Sort é a menos formal: trata-se de um método psicométrico para classificar uma série de itens de acordo com opções individuais definidas por um grupo, e obter consenso a partir dessas (SOUDER; MANDAKOVIC, 1986). Assim, há uma primeira rodada em que a classificação é feita individualmente, seguida por uma nova rodada na qual se apresenta aos participantes uma compilação das classificações individuais e promove-se o debate.

Métodos de Scoring

Esta abordagem é tratada de forma abrangente na literatura. Possibilita avaliar os projetos atribuindo a cada um uma pontuação que reflete o quão bem ele responde aos objetivos definidos em cada escala. Os respondentes devem determinar o mérito de cada projeto em relação a cada critério. Os métodos de pontuação podem incorporar diferentes tipos de dados, como critérios econômicos. Esta abordagem é adequada para valorizar fatores estratégicos, mesmo os que não são quantitativos, como por exemplo os fatores sociais e ambientais. Projetos podem ser adicionados ou retirados sem afetar a pontuação dos projetos remanescentes. No geral, é um método fácil de usar, pois proporciona consenso à gestão, mas requer recursos consideráveis em termos de tempo e envolvimento do tomador de decisão.

Porém, existem inconvenientes quando é utilizado no gerenciamento de portfólio de projetos, pois em geral sua estruturação não é bem definida, o que acaba prejudicando as justificativas para sua adoção. Além disso, os critérios na maioria das vezes não são independentes, critérios mutuamente exclusivos são difíceis de serem tratados e requerem que avaliadores disponham de muita informação sobre como julgam cada critério. Outro ponto negativo apontado por Dean e Nishry (1965) é sua assunção linear.

5- Métodos de Análise da decisão Multicritério

Alguns autores distinguem os métodos: Processo de Hierarquia Analítica (*Analytic Hierarchy Process – AHP*), Técnica de Utilidade de Atributo Múltiplo (*Multiattribute Utility Analysis – MAUT*), processo de análise de redes (*Analytic Network Process – ANP*) e árvores de decisão (denominando-os como métodos de análise da decisão) dos métodos de *Outranking* ou sobre classificação, representados principalmente pelas abordagens da família Electre e Promethee.

Nesta classificação estes métodos estão agrupados pois parte-se da premissa de que este grupo proporciona uma lógica para analisar o que está sendo maximizado ou não na tomada de decisão. Além disso, dentre seus atributos comuns podemos destacar: 1- Os métodos desta classe não são deterministas; 2- são capazes de lidar com informações objetivas e subjetivas e 3- Se associam

facilmente a outros métodos sendo frequentemente citados na literatura de apoio à decisão em P, D&I.

Os métodos MAUT, AHP, ANP e árvores de decisão selecionam o melhor projeto construindo uma hierarquia com uma estrutura em camadas dentro da qual alternativas de projetos são analisados. As alternativas são comparadas e o melhor projeto é selecionado criando matrizes que resumem as prioridades em cada nível. A abordagem MAUT, por exemplo, calcula uma função de utilidade para cada projeto, que envolve a atribuição de pontuações individuais de atributos e, em seguida, avalia a utilidade geral do projeto com base em cada um. Portanto, a principal característica deste método é a capacidade de quebrar um problema complexo em um conjunto de sub-problemas que podem ser resolvidos individualmente de acordo com múltiplos objetivos. As árvores de decisão, no entanto, são empregadas nos casos em que o projeto é caracterizado por uma seqüência de decisões, em que cada decisão é influenciada pelo resultado do anterior. Este modelo é frequentemente utilizado como uma ferramenta de suporte em conjunto com outras técnicas.

Contudo, a modelagem de um problema de decisão pode contar com a participação de um ou mais agentes decisórios e utilizar um ou mais critérios durante a avaliação. Cada agente decisório é responsável por definir valores de julgamento pessoal a alguns atributos, tais como o grau de desempenho das alternativas em relação a cada critério e o peso (ou nível de pertinência) dos critérios de decisão. Desta forma, os valores dessas variáveis são influenciados por fatores subjetivos decorrentes da intuição e da experiência dos agentes decisórios.

Os métodos de decisão que consideram mais de um critério são definidos como métodos de decisão multicritério (*Multicriteria Decision Making - MCDM*). Nesses métodos, algumas alternativas são avaliadas segundo um número de critérios definidos, sendo que cada critério induz a uma ordenação particular das alternativas, fazendo com que seja necessária a adoção de algum mecanismo capaz de construir uma ordenação geral de preferências, também chamada de *outranking* ou sobre classificação.

Vários autores categorizam os métodos MCDM segundo duas abordagens: *Multiple Attribute Decision Making* (MADM) e *Multiple Objective Decision Making* (MODM). A abordagem MADM consiste em fazer seleção entre alternativas predeterminadas na presença de múltiplos atributos, os quais são

geralmente conflitantes, sendo que a quantidade de alternativas deve ser limitada e as alternativas descritas por meio de seus atributos relacionados. A partir disso, é possível desenvolver um processo de classificação das alternativas. Já a abordagem MODM permite relacionar a decisão final a diferentes funções dentro de uma organização (tais como compras, qualidade, produção, entre outras) e, portanto, a organização deve buscar maximizar o desempenho de cada uma destas funções por meio da obtenção de resultados “ótimos” na decisão.

A resolução de um modelo MCDM deve obedecer a um conjunto de regras determinadas pelo(s) método(s) escolhido(s) para abordar o problema, sendo que esta escolha deve ser feita ainda na fase de desenvolvimento do modelo. Os métodos MCDM são capazes de contribuir para a eficiência da tomada de decisão por justificar os processos de decisão, permitir o processamento mais rápido e automatizado dos dados, bem como o armazenamento dos processos de decisão, possibilitando assim o acesso à informação em situações futuras.

Multiattribute Utility Analysis - MAUT

MAUT é uma técnica que considera tanto aspectos monetários como aspectos qualitativos, estabelecendo um conjunto de atributos que são avaliados em uma escala de utilidade. É um método de pontuação que pressupõe que cada decisor (inconscientemente e implicitamente) busca maximizar algum tipo de função de utilidade. Alguns autores apontam o MAUT como um método que pode avaliar a interdependência dos projetos, sua complementaridade e a coerência estratégica de todo o portfólio em consideração. A literatura, contudo, ilustra um número limitado de casos em que as funções de utilidade são aplicadas à seleção de projetos de P&D. O principal problema é estimar a utilidade com base nas preferências do decisor. Além disso, formas sofisticadas desta técnica são complexas e requerem o uso de procedimentos matemáticos rigorosos e a constante atenção do tomador de decisão.

Analytic Hierarchy Process - AHP

A abordagem AHP é um método para comparar um conjunto de alternativas que exigem aportes de diversas pessoas com o objetivo de apoiar a decisão em ambientes complexos (SAATY; PENIWATI, 2008). É um método intuitivo e relativamente simples de utilizar e de buscar consenso, uma vez que possibilita estruturar um problema em uma hierarquia. Uma série de comparações é realizada

par a par, produzindo um “peso” em cada nível da hierarquia; esses pesos são então combinados usando um modelo de valor aditivo a fim de se produzir um conjunto de pesos globais ou prioridades para as alternativas. As alternativas podem ser classificadas com base nos seus pesos globais calculadas pelo AHP.

AHP pode ser decomposto em quatro passos: 1- Decomposição do projeto hierarquicamente em subproblemas que possam ser analisados de forma independente; 2- Avaliação de cada elemento par a par comparando seu impacto com o elemento acima na hierarquia; 3- Conversão das avaliações em valores numéricos, baseada em prioridades definidas; 4- Cálculo numérico das prioridades de cada alternativa. AHP admite um segundo passo, voltado à otimização e se considerando as inter-relações entre projetos (ARCHER; GAZEMADETH, 1999).

Esta abordagem é capaz de avaliar fatores como as capacidades tecnológicas internas e externas, preferências do mercado consumidor, a integração de objetivos das partes interessadas, bem como outros elementos táticos e estratégicos. No entanto, não é adequada para gestão de carteiras de projetos a menos que seja usada em conjunto com outro método matemático, como a programação objetiva. Se por um lado esta abordagem permite medir a preferência subjetiva com base em valores quantitativos de forma relativamente simples, por outro, diferentes tomadores de decisão podem atribuir diferentes níveis de importância para o mesmo critério, o que pode representar um problema de decisão complexo devido à sua natureza subjetiva. Além disso, a medida que o número de critérios aumenta, a tabulação e os cálculos tornam-se complexos e tedioso (IAMRATANAKUL et. al. 2008).

Analytic Network Process – ANP

As técnicas de ANP permitem transformar uma série de atributos qualitativos sobre o projeto em atributos quantitativos. São consideradas como sendo uma variação do método AHP, mas mais simples e intuitivo (MEADE; PRESLEY, 2002). A principal diferença é que o ANP não está preocupado com a inferência lógica dos parâmetros entre os critérios como o AHP, e permite analisar relações complexas do processo decisório em formato de rede. A principal vantagem desta abordagem é que permite lidar com critérios que não são completamente independentes.

Árvores de decisão

Árvores de decisão são usadas em situações em que o decisor enfrenta uma sequência de decisões. Em geral, servem para representar e analisar uma série de decisões de investimento ao longo do tempo sob condições de incerteza. Uma árvore de decisão é construída a partir de dois tipos de nós: estocástico clássico e nós de decisão. Sua construção envolve a estruturação de um problema enumerando todas as possibilidades intervenientes e os resultados provenientes. Em seguida, aplica-se o princípio da utilidade máxima esperada para determinar a melhor alternativa de projeto. Uma das maiores vantagens da aplicação de árvores de decisão é que elas possibilitam representar e analisar uma série de eventos em sequência ao longo do tempo. Contudo, construir árvores de decisão pode ser trabalhoso principalmente quando aplicadas a problemas complexos; além disso, assim como em outros métodos, há necessidade de se aplicar probabilidades a variáveis incertas e a preferências sobre os seus possíveis resultados.

Métodos de sobre classificação Electre e Promethee

Os métodos de *Outranking* ou sobre classificação exigem a especificação de alternativas, critérios e utilização dos dados da tabela de decisão. O processamento da matriz de decisão se dá, primeiramente, na direção das alternativas, ou seja, busca-se comparar, para um dado critério, o desempenho relativo entre duas alternativas. Por esse motivo, tais métodos também são conhecidos como métodos de comparação par a par. Uma vez realizadas essas comparações para todas as alternativas e critérios, torna-se possível estabelecer relações de preferência ou de indiferença entre as alternativas, que correspondem às saídas fornecidas pela maioria dos métodos de sobreclassificação.

Destacam-se duas famílias mais populares desta classe de métodos, comumente denominados como escola francesa, os métodos ELECTRE e os métodos PROMETHEE. Em essência estes métodos permitem atuar sobre quatro problemas principais que se apresentam na seleção de projetos de P, D&I: 1- O problema da escolha; 2- Da ordenação (Ranking) de projetos; 3- Da classificação de alternativas e 4- Na descrição das alternativas. Esta classe de métodos permitem soluções de compromisso mas não ótimas.

O método ELECTRE “ELimination Et Choix Traduisant la Réalité” (eliminação e elevação e expressão da realidade) é usado para selecionar a melhor

ação entre um conjunto de ações. Este conjunto de métodos desenvolveram-se nas últimas quatro décadas e são utilizados em diferentes áreas. Trata-se de um modelo baseado em preferências. Por exemplo, se assumirmos as alternativas (a) e (b), o método ELECTRE as compara para descobrir se (a) ou (b) é estritamente preferido ao outro, se não há diferença entre eles, ou se são incomparáveis. Além disso, ELECTRE é baseado nos índices de concordância e discordância.

Os métodos de sobre classificação tomam como base procedimentos semelhantes ao de hierarquização para a organização da informação mas há diferenças nos modos pelos quais as preferências dos decisores são tratadas. Os Métodos ELECTRE possuem cerca de cinco versões e têm origem em autores franceses, particularmente B. Roy e D. Bouyssou. Partem igualmente da necessidade de decisão em presença de vários critérios segundo a natureza das decisões, a definição das ações possíveis e da enumeração e avaliação dessas ações. Definem conjuntos de ações e conjuntos de conseqüências associadas a cada uma das ações.

Confrontam-se as alternativas segundo juízos conferidos a cada uma delas e faz-se uma análise de qual alternativa se sobrepõe (ou sobre classifica) a outra, num cálculo que leva em conta um índice de concordância (calculado pela razão entre a soma dos pesos dos critérios para que “A” seja melhor que “B” e a soma de todos os pesos de todos os critério do modelo) e um índice de discordância (calculado pela razão entre a soma das pontuações dos critérios nos quais “B” é melhor que “A” e a diferença entre a máxima e a mínima pontuação de qualquer dos critérios). Quanto mais próximo de 1 o índice de concordância e mais próximo de zero o de discordância, maior é a sobreclassificação de “A” sobre “B”. A sobreclassificação pode ser forte (com muito baixo índice de discordância) ou fraca (com índice de discordância relativamente alto).

Nos casos nos quais aparecem alternativas numerosas e diferentes entre si e também nos quais o decisor é coletivo (colocando problemas de diferentes interpretações) é preciso construir relações de sobreclassificação para proceder à tomada de decisão. O método Electre II, por exemplo, sugere uma seqüência de ações na seguinte direção: determinar os vetores que permitem a comparação, atributo por atributo, de cada alternativa; determinar os vetores que contêm as diferenças dos valores dos atributos que indicam clara preferência de uma alternativa sobre outra. Uma vez feito isso, faz-se uma partição em três grupos,

calculando-se a soma dos pesos dos atributos superiores, inferiores e equivalentes. Assim, um atributo de uma alternativa será superior a outros se a soma dos pesos for maior sob duas condições: a) de que a razão entre a soma dos pesos dos atributos superiores e equivalentes sobre o total das somas dos pesos seja suficientemente grande; e b) que o conjunto dos atributos inferiores seja suficientemente baixo, ou que apenas alguns deles tenham importância e a maioria não. Segue-se a esses passos a classificação das alternativas em: indiferença, preferência forte, preferência fraca e incomparabilidade (quando não se verifica nenhuma das anteriores). As diversas versões dos métodos ELECTRE atendem à necessidade de analisar diferentes relações de síntese que decorrem de diferentes procedimentos de agregação multicritério (PAMC). PAMC de tipo I remete a situações nas quais as preferências apresentam um único critério de síntese (situações mais simples e menos frequentes em ações de avaliação e de decisão). PAMC de tipo II trata de situações que apresentam sistemas relacionais de preferências.

Os PAMC de tipo II representam modelos de preferências globais que colocam em evidência o caráter mais ou menos seguro dos julgamentos de preferência e de indiferença, o qual não pode ser resumido a um julgamento simples sobre dois números, como ocorre em modelos que se apoiam em um critério único de síntese (PAMC tipo I). Assim, enquanto os métodos ELECTRE I e IS foram desenvolvidos para esta última situação, os demais (especialmente II e IV) lidam com procedimentos de agregação que chegam a vários sistemas de preferências (ROY & BOUYSSOU, 1993).

O método Prométhée (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) é um método discreto baseado em relações de subordinação que tanto pode ser aplicado em grupos como individualmente. Consiste em construir uma relação binária muito particular entre as alternativas em análise que permite gerar um ranking completo para um conjunto finito de alternativas baseada na comparação entre pares de alternativas. Sua referência pioneira é BRANS e VINCKE (1985).

O procedimento passo a passo do PROMETHEE começa pela determinação de desvios com base em comparações em pares, seguido do cálculo da avaliação da função de preferência. Em seguida, calcula-se o índice de preferências global que é usado para calcular os fluxos positivos e negativos. Desde

a versão pioneira desenvolvimentos e adaptações deram origem às diversas metodologias da família PROMETHEE brevemente sumariados a seguir.

- PROMETHEE I – Pré-ordem parcial, problemas de escolha e ordenação;
- PROMETHEE II – Estabelece uma pré-ordem completa entre alternativas, também utilizado nas problemáticas de escolha e ordenação;
- PROMETHEE III – ampliação da noção de indiferença, tratamento probabilístico dos fluxos (preferência intervalar);
- PROMETHEE IV – Utilizado em situações onde o conjunto de alternativas é contínuo;
- PROMETHEE V – neste método, após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas restrições, identificadas no problema, para as alternativas selecionadas, incorporando-se uma metodologia de otimização;
- PROMETHEE VI – Pré-ordem completa ou parcial. Problemáticas de escolha e ordenamento. Destinado a situações em que o decisor não consegue estabelecer um valor fixo de peso para cada critério;
- PROMETHEE GAIA – extensão dos resultados do PROMETHEE, através de um procedimento visual e interativo.

6- Modelos de simulação

Modelos de simulação permitem representar elementos reais dos sistemas sociais; buscam responder a questão: “o que aconteceria se...?”. São usados quando experimentos práticos são impróprios, de elevado custo, ou demandam muito tempo.

Simulações de Monte Carlo

Simulações do tipo Monte Carlo usam a distribuição de probabilidade de todos os elementos estocásticos relacionados ao projeto de P&D para calcular a probabilidade geral de valores objetivos (MARTINO, 1995). Simulações repetidas com modificações em parâmetros permitem analisar diferentes configurações de *output*, mas não necessariamente “ótimas”.

Simulação de dinâmica de sistemas

Um foco diferente é abordado pela simulação de dinâmica de sistemas: esta abordagem proporciona retroalimentação para melhorar a análise de cenários,

por exemplo, no que diz respeito a consequências e reações no mercado depois da introdução de um novo produto. Segundo lamratanakul et. al. (2008), a simulação é adequada para definição de uma carteira de projetos em uma organização dinâmica. No entanto, sua aplicação é limitada quando a organização não tem um padrão bem estabelecido de fluxo de informações para analisar resultados e impactos.

Modelos Heurísticos

A Modelagem Heurística busca encontrar resultados aceitáveis, porém “não ótimos”. A busca por esta classe de modelos está relacionada à necessidade de se representar mais realisticamente as diferentes interações que ocorrem entre diferentes sistemas e sua complexidade. Contudo, muitas vezes o cálculo de todas as soluções em tempo hábil não é possível; desta forma, a adoção de heurísticas auxilia a análise de ações em condições específicas.

7- Modelos de visualização estratégica

Pipeline de projetos

O uso de ferramentas de representação gráfica é um método relativamente subjetivo; no entanto, ele permite que os gestores tomem uma decisão mais informada, com base no reconhecimento de padrões para relacionar aspectos específicos e balancear a carteira de projetos (Linton *et al.*, 2002). Uma das ferramentas mais utilizadas é o *pipeline* de projetos que permite visualizar a combinação estática de projetos em quatro dimensões simultaneamente.

Modelos de Criação de Valor

O modelo de valor da criação (MVC) refere-se a uma série de técnicas de visualização que podem ser usadas para comparar várias dimensões ao mesmo tempo. Vários aspectos do MVC podem ser utilizados para examinar um grande número de projetos simultaneamente. No entanto, como Linton *et al.* (2002) aponta, técnicas como essas podem resultar em uma sobrecarga de informações para os tomadores de decisão. Por esta razão, ferramentas de visualização são muitas vezes utilizadas em conjunto com modelos de *scoring*.

Balance Scorecard (BSC)

O balance scorecard (BSC) foi desenvolvido como uma forma de melhorar as informações incompletas fornecidas pelas medidas contábeis financeiras tradicionais, a fim de medir o crescimento no nível organizacional (EILAT *et al.*,

2006). Grupos de medidas de desempenho são divididos ao longo das áreas funcionais a que se dirigem, denominados como "cartões": financeiro, mercado, crescimento interno e inovação. BSC, em seguida, fornece orientações sobre formas de avaliar o desempenho das organizações nas áreas funcionais identificadas por cada cartão.

Matriz BCG (Boston Consulting Group Matrix)

A Matriz BCG é uma análise gráfica desenvolvida por Bruce Henderson (HENDERSON, 1979). Seu objetivo é suportar a análise de portfólio de produtos ou de unidades de negócio baseado no conceito de ciclo de vida do produto, e pode ser aplicada a seleção de projetos de P&D. Esta matriz é uma das formas mais usuais de representação do posicionamento de produtos ou unidades estratégicas de negócio da empresa em relação a variáveis externas e internas. Distingue-se de outras abordagens por analisar a atratividade da indústria e pontos fortes do negócio, com o fim de classificar projetos em nove categorias. Tais análises qualitativas podem ajudar a visualizar projetos que carecem de indicadores financeiros sólidos. No entanto, estas técnicas são bastante limitadas na sua capacidade de assegurar que a carteira resultante é otimizada em termos de ser capaz de alcançar um maior nível de objetivos econômicos, científicos ou sociais. Questões como relações e sinergias entre projetos também não conseguem ser analisadas.

Aspectos determinantes na comparação de abordagens para seleção de projetos de P, D&I

Com o objetivo de realizar uma comparação entre as diferentes abordagens apresentadas, este item traz uma revisão de aspectos determinantes para a comparação de abordagens para seleção de projetos de P&D. O Quadro 8 abaixo apresenta uma síntese de elementos centrais identificados na literatura:

| Revisão da literatura sobre aspectos determinantes em abordagens para seleção de projetos de P, D&I | |
|---|--|
| Fahmi e Spang (1990) | <p>Concentração na maioria dos problemas críticos</p> <p>Determinar o quanto das informações pertinentes à decisão pode ser quantificada</p> <p>Lidar com a interdependência entre os projetos</p> <p>Consideração de objetivos individuais ou múltiplos</p> <p>Atenção ao risco e incerteza</p> |
| Mukherjee e Bera (1995) | <p>Maximização de metas econômicas e tecno-econômicas (investimento de capital, custo operacional, VPL)</p> <p>Maximização de metas de eficiência (produtividade, lucratividade, TIR)</p> <p>Maximização de metas não econômicas e sociais (emprego, benefícios sociais, ambientais)</p> |
| Ghosemzadeh e Archer (2000) | <p>Objetivos muitas vezes conflitantes</p> <p>Projetos interdependentes</p> <p>Objetivos podem ser qualitativos</p> <p>A incerteza e o risco podem afetar projetos</p> <p>A carteira selecionada pode precisar ser equilibrada em termos de fatores importantes</p> <p>O número de carteiras viáveis muitas vezes é enorme</p> <p>Os projetos devem ser reavaliados e ao mesmo tempo serem considerados para a seleção</p> |
| Trille et al. (2000) | <p>Métricas e ponderações variam ao longo das diferentes fases de um projeto de P&D</p> <p>O portfólio de P&D é uma imagem "instantânea" do risco e retorno de um projeto de P&D</p> <p>Avaliação das informações qualitativas é crítica</p> <p>O portfólio de P&D deve ser equilibrado com as metas e estratégias corporativas</p> |
| Poh et al. (2001) | <p>Múltiplos objetivos</p> <p>Risco e incerteza</p> <p>Simplicidade</p> <p>Disponibilidade de dados</p> <p>Adaptar e incorporar experiência e conhecimento dos diferentes tomadores de decisão</p> <p>Natureza dos dados (quantitativo e/ou qualitativo)</p> <p>Custo de execução (despesas e tempo requeridos)</p> |
| Meade e Presley (2002) | <p>Relacionar os critérios de seleção para a estratégia corporativa</p> <p>Considerar benefícios e riscos qualitativos</p> <p>Reconciliar e integrar as necessidades e desejos de diferentes partes interessadas</p> |
| Chien (2002) | <p>Critérios de avaliação inter-relacionados</p> <p>Inter-relações entre projetos</p> <p>Reconhecimento explícito e incorporação da experiência e conhecimento dos gestores de P&D</p> <p>Aspectos não monetários</p> <p>Facilidade no uso</p> |
| Carlsson et al. (2007) | <p>Lidar com ciclos de vida longo dos projetos</p> <p>Lidar com incerteza derivada da falta de informações e vieses característicos da tomada de decisão sob incerteza</p> |
| Verbanno e Nosella (2010) – Dimensão estrutural (natureza dos dados) | <p>Quantitativa</p> <p>Semi-quantitativa</p> <p>Qualitativa</p> <p>Semi-qualitativa</p> |
| Verbanno e Nosella (2010) – Dimensão Metodológica | <p>Retorno econômico</p> <p>Fatores tecnológicos</p> <p>Fatores de mercado</p> <p>Fatores estratégicos</p> <p>Risco e nível de incerteza</p> <p>Colocação de Portfólio</p> <p>Dificuldade e Custo</p> |
| Bin et al. (2015) | <p>Limitação de informação disponível sobre os resultados de execução e potenciais impactos da P&D e das propostas de projeto de inovação</p> <p>Percepções distintas (e variáveis no tempo) sobre os projetos; Múltiplos e às vezes conflitantes critérios de seleção</p> <p>Restrições relacionadas com a execução de projetos (recursos e outras limitações técnicas)</p> <p>Interdependência entre as alternativas</p> <p>Programação da execução dos projetos considerando a variação dos seus impactos ao longo do tempo</p> <p>Possibilitar reavaliação constante do portfólio, incluindo novos projetos e suspensões e cancelamentos</p> |

Quadro 8: Revisão da literatura sobre aspectos determinantes em abordagens para seleção de projetos de P, D&I

Na comparação realizada aqui, catorze elementos foram adotados para comparar as diferentes abordagens:

1- Dimensão estrutural: Quantitativa, Qualitativa, Semi quantitativa e Semi qualitativa (VERBANNO; NOSELLA, 2010)

Comparação de métodos de seleção de projetos considerando duas dimensões distintas, a dimensão estrutural e a dimensão metodológica. A dimensão estrutural permite analisar as abordagens em quatro dimensões: Métodos quantitativos, Métodos semi quantitativos, Métodos semi qualitativos, Métodos qualitativos.

2- Capacidade de relacionar os critérios de seleção para a estratégia corporativa

Refere-se à capacidade da abordagem de relacionar os critérios de seleção para o cumprimento da estratégia corporativa, a duração do ciclo de vida do produto (COOPER *et al.*, 2001; TIPPING e ZEFFREN, 1995), a satisfação do cliente, o desenvolvimento de novas competências e conhecimento, imagem e reputação (DANIELS; JONGE, 2003), as interações humanas (SOUDER; MANDAKOVIC, 1986) e apoio da gestão de topo (BARD *et al.*, 1988).

3- Capacidade de reconciliar e integrar necessidades e desejos de diferentes partes interessadas (MEADE; PRESLEY, 2002)

Este critério leva em conta que as decisões de P&D impactam toda a organização, assim, estas ações devem ser comparadas com outras contribuições funcionais. O principal aspecto é a sua capacidade de possibilitar consenso organizacional.

*4- Lidar com a interdependência entre os projetos (COOPER *et al.*, 2001)*

Refere-se a em que medida a abordagem é capaz de lidar com a interdependência entre projetos. Pode ser subdividido em três principais categorias: interdependência na utilização de recursos, interdependência técnica e resultados

de interdependência (BARD, 1990; CHIEN, 2002; FAHRNI e SPATING, 1990; MARTINO, 1995).

5- Gestão da incerteza e análise do risco (POH et al., 2001)

Esta é uma dimensão chave de avaliação para qualquer projeto de investimento. Os modelos de seleção devem ser capazes de ter em conta e “gerenciar” o grau inevitável de incerteza que caracteriza um projeto. Geralmente, o risco é definido como a perda esperada caso um projeto não alcance o resultado esperado para o seu sucesso (MORRIS *et al.*, 1991). Mesmo assim, estimar o fator de risco na seleção de projetos de P, D&I torna-se mais abrangente e apropriado quando avaliado com base em três componentes principais: o sucesso técnico, o sucesso comercial ou de mercado e o sucesso econômico (COOPER *et al.*, 2001; CHIESA e MASELLA, 1996). Em muitos casos, o resultado desta avaliação determina se um projeto irá avançar para as próximas fases de desenvolvimento ou ser finalizado (HESS, 1993).

6- Simplicidade (POH et al., 2001)

Este critério refere-se à simplicidade do método. Um bom método de avaliação deve ser fácil de de fácil compreensão e uso; além disso, seus resultados devem ser de fácil interpretação.

7- Necessidade de dados (POH et al., 2001)

Este critério refere-se à necessidade de dados requisitada pela abordagem de seleção. Vale lembrar que algumas abordagens podem requisitar dados que não estão disponíveis ou que são de difícil obtenção.

8- Aplicabilidade: Custo de execução e tempo

Estes fatores estão relacionados com a aplicabilidade de cada método. Com vistas a assegurar uma análise completa das questões técnicas, os elementos de funcionamento, tais como a dificuldade e custo, devem ser considerados na aplicação de um método de seleção (POH *et al.*, 2001; LAWSON *et al.*, 2006). O nível de dificuldade está relacionado com a sofisticação da técnica a ser utilizada,

enquanto o custo diz respeito principalmente ao tempo e complexidade para implementar o método de seleção dos projetos.

9- Capacidade de incorporar a experiência e conhecimento dos gestores de P&D

Este critério refere-se à capacidade da abordagem de incorporar a experiência dos gestores de P&D durante o processo de avaliação.

10- Permite a reavaliação quando se retira ou insere um projeto no portfólio

Este critério está relacionado a como a abordagem se comporta no caso de se retirar ou adicionar um novo projeto ao grupo que está sendo avaliado.

11- Maximização de metas econômicas

Tem como objetivo prever o retorno econômico/financeiro de um projeto de P, D&I por meio da análise de fluxos de caixa de investimento, taxa de retorno e outros indicadores econômicos. Este fator é frequentemente avaliado em termos qualitativos (técnicas de pontuação e de análise de decisão), com base em preenchimento de questionário por especialistas (COOPER *et al.*, 2000; TRITTLE *et al.*, 2000).

12- Capacidade de incorporar fatores de mercado

Está relacionado à capacidade da abordagem de representar o potencial sucesso comercial de um projeto. Abrange manter a posição competitiva, a obtenção de novas quotas de mercado, aumento das vendas, duração do ciclo de vida do produto, tipo de competição e preços dos produtos concorrentes (COOPER *et al.*, 2001; DEAN e NISHRY, 1965; MARTINO, 1995; TIPPING e ZEFFREN, 1995).

*13- Lida com restrições de recursos (BIN *et al.*, 2015)*

Este critério refere-se à capacidade da abordagem de lidar com restrições relacionadas com a execução de projetos / implantação de tecnologias, principalmente em termos de recursos financeiros, humanos e de tempo.

14-Fatores Tecnológicos

Este critério está relacionado à capacidade da abordagem de lidar com conteúdo técnico do projeto e sua gestão: complexidade do programa de pesquisa, mobilização de competências de base tecnológica, conhecimentos de engenharia, recursos e disponibilidade de equipamentos, nível de tecnologia, escolha de tecnologias, nível de inovação etc. (COOPER *et al.*, 2001; DEAN e NISHRY, 1965).

Os métodos foram comparados com base nestes 14 aspectos numa escala de 4 pontos (--++) e dá indicações sobre os pontos positivos e negativos de cada técnica (Tabela 2).

| Elementos para comparação das metodologias (Não --++ Sim) | 1. Programação Matemática | | | | | | | 2. Métodos Econômicos | | | | | 3. Aprendizado de máquina | | | 4. Modelos Ad Hoc | | | | | 5. Análise da decisão e Multicritério | | | | | 6. Modelos de Simulação | | | 7. Modelos de visualização estratégica | | | | | |
|--|---------------------------|--------|------------|----------|----------|-------------|---------|-----------------------|-------|-------|-------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|----------|--------|--------|---------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------|-------------------------|-------------|-----------------------------------|--|----------------------|-----------------------------|---------|------------|----|
| | Inteira | linear | Não linear | Objetiva | Dinâmica | Estocástica | DEA | TIR | VPL | FDC | Análise custo/benefício | Opções reais | T. Jogos | Abordagens estatísticas | Sistemas especialistas | Conjuntos Fuzzy | R. pares | Delphi | Q-Sort | Grupo nominal | Scoring | MAUT | AHP | ANP | Arvores de decisão | Sobre classificação | Monte Carlo | Simulação de dinâmica de sistemas | Modelos Heurísticos | Pipeline de projetos | Modelos de criação de valor | BSC | Matriz BCG | |
| Dimensão estrutural: (Quant, Quali, Semi quant, semi quali) | Quant | Quant | Quant | S.quant | S.quant | S.quant | S.quant | Quant | Quant | Quant | Quant | Quant | Quali | S.quant | S.quant | S.quant | Quali | Quali | Quali | Quali | S.quali | S.quant | S.quant | S.quant | S.quant | S.quant | Quant | Quant | S.quant | Quali | Quali | S.quali | Quali | |
| Relaciona os critérios de seleção para a estratégia corporativa | - | - | - | ++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | + | ++ | + | - | + | + | + | + | ++ | ++ | ++ | + | ++ | + | + | + | + | + | ++ | ++ | |
| Reconcilia e integra necessidades e desejos de diferente partes interessadas | + | + | + | - | - | - | + | - | - | - | - | ++ | + | - | + | - | - | + | + | + | + | + | ++ | ++ | - | + | + | + | + | + | + | + | - | |
| Lida com a interdependência entre os projetos | ++ | -- | + | ++ | ++ | + | - | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | - | + | -- | - | - | - | - | ++ | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | -- | |
| Analisa risco | -- | -- | -- | -- | - | - | - | -- | -- | -- | -- | -- | + | - | -- | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Gerencia incerteza | + | + | + | + | + | ++ | + | -- | -- | -- | - | ++ | - | + | -- | ++ | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - | - | |
| Simplicidade (-- pouca ++ muita) | - | -- | -- | -- | -- | -- | + | + | + | + | -- | -- | -- | -- | -- | ++ | + | ++ | ++ | + | - | - | + | - | + | - | -- | -- | - | + | + | + | + | |
| Disponibilidade de dados (-- muitos dados ++ poucos dados) | - | -- | - | -- | -- | -- | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ++ | + | ++ | ++ | - | + | + | + | - | + | - | - | - | + | + | - | - | + | |
| Aplicabilidade, custo de execução e tempo requeridos (-- muito ++ pouco) | - | -- | -- | -- | -- | -- | - | + | + | + | + | -- | -- | -- | -- | + | - | + | ++ | -- | - | - | - | - | + | - | -- | -- | - | + | + | + | + | |
| Permite incorporar a experiência e conhecimento dos gestores de P&D | - | - | - | -- | -- | -- | - | -- | -- | -- | -- | - | -- | -- | + | ++ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | - | + | + | - | + | - | |
| Permite a reavaliação quando se retira ou insere um projeto no portfolio | + | + | ++ | ++ | ++ | + | - | -- | -- | -- | -- | ++ | + | - | - | + | - | + | + | - | - | + | - | - | + | ++ | ++ | + | - | - | - | - | - | |
| Maximização de metas econômicas | ++ | ++ | + | ++ | ++ | + | - | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | + | - | + | - | - | - | - | - | ++ | + | + | -- | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Incorpora fatores de mercado | + | + | + | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | ++ | + | + | + | + | ++ | ++ | + | - | - | + | ++ | ++ |
| Lida com as restrições de recursos | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | -- | -- | -- | -- | -- | + | -- | - | - | + | -- | - | -- | -- | -- | -- | -- | - | -- | ++ | ++ | + | - | - | - | - | - | |
| Fatores Tecnológicos | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - | + | ++ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Tabela 1: Síntese dos métodos comparados

Vale ressaltar que a inovação é um processo articulado que se desdobra em três fases principais: pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento. Os projetos, em cada uma das fases, têm diferentes requisitos e características que influenciam a escolha da técnica de seleção. Por exemplo, projetos de pesquisa básica focam no desenvolvimento de competências essenciais e preveem retornos de médio e longo prazo. Nesta fase de pesquisa, critérios de seleção são difíceis de quantificar, e é dada preferência a modelos do grupo *Ad Hoc* como o *Scoring*, revisão por pares ou *Delphi*, que dão ênfase a fatores qualitativos.

Da mesma forma, projetos em fase de desenvolvimento experimental na grande maioria das vezes requerem uma abordagem pragmática, considerando métodos econômicos, como resultado de mercado em que métodos quantitativos são importantes indicadores (MOORE e BAKER, 1969; TRITLE *et al.*, 2000; MARTINO, 1995; HENRIKSEN e TRAYNOR, 1999; CHIESA e FRATTINI, 2007). O que se pode concluir é que quanto mais o projeto vai em direção a um contexto altamente desconhecido com maior nível de incerteza verdadeira/fundamental associada, como esperado, as técnicas de medição quantitativa se tornam inadequadas e métodos mais qualitativos são as abordagens mais apropriadas. Vale destacar também que dentre os grupos de métodos mais utilizados em associação com outros métodos destaca-se o grupo Multicritério.

2.4. A Matriz de Stacey e sua aplicação na organização de sistemas de apoio à decisão para a seleção de projetos de P, D&I

Neste item, iremos retomar os fundamentos discutidos no Capítulo 1, com o objetivo de compor um quadro analítico que seja capaz de indicar o ajustamento das diferentes abordagens a diferentes situações de decisão em P, D&I. O modelo discutido aqui foi previamente apresentado em Salles Filho *et al.* (2015). Desde logo, vale destacar que não se pretende propor um modelo acabado para isso. Como apontado em Salles Filho *et al.* (2015), e como vimos ao longo deste capítulo, há diferentes formas de categorizar e diferentes aplicações possíveis para as diferentes abordagens e métodos. Também vale destacar que decisões estão sempre temporalmente contextualizadas, podendo assumir racionalidades diferentes segundo as percepções e capacidades dos atores e dos objetos decisórios envolvidos. Além disso, em geral, decisões em P, D&I são complexas, isto é não,

são isoladas, categóricas; uma mesma situação envolve muitas decisões que, ademais, se encadeiam e se influenciam mutuamente. Como discutimos anteriormente, o mesmo pode ser dito acerca das expectativas subjetivas e da própria incerteza.

Isto posto, o que se propõe a seguir é uma abordagem de diretrizes gerais, fundada na percepção de que a realidade social é composta tanto por eventos sujeitos a incerteza epistemológica procedural como pela incerteza verdadeira/fundamental e que estes se complementam e se sobrepõem. Sendo assim, o ponto de partida é o conhecimento e o controle de variáveis envolvidas nas situações decisórias. Para tanto, usaremos o Diagrama de Stacey (Figura 4).

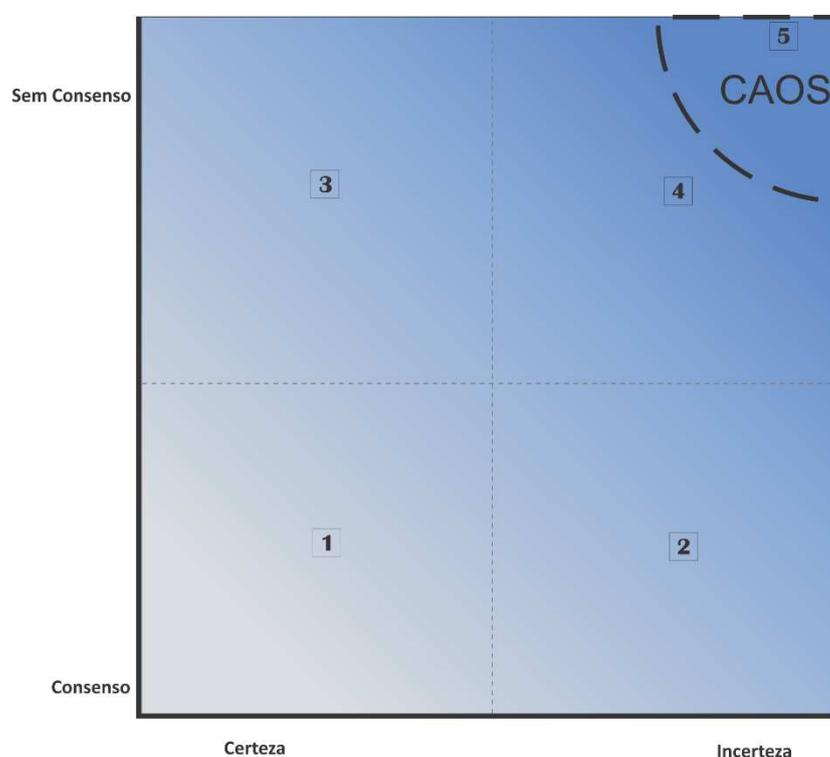


Figura 4: Diagrama de Stacey

Conforme apresentado anteriormente, o Diagrama ou Matriz de Stacey é uma representação esquemática de vários conceitos que foram aqui discutidos, especialmente quanto à decisão sob incerteza. Stacey (2010) discute o tema por meio de extensa revisão de modelos e abordagens dedicados a lidar com situações de informação parcial ou desconhecida. A lógica principal é de que sistemas humanos (organizacionais, gerenciais) são complexos e evoluem no tempo com capacidade adaptativa.

Sob as condições de Sistemas Adaptativos Complexos, Stacey (2002) apresenta uma figura de duas dimensões: a da certeza e a da concordância. Quanto mais perto de certezas e de concordâncias, mais a figura se afasta de sistemas complexos e da incerteza verdadeira/fundamental e se aproxima de sistemas simples ou então de condições de incerteza epistemológica procedural. Quanto mais próximos estivermos de sistemas simples, mais perto estaremos do conhecimento e do controle das variáveis envolvidas na tomada de decisão. Na raiz do Diagrama, chega-se a uma situação que Shackle chamaria de decisão vazia (*Empty Decision*), justamente porque há total certeza e acordo sobre o que vai acontecer.

Como se pode ver na Figura 4, o espaço entre os eixos passa de (1) Sistemas Simples para (2) Sistemas Complicados pelo grau de certeza e (3) Sistemas Complicados pelo grau de concordância, afastando-se para (4) Sistemas Complexos e (5) Caos. A matriz mostra que nesses diferentes sistemas posicionam-se diferentes situações decisórias: racionalidades maximizadoras estariam próximas da origem; situações de decisão baseada em conhecimento e em concordância política estariam em zonas complicadas. Situações decisórias complexas em sistemas complexos e assim por diante.

De forma semelhante, sob uma ótica cognitiva, o mesmo raciocínio pode ser empregado para refletirmos sobre quais processos mentais (Sistema 1 e 2) se sobressaem dadas as especificidades de cada quadrante. Assim, é possível associar que no quadrante em que há consenso e pouca incerteza (1) a realidade se mostra quantitativamente manipulável e dedutivamente questionável, campo de atuação do Sistema 2. Já os quadrantes 2 e 3 requerem avaliações que associem tanto informações quantitativas como qualitativas: ambos sistemas são requisitados na medida que *insights* intuitivos (Sistema 1) deverão ser colocados à prova e sob a organização racional (Sistema 2). Já no quarto quadrante, que representa a passagem de sistemas complexos para situação de caos, o protagonismo recai sobre abordagens indutivas nas quais a intuição (Sistema 1) ganha relevância devido à capacidade de reconhecimento de padrões que podem vir a proporcionar *insights* estratégicos.

Evidentemente, há abordagens e métodos mais ou menos adequados a determinadas situações. Em princípio, uma otimização deveria ser empregada em condições de maior conhecimento e controle de variáveis (incerteza epistemológica procedural) que em condições de baixo conhecimento e controle (incerteza

verdadeira/fundamental. Quanto maior a ignorância, menos indicadas seriam as abordagens que não são capazes de lidar com isso.

Ao analisarmos cada abordagem e seus métodos e propor para cada conjunto um posicionamento específico no Diagrama (Quadro 9 e Figura 5), veremos que alguns métodos de abordagens mais “exatas”, como programação e econômicos, poderão ser de utilidade em sistemas complicados ou mesmo complexos. Igualmente, alguns métodos multicritério, tais como multiatributo (MAUT), estão posicionados nas áreas de maior simplicidade ou mesmo nas margens dos sistemas complicados.

| 1- Programação Matemática | | 2- Métodos Econômicos | | 3- Aprendizado de Máquina | |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| PM1 | Inteira | E1 | TIR | AM1 | Abordagens estatísticas |
| PM2 | Linear | E2 | VPL | AM2 | Sistemas especialistas |
| PM3 | Objetiva | E3 | FDC | AM3 | Conjuntos Fuzzy |
| PM4 | Não Linear | E4 | Custo/benefício | | |
| PM5 | Dinâmica | E5 | Opções reais | | |
| PM6 | Estocástica | E6 | T. Jogos | | |
| PM7 | DEA | | | | |
| 4- Modelos ADHOC | | 5- Análise da decisão Multicritério | | 6- Simulação | |
| AD1 | Rev pares | M1 | MAUT | S1 | Monte Carlo |
| AD2 | Delphi | M2 | AHP | S2 | Dinâmica de sistemas |
| AD3 | QSort | M3 | ANP | S3 | Modelos Heurísticos |
| AD4 | Grupo Nominal | M4 | Sobre classificação | | |
| AD5 | Scoring | M5 | Árvore de decisão | | |
| 7- Visualização estratégica | | | | | |
| VE1 | Pipeline | | | | |
| VE2 | Criação de valor | | | | |
| VE3 | BSC | | | | |
| VE4 | Matriz BCG | | | | |

Quadro 9: Legenda abordagens de seleção de projetos de P, D&I

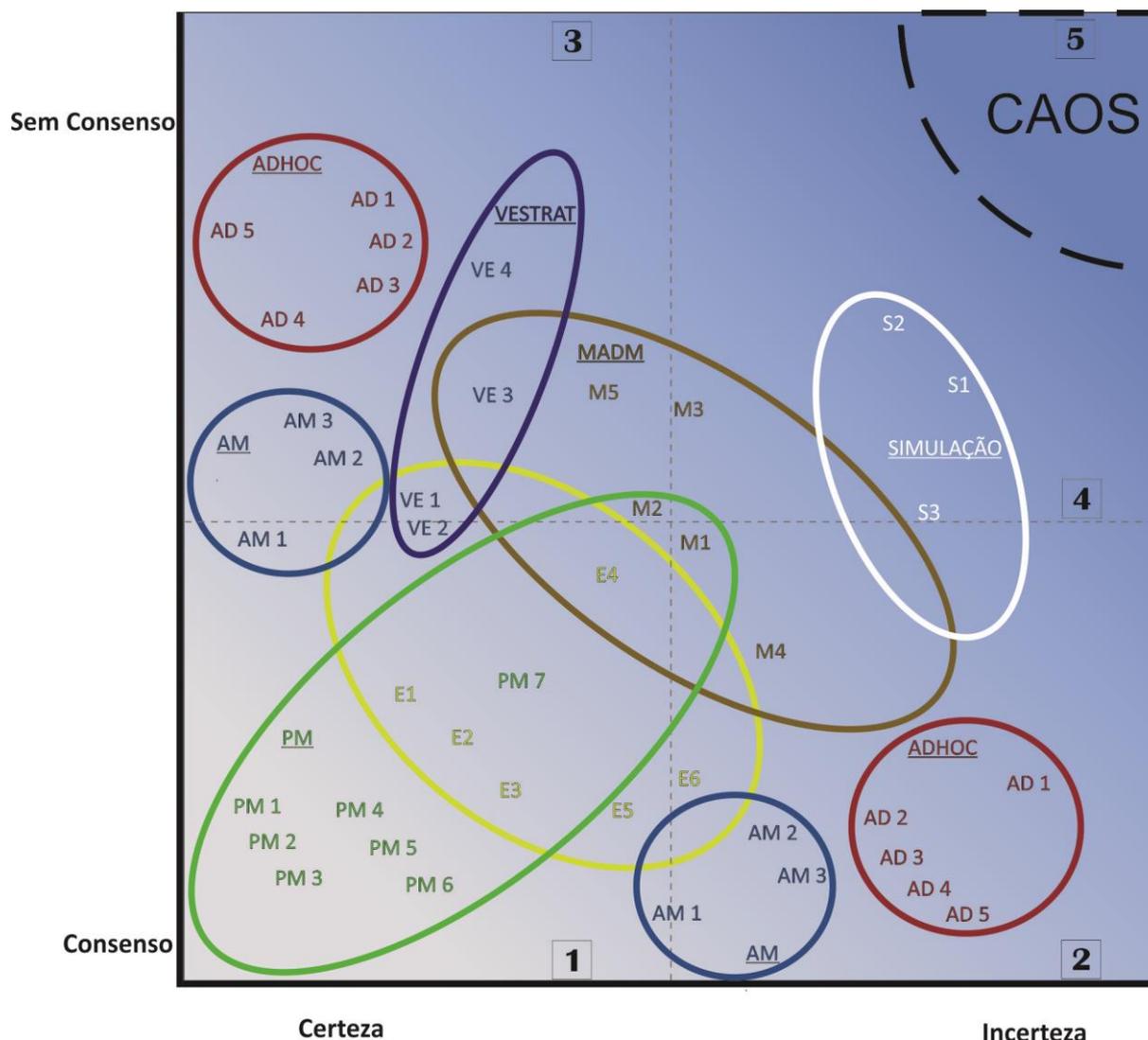


Figura 5: Organização de abordagens de seleção de projetos de P, D&I com base no diagrama de Stacey

Nos sistemas simples, nos quais há razoável conhecimento e controle das variáveis, cabem as abordagens de programação matemática e métodos econômicos, sendo que alguns métodos de programação e econômicos são particularmente úteis em sistemas complicados e nas interfaces destes com sistemas simples. São casos de decisão em P, D&I mais adequados para buscas de diferenciações por meio de desenvolvimento experimental e inovações incrementais: o grau de domínio sobre os eventos críticos é sensivelmente maior que em casos de pesquisa básica e aplicada e de inovações radicais.

Ao avançarmos no sentido de sistemas complicados e principalmente complexos, estas zonas do diagrama seriam ocupadas por abordagens multicritério, aprendizado de máquinas e *ad hoc*. Assim, os métodos de aprendizado de máquina se posicionam de forma intermediária entre (1) Sistemas Simples para (2) Sistemas

Complicados pelo grau de certeza e Sistemas simples para sistemas Complicados pelo grau de concordância (3); nestes casos, as abordagens terão como objetivo geral “aprender” padrões de decisões passadas. Já os métodos *Ad Hoc* se posicionam nos extremos onde não há nenhuma concordância ou “total” incerteza, e nestes casos ganham protagonismo a subjetividade e a avaliação individual.

As abordagens de visualização estratégica se posicionam na zona de sistemas complexos pelo grau de consenso, sendo mais adequadas para condições em que há certeza dos dados e necessidade de representação gráfica de estratégias de P, D&I. Já as abordagens de simulação são as mais apropriadas para condições complexas próximas do caos, uma vez que elas podem permitir análises indutivas através do reconhecimento de padrões, identificando elementos relevantes para o delineamento de estratégias.

Evidentemente, a distribuição proposta na Figura 5 não é, como se vê, categórica. Há sobreposições importantes entre as abordagens e sugestão de continuidades entre elas, exatamente no sentido de combinação de abordagens e métodos. Outra observação importante é que nada impede de se aplicar uma abordagem típica de sistemas simples a sistemas complexos. O problema que surge é de fé: torcer para que a definição de variáveis e de seus comportamentos cumprirá o imaginado/previsto. Da mesma forma, mesmo em sistemas simples, nada obsta o emprego de abordagens multicriteriais, embora haja aqui um certo desperdício de esforço que os métodos normalmente exigem combinação de dados em diversas dimensões com opiniões de diversos matizes.

Assim, não apenas pode-se (e deve-se) buscar combinações de abordagens e métodos, como também é possível que uma mesma concepção teórica ofereça soluções metodológicas para diferentes situações em diferentes sequências. Essa característica amplia o leque de possibilidades (e de prescrição) da combinação de abordagens e métodos em um mesmo processo decisório. De um lado, o encadeamento ou a simultaneidade de decisões em um mesmo evento decisório apontam para encadeamentos e combinações de abordagens e métodos. De outro, a própria ocorrência de situações com níveis diferentes de conhecimento e controle de variáveis também recomenda a combinação de abordagens e métodos. Dificilmente o apoio à decisão em P, D&I deve ser feito com base em um único método. No próximo item iremos explorar estas combinações.

2.5. Principais associações entre abordagens

Muitas contribuições na literatura salientam que é impossível conceber um método que, usado por si só, irá satisfazer as exigências de assegurar o êxito da seleção de projetos de P&D (GHASEMZADEH e ARCHER, 2000; COOPER *et al.*, 2000). É por isso que uma gama de métodos de avaliação foi concebida, tendo duas ou mais técnicas provenientes de diferentes abordagens. O intuito é integrá-los, a fim de preencher lacunas metodológicas e adotar uma abordagem de otimização de carteiras (HENRIKSEN; TRAYNOR, 1999).

Além disso, em muitos casos, um sistema de apoio à decisão (SAD) é adotado, a fim de tornar o método parte integral de um processo de tomada de decisão eficiente e constante, incorporado dentro da rotina de gestão da inovação nas organizações. Isto implica na necessidade de desenvolvimento de sistemas capazes de lidar tanto com a seleção de projetos (avaliação ex-ante das atividades de P, D&I) com uma avaliação ex-post dos seus resultados e impactos. Segundo Kengpol e Tuominen (2006), uma abordagem interativa e flexível apoia o processo de tomada de decisões e utiliza as melhores características dos métodos existentes, divididos em diferentes etapas em que a técnica mais apropriada é utilizada de acordo com os objetivos e informações disponíveis. Ao mesmo tempo, a abordagem de SAD promove a plena participação dos gestores nos processos de avaliação.

Ghasemzadeh e Archer (2000) apresentam um exemplo de SAD dividido em seis fases, e o processo de avaliação utiliza uma vasta gama de diferentes métodos de avaliação com o intuito de escolher o melhor portfólio de projetos. Em algumas iniciativas, o processo de seleção de projetos é apoiado tanto pelo *software* específico como pelo papel dos peritos externos, que dão uma contribuição importante para identificar os projetos mais adequados.

Conforme mencionado diversos trabalhos apontam a associação de metodologias de análise da decisão e multicritério a algoritmos de otimização como os principais modelos para apoiar a decisão no processo de seleção de projetos de P&D (SUN & MA, 2005; SHAKHSI-NIAEI *et al.*, 2011). Esta estrutura possibilita uma abordagem de diferentes fases, que começa com uma avaliação multicritério dos projetos, possibilitando incorporar informações objetivas e percepções subjetivas dos indivíduos para gerar pontuações e classificações. Em seguida, diferentes possibilidades, principalmente de programação matemática, permitem uma série de

análises, tais como: os efeitos da incorporação de restrições organizacionais (financeiros ou recursos humanos), a realização do ranqueamento dos projetos para fins de priorização, análises referentes às interdependências entre projetos, entre o grau de aderência dos projetos aos objetivos organizacionais e à avaliação de diferentes configurações de portfólios. Alguns trabalhos que discutem estas possibilidades são: Stewart (1991); Brenner (1994); Kocaoglu & Iyigun (1994); Coffin & Taylor (1996); Chu, Hsu & Fehling (1996); Henriksen & Traynor (1999); Ghasemzadeh & Archer (2000); Sun & Ma (2005); Shakhshi-Niaei *et al.* (2011); Bin *et al.* (2014).

Segundo Salles-Filho *et al.* (2015), uma formulação conceitual e prescritiva sobre apoio à decisão em P, D&I sugere que, como regra geral, a combinação de abordagens e métodos permite incorporar mais elementos de especificidade das condições de decisão do que o emprego de um único método. Conforme destacado pelos autores, trata-se de uma regra geral e, como tal, passível de exceções. Contribui ainda para essa prescrição o fato de que os ambientes de decisão encontram condições econômicas, sociais, locais, culturais específicas. Por exemplo, um país com estratégias e políticas desenvolvidas sob restrição de investimento em P, D&I tem maior necessidade de focalização – e menor grau de liberdade – o que intuitivamente nos faz lembrar de combinações de abordagens mais adequadas a essa situação.

Com o intuito de analisar as principais associações entre abordagens, realizamos uma análise bibliométrica utilizando o *software Vantage Point*. A busca foi realizada no banco de dados *Web of Knowledge* e utilizou os termos *research and development*, *project selection*, *project prioritization*, e *priority setting* associados a qualquer uma das 33 abordagens de seleção de projetos discutidas no cap 2 (Quadro 10)⁴.

⁴ Identificador booleano: TS=(((R&D or (research and development)) and ((project selection) or (Project prioritization) or (Priority setting)) and ((Peer review) or (Delphi) or (Q-Sort) or (Scoring) or (Rate of return) or ((Net Present Value) or npv) or (Discounted cash flow) or (Option Pricing Theory) or (Game theory) or (Integer programming) or (Linear programming) or (Non-linear programming) or (Goal programming) or (Dynamic programming) or (Stochastic programming) or (Fuzzy programming) or (Statistical approaches) or (Expert systems) or (Decision-making analysis) or (Fuzzy sets) or ((Multiattribute Utility Analysis) or maut) or ((Analytic Hierarchy Process) or ahp) or ((Analytic Network

| Classificação de abordagens | Termos de busca das abordagens |
|---|--|
| 1. Programação matemática | Integer programming |
| | Linear programming |
| | Non-linear programming |
| | Goal programming |
| | Dynamic programming |
| | Stochastic programming |
| | Fuzzy programming |
| | Data Envelopment Analysis or DEA |
| 2- Métodos econômicos | Rate of return |
| | Net Present Value or NPV |
| | Discounted cash flow |
| | Cost benefit analysis |
| | Option Pricing Theory |
| | Game theory |
| 3- Aprendizagem de máquina e reconhecimento de padrões | Statistical approaches |
| | Expert systems |
| | Decision-making analysis |
| 4- Modelos Ad Hoc | Peer review |
| | Delphi |
| | Q-Sort |
| | Scoring |
| 5- Análise da decisão Multicritério | Multiattribute Utility Analysis or MAUT |
| | Analytic Hierarchy Process or AHP |
| | Analytic Network Process or ANP |
| | Decision Tree |
| | Outranking or Electre or Promethee or MCDA |
| 6- Modelos de Simulação | Monte Carlo |
| | Simulation of systems dynamics |
| | Heuristic models |
| 7- Modelos de visualização estratégica | Project pipeline |
| | Value Creation Models |
| | Balance Scorecard or BSC |
| | Boston Consulting Group Matrix or BCG |

Quadro 10: Termos de busca das abordagens

Process) or anp) or (Outranking or Electre or promethee or MCDA) or ((Data Envelopment Analysis) or dea) or (Decision Tree) or (Monte Carlo) or (Simulation of systems dynamics) or (Heuristic models) or (Project pipeline) or (Value Creation Models) or ((Balance Scorecard) or BCG))))

A busca foi realizada em 10 de julho de 2017 considerando os campos Título, Resumo e Palavras-chave e retornou no total 1417 publicações a partir de 1969. Neste grupo foram filtrados apenas artigos excluindo anais, revisões, capítulos de livros e notas editoriais resultando em 815 artigos. Esse valor foi filtrado para o intervalo entre os anos de 2000 e 2017 resultando em 733 artigos. Neste grupo de 733 artigos, 298 fazem referência a pelo menos uma das 33 abordagens no resumo. Tendo como base este conjunto de dados a matriz cruzada abaixo (Tabela 2) identifica as principais associações entre abordagens.

| Cooccurrence of Records | Delphi | AHP | ANP | Scoring | Linear Program | DEA | Peer Review | NPV | Outranking | Fuzzy Sets | Integer Program | Monte Carlo | Rate of Return | Expert Systems | Dynamic Program | Goal Program | Decision Tree | Stochastic | Discounted Cash | BSC | BCG | Game Theory | Statistical | Heuristic Models |
|-------------------------|--------|-----|-----|---------|----------------|-----|-------------|-----|------------|------------|-----------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|---------------|------------|-----------------|-----|-----|-------------|-------------|------------------|
| Delphi | 74 | 5 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | |
| AHP | 5 | 63 | 5 | 5 | | | | | 4 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | |
| ANP | 7 | 5 | 34 | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | 5 | | | | | | | |
| Scoring | 2 | 5 | | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linear Programming | | | | | 18 | | | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | | | 3 | | | | |
| DEA | | | | 1 | | 15 | | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | | | |
| Peer Review | | | | | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NPV | | | | | 1 | | | 13 | | | | | | 3 | | 1 | | | | | 1 | | | |
| Outranking | | | 4 | 1 | | | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fuzzy Sets | | | | | | | | | | 10 | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | |
| Integer Programming | | | | | 1 | | | | | | 9 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Monte Carlo | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | | | | |
| Rate of Return | | | | | | | | | 3 | | | | 8 | | | | | | | | | | | 1 |
| Expert Systems | | | | | | | | | | | 1 | | | 7 | | | | | | | | | | |
| Dynamic Programming | | | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | 1 | | 1 | | | |
| Goal Programming | 2 | | | 5 | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | |
| Decision Tree | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | |
| Stochastic Programming | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | |
| Discounted Cash Flow | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BSC | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | | |
| BCG | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Game Theory | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Statistical Approaches | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Heuristic Models | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |

Tabela 2: Matriz cruzada das principais associações entre abordagens de seleção de projetos no grupo selecionado

Dentre as abordagens que mais se associaram nesta amostra podemos destacar: 1- AHP com 21 co-ocorrências (AHP+Delphi 5, AHP+ANP, 5, AHP+Scoring 5, AHP+Outranking 4, AHP+Decision Tree 1, AHP+BSC 1); 2- ANP com 19 co-ocorrências (ANP+Delphi 7, ANP+AHP 5, ANP+DEA 1, ANP+Outranking 1, ANP+Goal programming 5); 3- Delphi com 14 co-ocorrências (Delphi+AHP 5, Delphi+ANP 7, Delphi+Scoring 2, Delphi+Goal programming 2); 4- Scoring com 7 co-ocorrências (Scoring+Delphi 2, Scoring+AHP 5).

Ao se analisar esta amostra com base na classificação proposta no capítulo 2 podemos observar que o grupo de abordagens que mais se associa a outras abordagens é o grupo de métodos Análise da decisão multicritério seguido pelo grupo de métodos *Ad Hoc* (Gráfico 1).

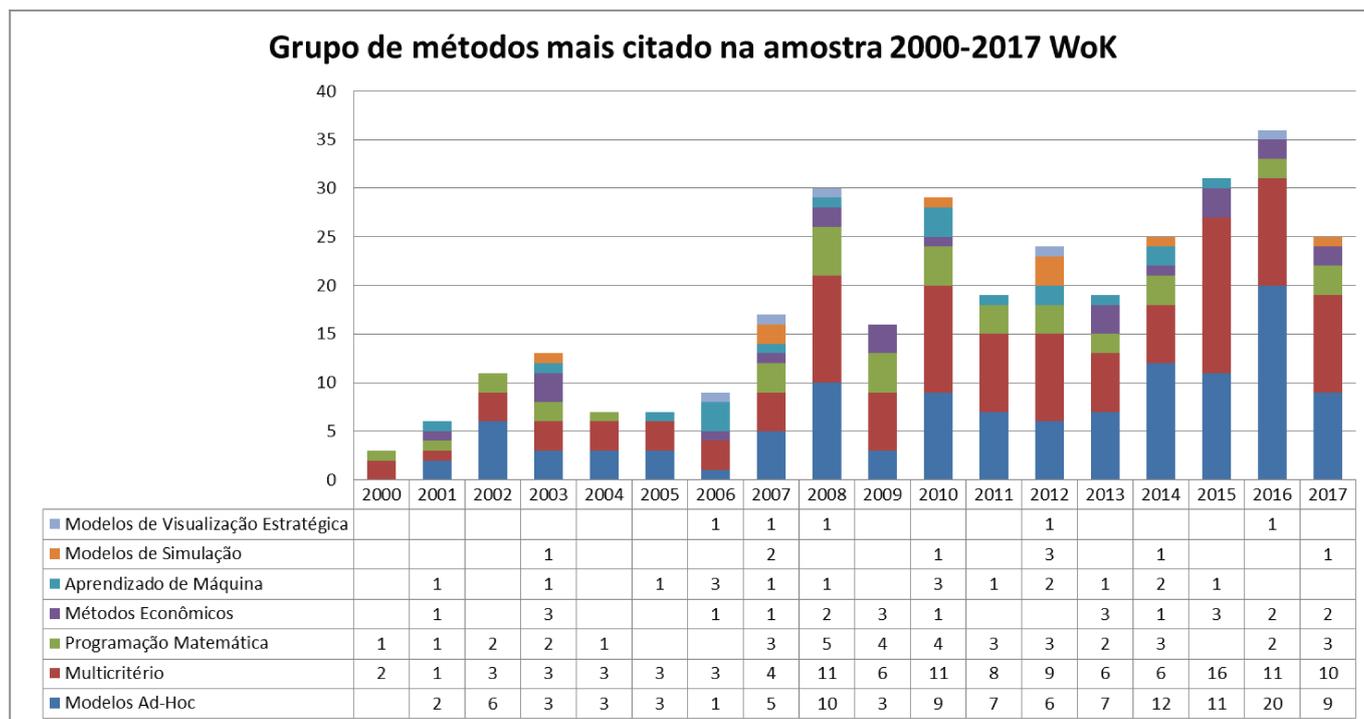


Gráfico 1: Grupo de métodos mais citado na amostra 2000-2017 WoK

Estas observações corroboram o argumento de que a associação de metodologias de Análise da decisão e Multicritério a outras classes de abordagens é uma das principais associações utilizadas para apoiar a decisão no processo de seleção de projetos de P&D.

PARTE II: FRONTEIRAS DA TOMADA DE DECISÃO SOB INCERTEZA USANDO BIG DATA

Na primeira parte da tese, discutimos os fundamentos e os conceitos que consideramos o arcabouço teórico quando o tema é o apoio à decisão em P, D&I. Inicialmente, os principais conceitos e características do que denominamos como comportamento preditivo. Além disso, discorremos sobre as especificidades e desafios que se apresentam na escolha e organização de abordagens de seleção de projetos em ambientes de elevada complexidade e diferentes condições de incerteza características das atividades de C, T&I.

Nesta segunda parte, discutiremos os possíveis impactos do que comumente vêm sendo denominado Big Data, e como estas possibilidades se relacionam com a incerteza, a complexidade e o apoio à decisão em P, D&I e em geral. Apesar de não possuírem respostas definitivas, algumas questões provocativas nortearão a discussão desta parte da pesquisa: 1- Qual é o impacto do Big Data na capacidade preditiva? 2- Qual é o impacto do Big Data nas diferentes abordagens de seleção de projetos? 3- Como o Big Data se relaciona com as diferentes condições de incerteza: verdadeira fundamental, epistemológica procedural e subjetiva? 4- O Big Data colabora para reduzir a influência de vieses característicos da decisão intuitiva?

Esta parte está dividida em três capítulos. Os Capítulos 3 e 4 discutem os impactos do Big Data no apoio à decisão em P, D&I. O Capítulo 3 concentra-se nos reflexos do Big Data sobre o comportamento preditivo e nas possibilidades que se apresentam para a construção de abordagens de seleção de projetos, enquanto o capítulo 4 discute um estudo de caso de construção de um sistema de apoio à decisão para seleção de projetos de P, D&I, e discorre sobre possíveis influências do Big Data neste processo. Já o capítulo 5 apresenta as principais conclusões da tese.

Centramos nossa discussão na provocação de que o Big Data vêm possibilitando analisar elementos dos sistemas adaptativos complexos indutivamente, aumentando a previsibilidade em contextos ergódicos sob condições de incerteza epistemológica procedural específicos. Entretanto, em relação ao tema do apoio à decisão em P, D&I, mesmo com uso de ferramentas Big Data continuamos expostos às três diferentes condições de incerteza discutidas.

Capítulo 3. Big Data e apoio à decisão em Ciência, Tecnologia e Inovação

Este capítulo está dividido em três partes. A primeira seção apresenta conceitos característicos do Big Data em duas dimensões: as principais ferramentas para análise do Big Data (*Data analytics*) e a relação do Big Data com a performance organizacional, a segunda seção discute a integração do Big Data ao apoio à decisão e seus impactos sobre o comportamento preditivo, por sua vez a terceira seção discute os impactos do Big Data especificamente no apoio à decisão em P, D&I.

3.1. O que é Big Data? Por que ele é importante?

O termo Big Data têm sido empregado para designar a recente expansão da capacidade de análise de diferentes tipos de informação. Em geral, refere-se ao conjunto e ao desenvolvimento de diferentes técnicas e tecnologias capazes de analisar um grande e variado volume de dados. Dentre as possibilidades que vêm sendo atribuídas às tecnologias Big Data estão: 1) o aumento da velocidade de processamento de um grande volume de dados; 2) análise em tempo real de diferentes variáveis e indicadores; 3) o aperfeiçoamento de modelos preditivos para previsão de comportamento. Este conjunto de possibilidades aponta um novo horizonte para o tema do apoio à decisão, ao disponibilizar ferramentas analíticas capazes de proporcionar *insights* valiosos para as organizações.

Para Eynav e Levin (2013), a resposta sobre o que é o Big Data reside em quatro elementos centrais: 1) a disponibilização de dados em tempo real; 2) a escala de disponibilização dos dados; 3) os diferentes tipos e variedades de dados; 4) o fato de que a maioria dos dados são do tipo não estruturado. Atualmente problemas de pesquisa relacionados ao Big Data vêm crescendo consideravelmente, como apresentado por Aliguliyev *et al.* (2016) (Gráfico 2).

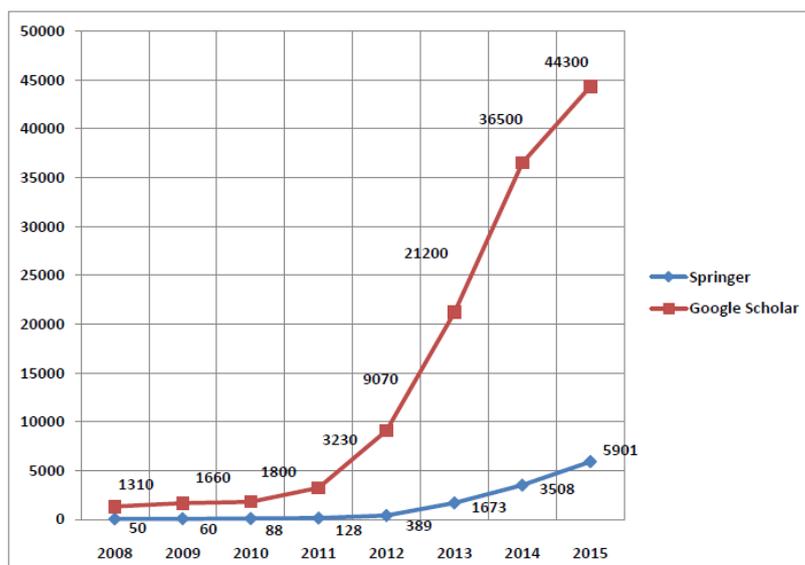


Gráfico 2: Distribuição de trabalhos de pesquisa em Big Data no banco de dados Google Scholar e Springer (ALIGULIYEV et al., 2016)

Diversos trabalhos de pesquisa sobre a história e a revisão do termo Big Data podem ser encontrados (DIEBOLD, 2000, 2012; ALIGULIYEV E HAJIRAHIMOVA, 2014; FAN *et al.*, 2014; JINA *et al.*, 2015; IMAMVERDIYEV, 2016). Conforme discutido por Yllojoki e Porrás (2016) e Gandomi & Haider (2015), o conceito está evoluindo e ainda não há uma definição conciliadora. O diagrama de peixe (Figura 7) apresenta um *overview* dos principais elementos associados ao conceito de Big Data ao longo dos últimos anos.

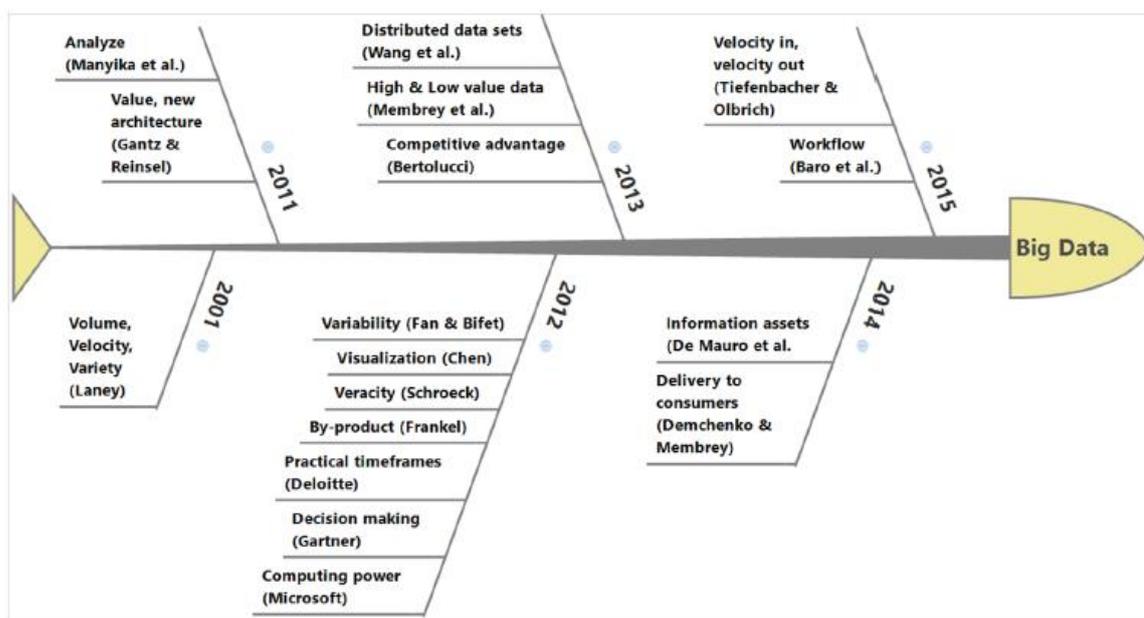


Figura 6: Evolução da definição de Big Data (YLIOJOKI E PORRAS, 2016)

Contudo, por mais que o conceito esteja em constante evolução, é comum encontrar na literatura referências a três dimensões, comumente denominadas “3Vs”: Volume, Variedade e Velocidade.

Volume pode ser medido pela quantidade de transações, eventos ou quantidade de histórico que cria o volume de dados. É o indicador quantitativo, e os principais problemas relacionados ao volume são a capacidade de armazenagem e a necessidade de processos distribuídos para o gerenciamento dos dados.

Variedade está relacionada aos tipos de dados que o Big Data apresenta, que são classificados predominantemente em dois: estruturados e não estruturados; os dados estruturados se referem ao tipo de dado mais comum, que são gravados e organizados matricialmente. Dados estruturados são entendidos pelos *softwares* e computadores, e são organizados para serem compreendidos pelos usuários da forma mais eficiente possível. Bancos de dados relacionais e planilhas são exemplos de dados estruturados. Este grupo representa cerca de 5% das informações do Big Data. Já os dados não estruturados, oriundos de diferentes fontes – sensores usados para capturar informações climáticas, *posts* em redes sociais, fotos e vídeos digitais, registros de transações financeiras, GPS, e dados de telefonia móvel – são um tipo de informação que não apresenta um modelo predefinido ou que não se relaciona com eficiência com as estruturas relacionais matriciais. Os dados não estruturados representam 95% das informações do Big Data e seu crescimento tende a ser exponencial, diferente do crescimento dos dados estruturados com comportamento linear (MINELLI *et al.*, 2013).

Velocidade se refere à rapidez com que os dados são criados, acumulados e processados. É compreendida levando em conta dois problemas: o primeiro se refere à velocidade necessária para capturar grande volume de dados em tempo real e processar *updates* constantemente; já o segundo se refere à velocidade de processamento da informação e sua relação com o volume de dados, que cresce constantemente. A velocidade é compreendida como um problema de tempo, relacionado à capacidade das tecnologias de processar informações em tempo real.

Além dos “3Vs” seminais, também é possível identificar na literatura outros atributos, como Veracidade, Variabilidade, Visualização e Valor.

Veracidade lida diretamente com a incerteza advinda da possível imprecisão dos dados; o que afeta sua análise, porque os dados podem ser

incompletos ou conflitantes. Nos modelos tradicionais de armazenamento de dados estruturados, assume-se que os dados são precisos e corretos; no entanto, quando analisamos os dados não estruturados, como dados de mídias sociais como *posts* no Facebook, Tweets etc., eles podem conter componentes duvidosos e incertos, que devem ser processados e analisados considerando sua imprecisão. A Veracidade não é apenas sobre a qualidade dos dados, mas sobre a compreensão destes.

Já a Variabilidade dos dados lida com diferentes tipos de dados. Contudo, variabilidade é diferente de variedade, uma vez que a primeira mostra a variação de um dado em determinada variedade.

Visualização se refere à representação gráfica de diferentes variáveis e parâmetros. Encontrar uma maneira de apresentar essas informações de forma clara é um dos desafios do Big Data. Em geral nas fases exploratórias quando não se sabe ainda quais são indicadores e classes, usam-se especialistas e visualização de dados. Este processo é chamado de visualização científica. Como por exemplo, o visual data mining que assume que tem alguém acompanhando a mineração de dados e tirando conclusões. A visualização ajuda no início, na fase exploratória, e também no final da investigação, quando já se obteve o indicador e classificador para interpretar o resultado. A visualização científica é fundamental não apenas para ajudar a criar o sistema de decisão, mas também, para permitir interdisciplinaridade, na qual especialistas de diferentes especialidades vão interagir sobre a mesma base.

Por sua vez, o “valor” dos dados se refere à capacidade de estabelecer um valor monetário em grandes massas de dados.

Na visão de Yliojoki e Porras (2016), o conceito de Big Data deve ser separado de seu uso. Os autores afirmam que o termo Big Data deve estar relacionado à dimensão dos dados e suas características, e sugerem o termo Big Data Insights para tratar do tipo de uso que será atribuído aos dados. Também destacam que diferentes aspectos importantes, como a segurança, a privacidade e a própria natureza disruptiva do Big Data, não costumam ser representados nos diferentes conceitos encontrados na literatura e sugerem que uma definição que abarque o fenômeno Big Data em maior totalidade deveria ser desenvolvida.

Segundo Wang *et al.* (2016), muitas definições diferentes sobre o que constitui Big Data existem com base em perspectivas distintas; dentre elas, destaca

quatro: perspectiva orientada a produtos, perspectiva orientada para o processo, perspectiva baseada na cognição e perspectiva do movimento social.

A perspectiva orientada a produtos enfatiza os atributos dos dados em relação a seus tamanhos, velocidades e estruturas. Neste sentido, a *National Science Foundation* se refere a Big Data como: “conjuntos de dados grandes, diversos, complexos, longitudinais e/ou distribuídos gerados a partir de instrumentos, sensores, transações na Internet, e-mails, e/ou todas as outras fontes digitais disponíveis hoje e no futuro” (NNI, 2015).

A perspectiva orientada para o processo destaca a infraestrutura tecnológica necessária, especialmente as ferramentas técnicas analíticas, as técnicas de programação, e os avanços computacionais. Neste sentido, Kraska (2013) definiu Big Data como: “Quando a aplicação normal da tecnologia atual não permite que os usuários obtenham respostas oportunas, rentáveis e de qualidade para perguntas orientadas por dados”.

A perspectiva baseada na cognição foca-se nos desafios causados pelo Big Data no que diz respeito a sua relação com as capacidades cognitivas e limitações dos indivíduos. Uma das definições mais citadas nesta categoria é a de Adrian (2015): “Big Data excede o alcance de ambientes de *hardware* e ferramentas de *software* comumente usados para capturar, gerenciar e processá-lo dentro de um tempo decorrido tolerável para sua população de usuários”. Essa perspectiva conceitua Big Data pelo fato de exceder a capacidade humana de compreender, o que resulta na necessidade de mediação para aumentar a interpretabilidade.

Finalmente, a perspectiva do movimento social chama a nossa atenção para a distância entre a visão e a realidade, especialmente as mudanças socioeconômicas, culturais e políticas que subjazem à presença de Big Data. Esta perspectiva enfatiza a visão de Big Data para a descoberta científica, a pesquisa ambiental e biomédica, a educação e segurança nacional, e refere-se ao Big Data como: “o potencial para quantificar e mudar vários aspectos da elevação contemporânea, para revolucionar a arte de gestão” (IGNATIUS, 2012)

Sob a perspectiva da pesquisa científica, dentre as promessas do Big Data, a expansão das capacidades em pesquisa empírica talvez seja uma das promessas de maior impacto, conforme discutido por McAbee *et al.* (2016); Os autores defendem que ferramentas de Data Analytics podem ser usadas para

alavancar métodos de pesquisa indutivos nas ciências organizacionais com amplo impacto em diferentes áreas.

Ele explica que o raciocínio dedutivo – em que hipóteses são oferecidas *a priori*, os dados são coletados, e as análises são conduzidas para determinar o grau em que as hipóteses são suportadas – é o modelo dominante em pesquisas organizacionais; contudo, não é o modelo adequado para pesquisadores que buscam soluções/explicações alternativas através da análise de padrões que emergem dos dados. A perspectiva do Data Analytics encontra-se fortemente ligada ao raciocínio indutivo, no qual teorias são formuladas por meio de inferências gerais extraídas de dados ou casos de dados empíricos. McAbee *et al.* (2016) e outros autores, como Einsenhard & Grabner (2007) e Zickar & Carter (2010), defendem uma reaproximação aos métodos alternativos que exploram dados empíricos. Estes autores sugerem a aplicação de métodos indutivos em conjunto com métodos dedutivos, explorando uma nova fronteira que se exhibe através do Big Data.

Como exemplo de pesquisa que segue o método indutivo, podemos citar Harrison e Rouse (2015) que exploraram interações de *feedback* em contexto de projetos criativos. Esses autores elaboraram um método de interação entre teoria e dados como um aspecto na construção da teoria, em que a indução ocorre antes do enquadramento teórico, de modo a identificar as várias estratégias utilizadas pelos trabalhadores criativos.

Mesmo concordando que o termo está em constante evolução e com a necessidade de buscar definições, que descreva o fenômeno em maior totalidade, quando o aspecto principal é Big Data e apoio à decisão em P, D&I, o conceito de Gartner (2012) é particularmente adequado: “Big data is high-volume, high-velocity and high-variety information assets that demand cost effective, innovative forms of information processing for enhanced insight and decision making”. Ao nosso ver o conceito é apropriado, pois separa Big Data em dois componentes principais, “high-volume, high-velocity and high-variety information” que demandam “innovative forms of information processing for enhanced insight and decision making”. No próximo item, discutiremos brevemente as ferramentas de análise de dados.

Data Analytics

Data Analytics são grandes plataformas de computação de dados ou plataformas de computação que lidam com grandes volumes de dados? O rápido aumento do volume de dados e a demanda por sua análise em tempo real levou ao surgimento de Big Data Analytics – ou também, *Discovery Analytics* ou *Exploratory Analytics* que são diferentes aspectos da ciência de dados ou Data Science.

Data Science é o estudo e a prática de extrair conhecimento adicional e derivar *insights* valiosos de dados e requer abordagens multidisciplinares que incorporem teorias e métodos de muitos campos, incluindo matemática, estatística, reconhecimento de padrões, engenharia do conhecimento, aprendizado de máquinas, computação de alto desempenho etc. Além disso, Data Science é a ciência sobre Dados e, por isso, ela traz uma série de novos tópicos de pesquisa, como o gerenciamento do ciclo de vida dos dados, a composição estatística dos dados, a sua natureza espaço-temporal e os aspectos sociais como privacidade e segurança. O cientista de dados normalmente tem uma forte experiência em alguma disciplina científica, além de capacidade para trabalhar com vários elementos de matemática, estatística e ciência da computação (WU e CHIN, 2014).

Por sua vez, Data Analytics refere-se a um conjunto de técnicas e aplicações que permite aos pesquisadores e profissionais identificarem variáveis ou casos específicos. Deve-se partir de observações para realizar inferências sobre padrões subjacentes. Este é o processo de detecção de regularidades ocultas, correlações desconhecidas e outras informações úteis em grande volume de dados para a tomada de decisão.

As aplicações contemporâneas do analista de dados são caracterizadas pela avaliação de dados e informações com a intenção de identificar, e posteriormente usar, as relações entre as variáveis medidas. O caráter indutivo do processo pressupõe que o analista não tenha expectativas, teorias ou hipóteses sobre as relações subjacentes. Em essência, os padrões nos dados podem orientar decisões futuras, mas não implicam em decisões necessariamente baseadas em dados.

Três tipos de aplicações Data Analytics são mencionados em Sun *et al.* (2015):

- Big Data descriptive analytics: “o que aconteceu?”, “por que aconteceu?”
- Big Data predicative analytics: “o que vai acontecer?”
- Big Data prescriptive analytics: não apenas “o que vai acontecer”, mas também “quando vai acontecer” e “por que vai acontecer”

O *framework* mais utilizado para a análise de dados são os sistemas Apache’s Hadoop e Google MapReduce. No entanto, existem muitas estruturas que são estendidas usando o Hadoop e o MapReduce. Diferentes empresas têm a sua plataforma Hadoop, como o Apache Hadoop, que é uma fonte aberta do Yahoo!, o Green Plum Hadoop, CDH (distribuição Hadoop para Cloudera), HDP (Plataforma Hadoop para Hortonwork) e ferramentas de *insights* da IBM. O Quadro 11 abaixo apresenta o espectro de abordagens para análise de dados. As principais direções do Data Analytics estão associadas a textos, vídeos, áudios e mídias sociais (GANDOMI e HAIDER, 2015). Fattah (2014) apresenta taxonomia básica de técnicas analíticas (Figura 8).

| SQL Analytics | Descriptive Analytics | Data Mining | Predictive Analytics | Simulation | Optimization |
|---|---|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Count • Mean • OLAP | <ul style="list-style-type: none"> • Univariate distribution • Central tendency • Dispersion | <ul style="list-style-type: none"> • Association rules • Clustering • Feature extraction | <ul style="list-style-type: none"> • Classification • Regression • Forecasting • Spatial • Machine learning • Text analytics | <ul style="list-style-type: none"> • Monte Carlo • Agent-based modeling • Discrete event modeling | <ul style="list-style-type: none"> • Linear optimization • Non-linear optimization |

Quadro 10: Espectro de abordagens de análise de dados (MINELLI et. al., 2013)

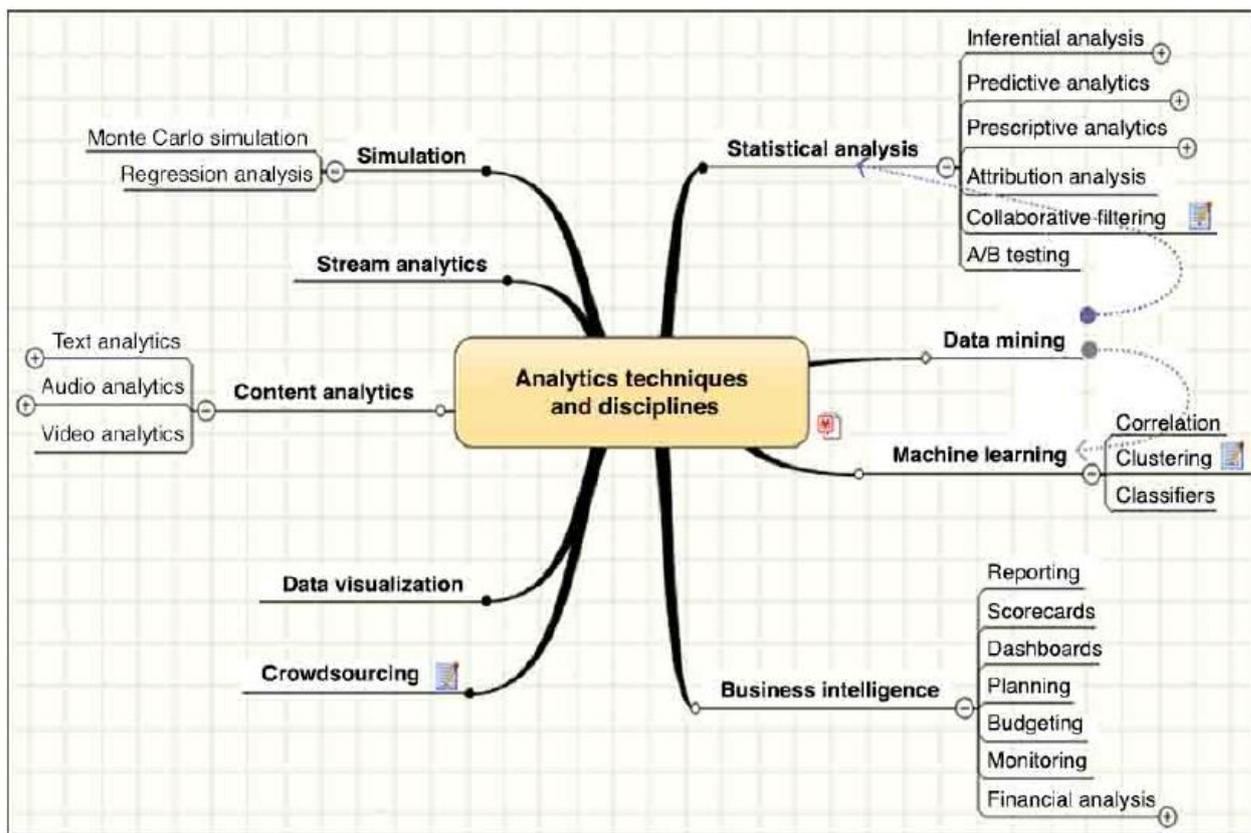


Figura 7: Taxonomia básica de técnicas analíticas (FATTAH, 2014).

Atualmente, novas ferramentas desenvolvidas e em desenvolvimento prometem possibilitar a análise dos dados do Big Data de forma prospectiva. Desenvolvimentos significativos têm se dado na capacidade de análise preditiva e prescritiva. A primeira foca-se na busca por *insights* valiosos no que irá acontecer e possibilita o desenvolvimento de cenários alternativos através da manipulação de variáveis “e se...?”. A análise prescritiva, por sua vez, concentra-se na compreensão do que aconteceria tendo em vista diferentes alternativas e cenários, e com base nestas informações escolhem-se as melhores opções com o objetivo de otimizar possibilidades de ação no futuro que se apresenta (INTEL, 2013).

Para McAbee *et al.* (2016), embora a análise preditiva possa ser usada tanto de forma indutiva – com a seleção controlada de dados preditivos relevantes – como de forma dedutiva – isto é, com a seleção teórica de dados preditivos relevantes –, aplicações típicas em Big Data envolvem um grande número de variáveis de importância prática e teórica desconhecida, e estão sob o guarda-chuva da investigação indutiva.

Produtividade, eficiência e Big Data

Do ponto de vista organizacional, a busca por uma maior assertividade nas decisões é uma questão permanente. Conforme discutimos no capítulo anterior, há décadas as organizações vêm buscando formas de auxiliar suas decisões estratégicas. A expansão da capacidade de análise racional no processo de tomada de decisão impulsionou o desenvolvimento de diferentes abordagens, como as citadas no capítulo anterior para lidar com o problema da seleção de projetos.

Em diferentes casos e em diferentes setores, a literatura que investiga os impactos do Big Data sobre a produtividade e eficiência revela que organizações que adotaram tecnologias e práticas para análise de dados e as aplicaram como suporte à tomada de decisão obtiveram ganhos de produtividade.

Neste sentido, Tambe, Hitt e Brynjolfsson (2009) realizaram levantamento junto a 250 empresas com o objetivo de analisar a relação entre possíveis ganhos de produtividade com a capacidade de monitoramento do ambiente externo através de ferramentas de TI. Para tanto, esse trabalho procurou tocar em questões relativas à descentralização das atividades, práticas de aquisição de informações externas à empresa, periodicidade e como são realizados *benchmarks*, e se os novos projetos incluem funcionários de parceiros e fornecedores, bem como o estímulo à contratação de novos pesquisadores/funcionários. Os resultados sugerem que as firmas que olham para fora, as “*extroverted firms*”, que investem mais em TI, desenvolvem e introduzem mais rapidamente novos produtos no mercado, ou seja, se mostram mais propensas e ágeis nas atividades relacionadas à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação. O ponto principal levantado pelos autores é a importância de se buscar dados em fontes externas à organização, de modo a tratá-los e convertê-los em informações relevantes, como compreender rapidamente o comportamento dos consumidores, ou então, de firmas concorrentes.

De acordo com a pesquisa realizada pelo IDC (IDC, 2011), projetos que implementaram um pacote de *softwares* analíticos geraram um retorno de 140%, sobre o investimento médio enquanto o desenvolvimento customizado que utiliza ferramentas analíticas gera um retorno sobre o investimento médio de 104%. Na mesma linha, uma pesquisa conduzida pela *Nucleus Research* (NUCLEUS RESEARCH, 2011) conclui que a análise de dados retorna o investimento na proporção de U\$ 10,66 dólares para cada dólar investido. Outra avaliação

interessante realizada pela consultoria Forrester identificou impacto econômico de 222% de ROI em doze meses, advindos da adoção de técnicas analíticas avançadas no Data Warehouse da Netezza/IBM (IBM DATA MANAGEMENT and FORRESTER CONSULTING, 2011).

O estudo “*The Deciding Factor: Big Data & Decision Making*” (CAPMEGINI ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT, 2012) indica a tendência cada vez maior de extrair informações valiosas dos dados e tomar decisões baseadas nos indicativos desse universo analisado. O *survey* realizado com mais de 600 *senior executives* revela uma crença que nos próximos anos o *data-driven decision making* ganhará espaço frente à tomada de decisão baseada na experiência dos CEOs e dos conselhos consultivos. Esta perspectiva demonstra a capacidade crescente da gestão analítica de ser um forte direcionador no desenvolvimento de vantagens competitivas. Do ponto de vista organizacional, a perspectiva é que a gestão analítica com base no Big Data se intensifique, tornando-se uma importante fonte de geração de valor e vantagem competitiva. Conseqüentemente, as organizações que não se capacitarem e se adaptarem a esta nova tendência terão cada vez mais dificuldades de competirem.

No que se refere à aplicação do Big Data no setor público, Rogue *et al.* (2016) destacam que as aplicações Big Data podem abrir uma nova era no estudo dos determinantes de eficiência na gestão pública com influência direta no delineamento de políticas. Destaca que, no contexto do Big Data, podem ser analisados mais claramente impactos de políticas de gestão, regulamentos ou políticas e intervenções estimulantes, como favorecer a concorrência, ou usar subsídios. Esforço neste sentido é trabalho que vem sendo realizado pelo programa STAR METRICS (Ciência e Tecnologia para a Recuperação da América: Medindo o Efeito da Pesquisa em Inovação, Competitividade e Ciência) (LANE, OWEN-SMITH, ROSEN e WEINBERG, 2015). Um resultado deste trabalho é o sistema de dados mantido pelo Instituto para Pesquisa em Inovação em Ciência (IRIS), que vincula registros de bolsas de pesquisa de governo federal para registros de recursos humanos e gestão financeira de universidades que recebem esses fundos. As análises avançadas permitem que os pesquisadores do IRIS combinem os subsídios com os indivíduos cuja pesquisa é financiada por esses subsídios e, em seguida, os artigos produzidos por esses pesquisadores a partir dos projetos financiados. A modelagem de tópicos e outras técnicas na análise de texto podem agrupar projetos

em função da similaridade de seus assuntos, o que, por sua vez, ajuda a entender as diferentes maneiras pelas quais os fundos federais podem afetar campos de pesquisa específicos.

Na visão de Rogue et al. (2016) a aprendizagem analítica e seu uso com foco no aumento da eficiência no setor público ainda é um tópico sub-investigado.

3.2. Comportamento Preditivo sob a luz do Big Data

Uma vez tendo discutido os principais conceitos relacionados ao Big Data e sua relevância, neste item iremos dar atenção aos seus impactos sobre o comportamento preditivo. Assim, iremos recuperar os conceitos de incerteza, intuição, racionalidade e previsibilidade e os confrontaremos com as possibilidades advindas das ferramentas Big Data. O objetivo é analisar como estas possibilidades alteram os conceitos em geral e em condições relacionadas ao tema da gestão da inovação.

Vespignani (2009) aponta que a acessibilidade de novos dados e os avanços na teoria e modelagem de redes complexas estão proporcionando um quadro integrado, que nos aproxima de alcançar o verdadeiro poder preditivo através da análise de redes nos sistemas tecnosociais. Sua visão é de que estes sistemas tecnosociais consistem em infraestruturas físicas de grande escala – tais como sistemas de transporte e redes de distribuição de energia – incorporadas em uma densa rede de estruturas de comunicação e computação, cuja dinâmica e evolução são definidas e orientadas pelo comportamento humano. Contudo, o principal desafio é lidar com a capacidade adaptativa característica desse tipo de sistema.

Segundo esse autor, para prever o comportamento de sistemas tecnosociais, é necessário começar com a descrição matemática dos padrões encontrados nos dados do mundo real, de forma indutiva. Essas descrições formam a base de modelos que podem ser usados para antecipar tendências, avaliar riscos e eventualmente gerenciar eventos futuros. Se alimentadas com os dados certos, as abordagens de modelagem computacional podem fornecer o nível de previsibilidade requerido em configurações muito complexas, em essência se trata de um desafio permanente para qualquer exercício de modelagem. Isto é, do ponto de vista do analista, a modelagem computacional possibilita gerenciar a ergodicidade de um

sistema específico observado, aumentando sua previsibilidade. Um dos exemplos apresentados no trabalho de Vespignani (2009) é a previsão do tempo, na qual são usadas sofisticadas infraestruturas de supercomputadores para integrar dados atuais e enormes bibliotecas de padrões meteorológicos históricos em simulações computacionais em grande escala. Contudo, o autor destaca uma diferença que consiste no fato dos fenômenos de previsão nos sistemas tecno-sociais começarem com nosso conhecimento limitado da sociedade e do comportamento humano, e não com as leis físicas que governam as massas de fluidos e gases.

O autor sugere a teoria de redes como base para a descoberta e desenvolvimento de novas leis estatísticas e dinâmicas que governam grandes sistemas infraestruturais acoplados aos sistemas tecnosociais. Segundo ele, o principal obstáculo na definição dos limites fundamentais de previsibilidade para estes sistemas é a sua sensibilidade e dependência do comportamento adaptativo social. Isto é, adaptação dos sistemas às previsões quando elas são disponibilizadas publicamente. Os comportamentos sociais demonstram reação e adaptação ao conhecimento das previsões. Em um processo similar a como a incerteza se reforça quando outros agentes estão envolvidos.

Ao contrário do que acontece em sistemas físicos, nos sistemas sociais a incerteza, as predições e a adaptação fazem parte de sua dinâmica. Esse processo é denominado por Harari (2016) como “paradoxo do conhecimento”. Um processo no qual o desenvolvimento humano reage às previsões, funcionando proporcionalmente, de forma que quanto melhores nossas predições, mais reações são criadas. Paradoxalmente, enquanto acumulamos mais dados e incrementamos nosso poder de computação, os eventos tornam-se mais desenfreados e inesperados. Quanto mais sabemos, menos somos capazes de prever.

Hosni e Vulpiani (2017) também utilizam o exemplo da previsão climática para analisar o entusiasmo abrangente sobre o Big Data. Em sua visão, o entusiasmo está enraizado em um duplo pressuposto: primeiramente, a ideia de que grandes dados levarão a previsões muito melhores; em segundo lugar, irão fazê-lo de forma geral, desde a descoberta científica até aplicações médicas, financeiras, comerciais e políticas. Com base neste duplo pressuposto, espera-se que análises preditivas com base em grandes dados tenham um grande impacto na sociedade, na tecnologia e no próprio método científico. Os autores desafiam os dois pressupostos apresentados. Primeiro, mais dados podem levar a piores previsões.

Segundo, um contexto designadamente especificado é crucial para que as previsões sejam cientificamente significativas. O estabelecimento de um nível de análise apropriado assim como a determinação da superfície de decisão requer conhecer bem a natureza dos dados e informações envolvidas. Destacam também que prever o futuro estado de um sistema sempre foi uma motivação natural para a ciência e suas aplicações teórico práticas tanto sob uma ótica reducionista baseada antes de tudo em princípios teóricos; como sob uma ótica indutiva, com base somente nos dados.

A questão levantada pelos autores é se o nosso conhecimento dos estados passados de um sistema – sem o uso de modelos para a equação de evolução – é capaz de gerar previsões significativas sobre o futuro. A resposta é negativa na medida em que dificuldades bastantes severas são imediatamente encontradas, mesmo em uma situação abstrata e aparentemente simplificada. Como exemplo Hosni e Vulpiani (2017) utilizam a evolução metodológica das abordagens para previsão climática; isto, por causa da extrema precisão que este campo alcançou ao longo das últimas décadas, e pela semelhança ao grande entusiasmo sobre a disponibilidade de dados. Explicam que essa precisão só poderia ser alcançada quando ficou claro que muitos dados prejudicariam a precisão do modelo.

Os autores explanam que os primeiros passos modernos na previsão do tempo são devidos a Richardson (RICHARDSON,1922), que, em seu trabalho visionário, apresentou muitas das ideias sobre as quais a meteorologia moderna se baseia. Sua abordagem foi, até certo ponto, consonante com uma abordagem realista, e pode ser resumida da seguinte forma: a atmosfera evolui de acordo com as equações hidrodinâmicas e termodinâmicas para a velocidade, a densidade etc. Portanto, o clima futuro pode ser previsto, pelo menos em princípio, resolvendo as equações diferenciais parciais apropriadas, com condições iniciais dadas pelo estado atual da atmosfera. A ideia-chave de Richardson para prever o clima estava correta, mas, para colocá-la em prática, era necessário introduzir um ingrediente adicional que o pesquisador não poderia ter conhecido. Depois de poucas décadas, von Neumann e Charney notaram que as equações originalmente propostas por Richardson, embora corretas, não eram adequadas para a previsão do tempo (DALMEDICO, 2001). O motivo aparentemente paradoxal é que eles eram muito precisos. Segundo Hosni e Vulpiani (2017), o desafio para essa visão é a compreensão do "nível adequado" de abstração do sistema, que reside na

identificação das "variáveis relevantes" que configuram a superfície de decisão e das equações efetivas que regem a evolução do clima. É importante salientar que o procedimento de construção dessa descrição não segue um protocolo fixo e aplicável em todos os contextos. Deve ser considerado como uma espécie de arte, baseado na intuição e na experiência do pesquisador.

Mesmo que sejam conhecidas as leis de evolução do sistema em questão, se a informação sobre a evolução do sistema se basear apenas em dados observacionais, o caos é uma dificuldade inevitável, pois há um gargalo que reside nas recorrências apontadas por Poincaré no problema dos 3 corpos comentado no Capítulo 1. Mesmo nas condições mais otimistas, se o vetor de estado do sistema fosse conhecido com precisão arbitrária, a quantidade de dados necessários para realizar as previsões cresceria exponencialmente.

Hosni e Vulpiani (2017) concluem que a grande revolução de dados é, por um lado, bem-vinda, devido às novas oportunidades que se abrem para a pesquisa em diferentes campos. No entanto, existem problemas sérios que a abordagem indutivista da previsão deve enfrentar. A ideia, segundo a qual as previsões confiáveis podem ser obtidas apenas com base no conhecimento do passado, enfrenta problemas insuperáveis – mesmo na modelagem mais idealizada e controlada. Além disso, o protagonismo da modelagem realizado por um especialista não pode ser suprimido: não apenas conjuntos de dados maiores, mas também a falta de um nível apropriado de descrição podem tornar previsões praticamente impossíveis. Os autores sugerem que um compromisso inteligente e dependente do contexto entre modelos e análises quantitativas se destaca como a melhor estratégia preditiva.

Big Data precisa de Apoio à Decisão

Tanto o caráter adaptativo dos sistemas tecnosociais como a necessidade de se identificar o apropriado nível de análise evidenciam fontes de incerteza, mesmo sob a luz do Big Data. Estes elementos demonstram como o Big Data depende da teoria da decisão para formular questões, identificar as variáveis relevantes e apoiar o processo de modelagem e análise. A teoria da decisão normativa busca encontrar metodologias, tecnologias e ferramentas para identificar a melhor decisão a tomar, com base no pressuposto de que o tomador de decisões é

totalmente racional ou racionalmente limitado. Sob essa perspectiva, a tomada de decisão, em geral, co-existe em cada procedimento de Big Data, como aquisição/armazenamento de dados, limpeza/integração de dados, análise de dados, visualização de dados e previsão por conhecimento derivado (Figura 9).

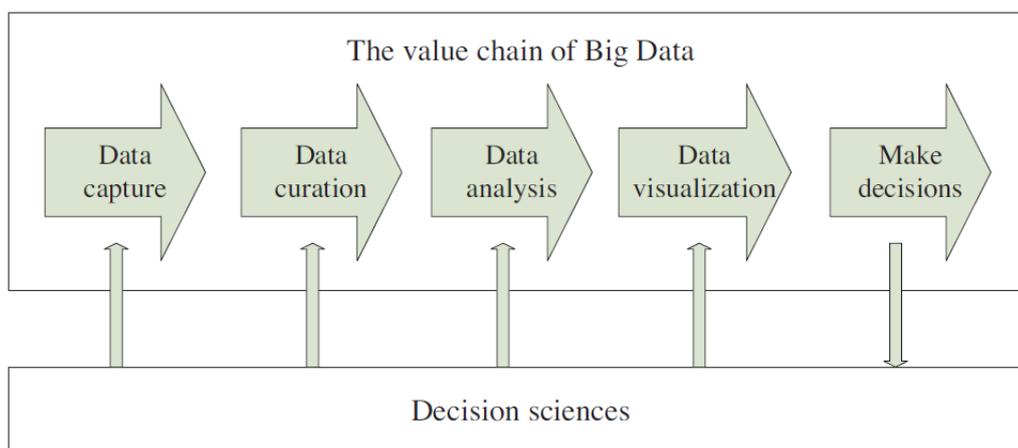


Figura 8: A relação entre Big Data e Ciência da decisão (WANG *et al.*, 2016)

Sob uma ótica cognitiva, a questão de como os indivíduos integram Big Data em suas decisões é complexa; mas é uma temática importante, sobre a qual a psicologia já começa a se debruçar. Neste sentido, autores como Sleesman (2015) e McAbee *et al.* (2016) argumentam que a efetividade do Big Data não pode ser definida apenas pelos seus atributos técnicos, mas deve-se levar em conta também aspectos psicológicos. Sua visão é de que, em essência, mesmo que o Big Data possibilite analisar e obter *insights* de grandes volumes de dados, ainda cabe ao indivíduo transformar a informação em decisão.

Já Griffiths (2015) destaca que relações comportamentais experimentais tradicionais de estímulo-resposta não têm aderência com diversas análises de dados. A questão recai sobre a veracidade dos dados e a possibilidade destes representarem de fato o comportamento que ocorre fora do ambiente virtual. Neste sentido, este autor argumenta a favor de uma revolução cognitiva comportamental que possibilite a compreensão do comportamento individual e de sua relação com a representação através do Big Data. Sleesman (2015) destaca que *insights*, no sentido em que se investiga a relação entre Big Data e apoio à decisão, emergem de três campos que compartilham interfaces com a psicologia: o apoio à decisão, a teoria da atribuição e os estudos sobre a intuição.

Em relação à literatura de apoio à decisão, alguns trabalhos destacam a relutância de diversos tipos de profissionais – gestores, comitês de seleção universitários, médicos – em confiar em sistemas de apoio à decisão. Isto ocorre principalmente devido à superconfiança na intuição e, conseqüentemente, à subvalorização do resultado do método de apoio à decisão (GROVE & MEEHL, 1996; HIGHHOUSE, 2008). Além disso, também existem influências sociais que impedem os indivíduos de utilizar mecanismos de auxílio à decisão: estudos indicam que as pessoas tendem a prestar mais atenção a conselhos advindos de especialistas do que a estatísticas de previsão (ONKAL, GOODWIN, THOMSON, GONUL, & POLLOCK, 2009). Enquanto parece óbvia a adoção do Big Data por parte das organizações, estes estudos sugerem certa relutância.

Por sua vez, a teoria da atribuição (WEINER, 1986) sugere uma perspectiva mais matizada; porém, parcialmente consistente com a literatura citada anteriormente. Esta abordagem investiga como os indivíduos inferem causas sobre resultados específicos. A abordagem sugere que o processo de inferência é impulsionado por diferentes dimensões que se relacionam com o resultado esperado de uma ação. O processo é resultado de um conflito pessoal entre o conteúdo interno – julgamento intuitivo – e o conteúdo externo – por exemplo, *output* de uma análise estatística. Em uma situação em que o indivíduo tem a oportunidade de se utilizar do Big Data, ele pode rejeita-lo para tentar provar sua intuição ou *expertise* profissional, ou então aceitar o resultado de uma análise externa para não correr o risco de ser culpado caso a sugestão não atinja o resultado esperado. Este “cálculo” subjetivo e pessoal que define se os tomadores de decisão rejeitam ou alavancam suas decisões com base nos dados seria influenciado por inúmeros condicionantes: personalidade, nível hierárquico organizacional, percepção de incerteza ou risco associado à decisão, entre outros, e indicam a invariável influência do contexto sob o julgamento com base em informação analítica.

Os estudos sobre a intuição adquirem um protagonismo relevante na interface entre Big Data e apoio à decisão, principalmente se adotarmos o conceito de Herbert Simon de que a intuição nada mais é do que o reconhecimento de padrões, e que o principal papel do Big Data é justamente explicitá-los. Sob este ponto de vista, podemos compreender as ferramentas como uma extensão da nossa intuição. Assim, a intuição aparece como um fator chave para a efetividade da

tomada de decisão em alguns contextos, e sua relação com decisões baseadas em Big Data são um tema importante que será retomado nos itens a seguir.

Se por um lado a teoria da decisão suporta decisões em cada fase do processo de dados, por outro, as soluções do Big Data enriquecem o conteúdo e o escopo das ciências de decisão. Neste sentido qualitativo, podem-se tomar decisões mais inteligentes e mais afortunadas, utilizando-se uma melhor previsão. É possível analisar, por exemplo, as preferências de compra dos consumidores e sua correlação de duas classes de produtos para que uma promoção de vendas mais eficiente possa ser projetada, podemos explorar a comunidade social de usuários para que a publicidade direcionada seja mais precisa, analisar o humor e o sentimento do usuário frente a novos produtos, ou então frente a personalidades ou políticas públicas, além de também possibilitar a previsão das tendências das epidemias através de redes sociais, para que se possam preparar planos de emergência razoáveis; também podemos prever o fluxo de tráfego a curto e médio prazo para encurtar a média de condução e tempo de espera. Contudo, o caráter subjetivo da invariável influência do contexto sob o julgamento com base em informação analítica e a falta de compreensão sobre como os indivíduos integram as informações analíticas em seus processos decisórios, principalmente no contexto organizacional, se configura como uma fonte de incerteza subjetiva permanente.

A Hipótese da Cognição estendida e o Desacoplamento de Harari

Desde a descrição original do conceito por Clark e Chalmers (1998), tem havido uma grande discussão sobre o que implica precisamente a tese da mente estendida, como ela deve ser compreendida e quais são suas principais implicações para a filosofia da mente e para reflexão sobre a interação dos indivíduos com o Big Data.

Segundo a abordagem de Sutton (2006), sistemas de símbolos externos e outros "artefatos cognitivos" nem sempre são simplesmente *commodities* para uso e lucro da mente ativa - em determinadas circunstâncias, juntamente com o cérebro e o corpo que interagem com eles, são parte da mente. Este autor também faz uma distinção entre uma primeira e uma segunda onda da hipótese da mente estendida. A primeira onda é baseada no princípio da paridade e visa mostrar que os processos "dentro da cabeça" e "fora da cabeça" podem ser considerados equivalentes:

"Os estados cognitivos e os processos se estendem para além do cérebro e para o mundo (externo) quando as partes relevantes do mundo funcionam da mesma maneira que processos incontestáveis cognitivos na cabeça."
(SUTTON, 2006, p. 193)

A segunda onda não é baseada no princípio da paridade, mas no princípio complementar. Não há mais necessidade de isomorfismo entre processos mentais e artefatos cognitivos e processos "fora da cabeça", uma vez que podem desempenhar papéis diferentes para produzir processos cognitivos mais flexíveis e eficientes. Esta é a perspectiva que se aplica ao tema do Big Data, e em essência este é o objetivo que emerge junto com o surgimento da própria computação.

Além da hipótese da mente estendida, outro elemento-chave é a ideia sugerida por Menary (2010) de integração cognitiva. De acordo com o autor, a integração cognitiva ocorre quando os recursos externos são integrados em um sistema cognitivo estendido por meio de um processo de coordenação, o que permite que o ser humano realize tarefas cognitivas que, de outra forma, não poderia fazer, ou esteja integrado de forma que se transforme e, conseqüentemente, melhore suas habilidades (Menary, 2010a, p. 563). Há duas maneiras principais nas quais a integração cognitiva pode surgir: uma envolve a integração através da atividade sensório-motora; a outra se dá através da manipulação de representações externas.

Um olhar crítico – que vai parcialmente contra a hipótese da cognição estendida – é a do historiador Yuval Harari, ele aponta o risco do distanciamento da inteligência analítica da consciência individual ao invés de uma integração crescente, em um processo evolutivo que ele chama de desacoplamento. Em seu livro, *Homo Deus* (HARARI, 2016), faz uma contraposição ao senso comum e ao humanismo como ideologia, e aponta muitas vezes para a composição de um cenário distópico para o futuro, no qual a novíssima face do humano seria gerada pela composição de uma nova técnica e consciência, dado que sua dissociação da racionalidade começa a ocorrer por meio da mediação tecnológica e proliferação de sistemas artificiais de inteligência, como as que já existem hoje principalmente na internet.

Sua visão a respeito dos impactos da biotecnologia, da enorme disponibilidade de dados e da crescente capacidade de análise é de que estamos chegando em um ponto em que teremos conhecimento biológico e capacidade de computação para criar algoritmos capazes de entender os humanos melhor que

estes podem entender a si próprios. Ele encara a própria espécie *Homo Sapiens* como uma montagem de algoritmos orgânicos modelada pela seleção natural durante milhões de anos de evolução. E é finito, tanto em seu tempo de duração – há um tempo relativamente pequeno para que ele morra – quanto pela sua capacidade de armazenar e processar dados, algo praticamente ilimitado para um algoritmo não orgânico. Alerta ainda que esses organismos não orgânicos – que chamamos de inteligência artificial, ou IA – estão fazendo escolhas por nós em níveis cada vez maiores.

Levada ao extremo, essa concepção implica que a computação cognitiva e os diversos algoritmos possibilitados por ela poderiam levar em conta nossos DNA, pressão arterial, função cerebral, preferências sociais e de mercado - todos os dados gerados e disponíveis por nós - para entender sentimentos e escolhas melhor do que nós mesmos. Harari argumenta que durante milhões de anos a evolução orgânica da inteligência do *Homo Sapiens* tem caminhado ao lado da consciência, e que a evolução de computadores inorgânicos pode ter superado completamente essas passagens estreitas, tomando um caminho diferente e muito mais rápido para a superinteligência. O autor descreve este processo como desacoplamento entre a inteligência e a consciência, algo inédito até este momento na história do ser humano. Contudo, ele faz uma ressalva: ainda não compreendemos o funcionamento da mente e de nossa consciência – ou pelo menos, não até agora –, e este desacoplamento e o “abandono solitário” da inteligência pode levar a resultados inesperados – para não dizer catastróficos.

“Minha opinião é que a ideia de organismos como simples algoritmos tem sido bem sucedida, especialmente na biotecnologia. Mas acho que existe aí uma grande lacuna nessa visão: a consciência, as experiências subjetivas. Não temos nenhum modelo científico bom para explicá-las, e é por isso que sou cético quanto a essa visão da vida ser realmente verdadeira. Pode ser que em 20 ou 30 anos tenhamos um modelo da consciência em termos de processamento de dados.” (Yuval Harari - Entrevista Folha de São Paulo 12/11/2016)

Assim, podemos observar ao longo deste item que a relação entre os tomadores de decisão e as ferramentas Big Data é complexa sob diferentes pontos de vista e em relação a seus impactos. Certo entusiasmo é justificado; contudo, também cabe certa relutância, principalmente se levarmos em conta os elementos

abordados ao longo deste item e adotarmos como pano de fundo as características das atividades de C, T&I.

Quando a questão é previsibilidade e Big Data, se adotarmos a ideia de adaptabilidade dos sistemas tecnosociais frente a previsões baseadas em análise de dados, origina-se uma fonte perpétua de incerteza de caráter subjetivo. Se a previsibilidade leva à mudança de comportamento – mudança estrutural não pré determinada - então ela traz consigo a incerteza verdadeira/fundamental, o livre arbítrio e a formação de crenças subjetivas e, concomitantemente, a formação de crenças subjetivas sobre as crenças subjetivas dos demais. Assim, outros agentes devem realizar o mesmo num ciclo que se reforça indefinidamente. Este processo reverbera nos sistemas tecnosociais de forma semelhante, tanto para as previsões tornadas públicas como para a própria incerteza.

Além disso, como discutido no estudo de caso climático – análise com base em Big Data –, esse também requer estabelecer um apropriado nível de análise através de um processo de modelagem, que não segue padrões ou protocolos; pelo contrário, depende da *expertise* do pesquisador/analista de dados, o que remete a conteúdos subjetivos e intuitivos. Ao mesmo tempo, a invariável influência do contexto sob o julgamento com base em informação analítica também é um tópico que evidencia a dependência da disciplina da teoria da decisão.

Por fim, se admitimos a incerteza cognitiva relativa à falta de compreensão dos mecanismos que regem a consciência, não podemos assegurar que compreendamos os processos cognitivos que constroem conjunturas imaginadas possíveis, que posteriormente podem vir a alcançar a inovação o que implica, ao nosso ver, em certa relutância na adoção de sistemas de seleção de projetos de P, D&I que sejam 100% baseados em técnicas analíticas de dados, totalmente independentes de um gestor. Assim, resta a pergunta: como o Big Data vem apoiando à decisão em P, D&I?

3.3. Impactos do Big Data na gestão de P, D&I

Na primeira parte do trabalho, sob uma ótica comportamental individual, argumentamos que o principal ímpeto para fazer previsões decorre da própria necessidade humana de lidar com o futuro, prevê-lo, a fim de reduzir ou, idealmente, eliminar sua incerteza inerente e que, além disso, esse comportamento preditivo de natureza evolutiva ocorre através da criação de conjecturas imaginativas.

Sob a ótica da P, D&I, argumentamos que a busca pela inovação é a procura pelo incerto, e o jogo contrafactual preditivo é fundamental neste processo, independente de suas previsões se realizarem ou não. Também destacamos três dimensões distintas da incerteza – verdadeira/fundamental, epistemológica procedural e subjetiva – que permeiam as atividades de C, T&I.

Acreditamos que uma análise específica das condições de incerteza sobre o objeto da P, D&I é a base para a construção e associação de abordagens de seleção de projetos, que são discutidas no capítulo 2.

Contudo, como o Big Data se relaciona com o tema da seleção de projetos de P, D&I? Levando-se em conta, principalmente, os elementos discutidos no item anterior, que também se configuram como condições de incerteza (verdadeira/fundamental e subjetiva) quando o tema é a análise de grandes massas de dados, notadamente:

- 1- *Incerteza inerente ao papel das previsões nos sistemas tecnosociais*, que inevitavelmente acarretam à mudança de comportamento e trazem consigo o livre-arbítrio e a formação de crenças subjetivas, e, concomitantemente, crenças subjetivas sobre as crenças subjetivas dos demais, em um processo que alimenta a incerteza perpetuamente;
- 2- *A incerteza referente ao processo de modelagem*, especificamente o nível de atribuição e delineamento do contexto especificado. Processo que não segue padrões ou etapas específicas, e pode ser considerado como uma espécie de arte, baseada na intuição e na experiência do pesquisador;
- 3- *A incerteza inerente à influência do contexto no processo decisório* e nível de confiança individual sob o julgamento com base em informação analítica;
- 4- *A Incerteza Cognitiva* relativa à falta de compreensão dos processos cognitivos que regem a consciência, a intuição e a imaginação, que posteriormente pode vir a se converter em inovação.

É possível argumentar que a inteligência analítica esteja reduzindo ou ao menos ajudando a gerenciar elementos que eram restritos à intuição? E que com isso estaria “reduzindo” ou ao menos “gerenciando” vieses característicos da tomada de decisão intuitiva? Esta discussão terá como base os aspectos determinantes para comparação de abordagens para seleção de projetos de P, D&I, discutidos no

Capítulo 2 (Quadro 12), e analisados sob uma perspectiva de casos que apresentam novas possibilidades advindas das ferramentas Big Data.

| Aspectos determinantes para comparação de abordagens de seleção de projetos de P, D&I |
|---|
| 1-Dimensão estrutural: métodos quantitativos, semi-quantitativos, semi-qualitativos, qualitativos |
| 2-Relaciona os critérios de seleção para a estratégia corporativa |
| 3-Reconcilia e integra necessidades e desejos de diferentes partes interessadas |
| 4-Lida com a interdependência entre os projetos |
| 5-Analisa risco |
| 6-Gerencia incerteza |
| 7-Simplicidade |
| 8-Disponibilidade de dados |
| 9-Aplicabilidade, custo de execução e tempo requeridos |
| 10-Permite incorporar a experiência e conhecimento dos gestores de P&D |
| 11-Permite a reavaliação quando se retira ou insere um projeto no portfólio |
| 12-Maximização de metas econômicas |
| 13-Incorpora fatores de mercado |
| 14-Lida com as restrições de recursos |
| 15-Fatores Tecnológicos |

Quadro 11: Aspectos determinantes para comparação de abordagens de seleção de projetos de P, D&I

Na visão de Noor (2014), a realização de ambientes cognitivos futuros requer o desenvolvimento de um ecossistema de inovação cognitiva para a força de trabalho. Segundo ele este ecossistema proporcionará uma tomada de decisão personalizada, colaborativa e eficaz; estimulará a criatividade e a inovação, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos de crescente complexidade.

O autor explica que, em pouco mais de um século, a computação passou de números para dados, e de dados para conhecimento. Enquanto na era programável os computadores processavam essencialmente uma série de equações "se... então...", os sistemas cognitivos são capazes de aprender, se adaptar, criar hipóteses e sugerir respostas. Sua maneira de processar enormes quantidades de dados não é linear nem determinista. Além disso, esta classe de sistemas é capaz de lidar com a ambiguidade, uma vez que pode constantemente reavaliar informações baseadas em mudanças em usuário, tarefa, contexto, objetivo ou nova informação.

Esta particularidade pode impactar diretamente a capacidade de sistemas de seleção de projetos serem dotados de uma “memória” armazenada em banco de dados capaz de associar avaliações *ex ante* e *ex post* de projetos de P&D passadas a novas propostas de projetos, e de monitorar a efetividade das decisões estratégicas tomadas ao longo do tempo, decorrentes de um projeto. Na prática, esta classe de sistemas possibilita monitorar a evolução de condições de incerteza epistemológica procedural ao longo do tempo através da incorporação da experiência e do conhecimento dos gestores de P&D de forma crescente e gradual.

Assim, os sistemas cognitivos emergentes estão sendo equipados com amplas habilidades em reconhecimento de padrões, linguagem natural, processamento, comunicação complexa, aprendizagem e outros domínios que costumavam ser exclusivamente humanos. A expectativa de Noor, em consonância com a hipótese de cognição estendida, é de que estes sistemas aumentarão significativamente a produtividade humana através da extensão das suas capacidades.

Para Chen *et al.* (2011), a adoção de um ecossistema analítico está transformando processos de negócios e gerenciamento de decisões estratégicas, impulsionando modelos de negócio inovadores. Por ecossistema entende-se um sistema que contém os seguintes tipos de entidades: fornecedores de dados, provedores de análise, clientes, usuários, parceiros e outras formas de comunidades. Estes autores apontam que novas formas de serviços estão emergindo; estes agregam e fornecem acesso a uma ampla gama de dados públicos e privados, através de parceria com provedores de dados e clientes. Esta classe de serviços é denominada "Dados como um Serviço (DaaS)": exemplos são serviços de armazenamento em nuvem gerenciados coletivamente, infra-estrutura e ferramentas baseadas na Web e serviços de customização de sistemas para indústrias. Com base no DaaS, pode-se criar uma gama de serviços analíticos, "*Analytics as a Service (AaaS)*", que incluem relatórios de *Business Intelligence*, *text analytics* e modelagem preditiva, todos oferecidos de forma modular para permitir consumo, integração e customizações.

Tradicionalmente, o principal uso de tecnologias analíticas nas empresas está focado na otimização de operações específicas com base em dados estruturados internos, como recursos financeiros, desempenho, gerenciamento da cadeia de suprimentos etc. Contudo, uma ampla gama de dados não estruturados

das empresas advêm não só de fontes internas, mas também de fontes externas disponíveis. Como resultado, agora vemos soluções analíticas como COBRA (*Corporate Brand and Reputation Analytics*) que mina redes sociais, como *blogs*, *twitter*, *web* e fontes de notícias, e também sistemas de CRM (*Customer Relationship Management*) internos da empresa, para analisar marca e reputação corporativa; MIDAS, que minera dados financeiros disponíveis publicamente para obter informações e *insights* financeiros; e SIMPLE Patent, solução analítica que minera patentes adquiridas publicamente, conteúdo corporativo de propriedade intelectual interna e literatura científica para informações sobre propriedade intelectual.

Tais soluções estão se tornando cada vez mais populares e importantes para as corporações e demandando cada vez mais dados compilados a partir de múltiplas fontes para que se obtenham grandes *insights*. Estas possibilidades permitem o enriquecimento de processos de seleção de projetos de P&D, incorporando mais elementos do mercado, além de criar a possibilidade de avaliação em tempo real dos impactos da estratégia corporativa adotada.

Na visão de Fattah (2014 A), a grande análise de dados, além de abranger muitos outros benefícios empresariais, pode orientar o processo de inovação para aumentar eficiência, eficácia e previsibilidade por meio da promoção de uma mentalidade orientada por dados para novas ideias, desestruturando o pensamento solidificado que pode prejudicar a inovação. Além disso, ela desencadeia e suporta análises “E se...”, analisando possíveis conjecturas e ajudando a prever o impacto de novas ideias sobre métricas empresariais importantes e, em seguida, usa análises de desempenho de negócios baseadas em evidências para rastrear sua implementação.

A mentalidade orientada por dados começa por identificar e coletar dados necessários para entender uma determinada área de negócios, e termina com confirmação baseada em evidências de uma melhoria ou solução. O *mind-set* baseado em dados pode ser delineado pelas seguintes atividades:

- Identificação e coleta de dados para explorar uma área de negócios específica;
- Diagnóstico da situação atual e identificação das áreas com problemas ou potencialidades;

- Enquadramento e reestruturação de cada problema usando *insights* obtidos a partir dos dados;
- Distinção de possíveis alternativas baseadas em relações entre objetos de dados;
- Previsão do impacto de melhorias ou soluções de candidatos em métricas comerciais importantes;
- Acompanhamento do desempenho do negócio e confirmação de uma solução implementada.

Esta abordagem inclui as seguintes características para fornecer soluções inovadoras baseadas em evidências:

- Usam correlação antes da causalidade;
- Superam as limitações da amostragem usando todos os dados;
- Toleram, normalmente, dados incompletos ou sujos;
- Aplicam modelos preditivos para prever o futuro,
- Possibilitam ter uma preferência por dados em tempo quase real.

Fattah (2014 A) explica que a mentalidade baseada em dados usa a correlação antes da causalidade porque é suficientemente boa para muitos propósitos práticos – por exemplo, nas recomendações para desenvolvimento de novos produtos. A correlação preenche um fosso muito importante entre os modelos intuitivos e os modelos de causalidade muito elaborados, que podem requerer muito tempo e esforço para serem construídos (Figura 8). A correlação indica por que algo está acontecendo e fornece um alerta de que está acontecendo. Esta característica pode oxigenar novas ideias, ajudar a superar preconceitos e evitar vieses.

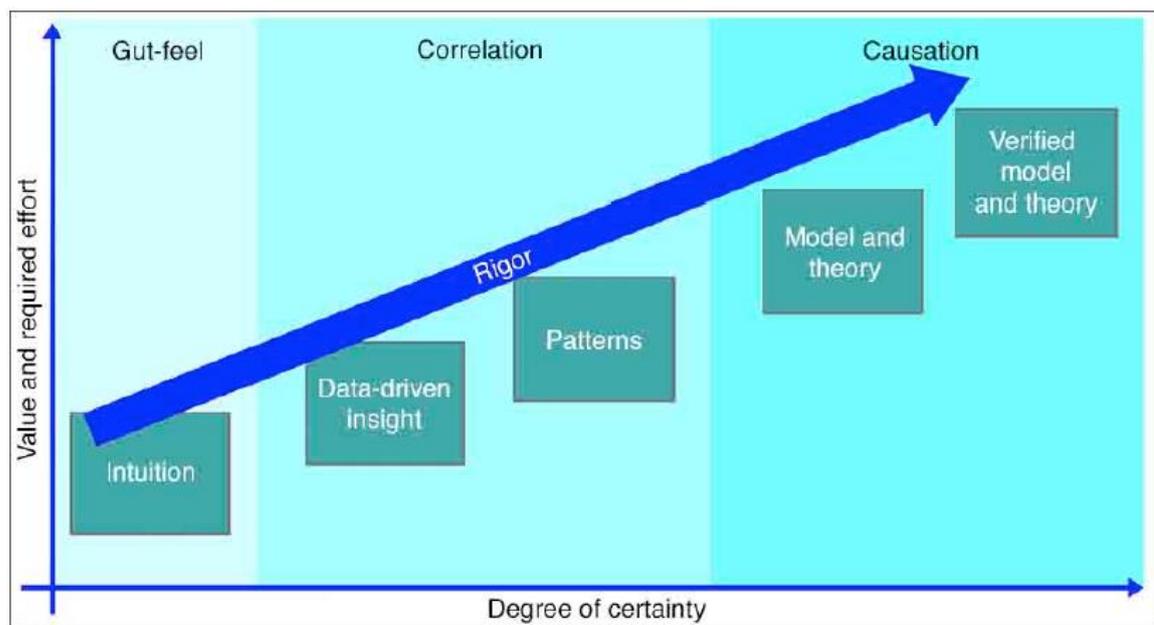


Figura 9: O papel chave da correlação encoberta na análise de dados entre intuição e modelos causais complexos (FATTAH, 2014 A)

Segundo este autor, três questões básicas caracterizam essas barreiras à inovação: como podemos encontrar novas ideias críveis? Como podemos testar novas ideias para validade e impacto e adotá-las? e como podemos rastrear mudanças durante e após a implementação?

A grande análise de dados pode ajudar a desencadear a inovação, promovendo uma mentalidade baseada em dados que busca e atenta aos dados para se construir novos conhecimentos. Ela também orienta a inovação usando hipóteses baseadas em dados e sustenta a inovação usando o gerenciamento contínuo de desempenho de negócios baseado em evidências.

Quando aliadas ao tema da seleção de projetos de P&D, estas possibilidades permitem simplicidade, uma vez que os modelos partem de uma ótica indutiva e posteriormente podem ser comprovados através de hipóteses preestabelecidas, integrando necessidades e desejos de diferentes partes interessadas, aumentando assim o consenso em decisões estratégicas. E permitem também uma reavaliação mais prática e acurada dos impactos de portfólios de projetos quando se insere ou retira um projeto, ou da interdependência entre os projetos.

Li *et al.* (2015) discutem o uso de Big Data na gestão do ciclo de vida do produto. O conceito de ciclo de vida do produto surgiu no início do século XXI para gerenciar o processo intensivo em conhecimento, consistindo principalmente em

análise de mercado, design de produto, desenvolvimento de processos de fabricação e distribuição, serviços de pós-venda e reciclagem de produtos. As fases podem ser divididas em três períodos: início da vida (*Beggining of life* - BOL), meio da vida (*Midle of life* - MOL) e fim da vida (*End of life* EOL). No que se refere à seleção de novos projetos de P, D&I, graças a ferramentas Big Data, diferentes dados podem ser utilizados para apoiar este processo; por exemplo, na fase de BOL, especificamente na análise de mercado, é possível analisar dados com o objetivo de identificar características de consumidores em potencial e suas necessidades, como histórico de dados de compra, histórico de gastos ou então de buscas na internet. É possível também rastrear comentários em blogs e tendências em fotos e vídeos.

O autor destaca oito benefícios em aplicar Big Data ao PLM:

- Melhoria da qualidade e inovação do design do produto, buscando sua socialização;
- Melhoria da precisão e da qualidade da produção;
- Possibilidade de fornecer serviços e produtos personalizados, precisos e de alta qualidade;
- Aceleração da integração de TI para inserir a fabricação inteligente ou Indústria 4.0;
- Previsão precisa das demandas do produto;
- Previsão precisa do desempenho do fornecedor;
- Possibilidade de uso de equipamentos de fabricação com detecção, gerenciamento e manutenção inteligentes;
- Supervisão e controle do consumo de energia.

Outra aplicação do Big Data com impacto direto nas atividades de seleção de projetos de P, D&I é proposta por Shon *et al.* (2017). Estes destacam o ponto de vista das organizações nacionais de gestão de pesquisa, que precisam garantir a revisão justa e eficiente das propostas de pesquisa, o que exige a seleção de revisores adequados. Estes autores desenvolveram um sistema de correspondência automática a nível nacional que analisa proposta de pesquisa e indica um revisor que pode avaliá-la. O sistema usa palavras-chave com pesos *fuzzy* baseados em bancos de dados no campo de pesquisa correspondente. Todas as funções desenvolvidas foram baseadas no *framework* MapReduce criado pelo Hadoop.

Tendo como ponto de partida o argumento de que, mesmo através do uso do Big Data, diferentes condições de incerteza podem ser identificadas, buscamos analisar iniciativas que podem impactar o processo de seleção de projetos de P, D&I. Neste sentido, destacamos sete aspectos considerados determinantes em abordagens de seleção de projetos, e que podem ser reforçados com o uso do Big Data:

- Relaciona os critérios de seleção para a estratégia corporativa;
- Reconcilia e integra necessidades e desejos de diferentes partes interessadas;
- Lida com a interdependência entre os projetos;
- Simplicidade;
- Permite incorporar a experiência e conhecimento dos gestores de P&D;
- Permite a reavaliação quando se retira ou se insere um projeto no portfólio,
- Incorpora fatores de mercado.

Sobre o tema da P, D&I, dois atributos do Big Data podem ser utilizados para defender a ideia de que ele estimula a intuição e colabora para reduzir vieses característicos da tomada de decisão intuitiva: a capacidade de permitir a construção e a análise de cenários e conjecturas sobre o objeto da P, D&I de forma mais acurada, algumas vezes em tempo real; e a capacidade de memorizar avaliações *ex ante*, monitorar seu desenvolvimento, aprender e reconhecer padrões e avaliar impactos de decisões estratégicas constantemente. A Figura 12 posiciona o grupo de ferramentas baseadas em Big Data no esquema analítico discutido no Capítulo 2.

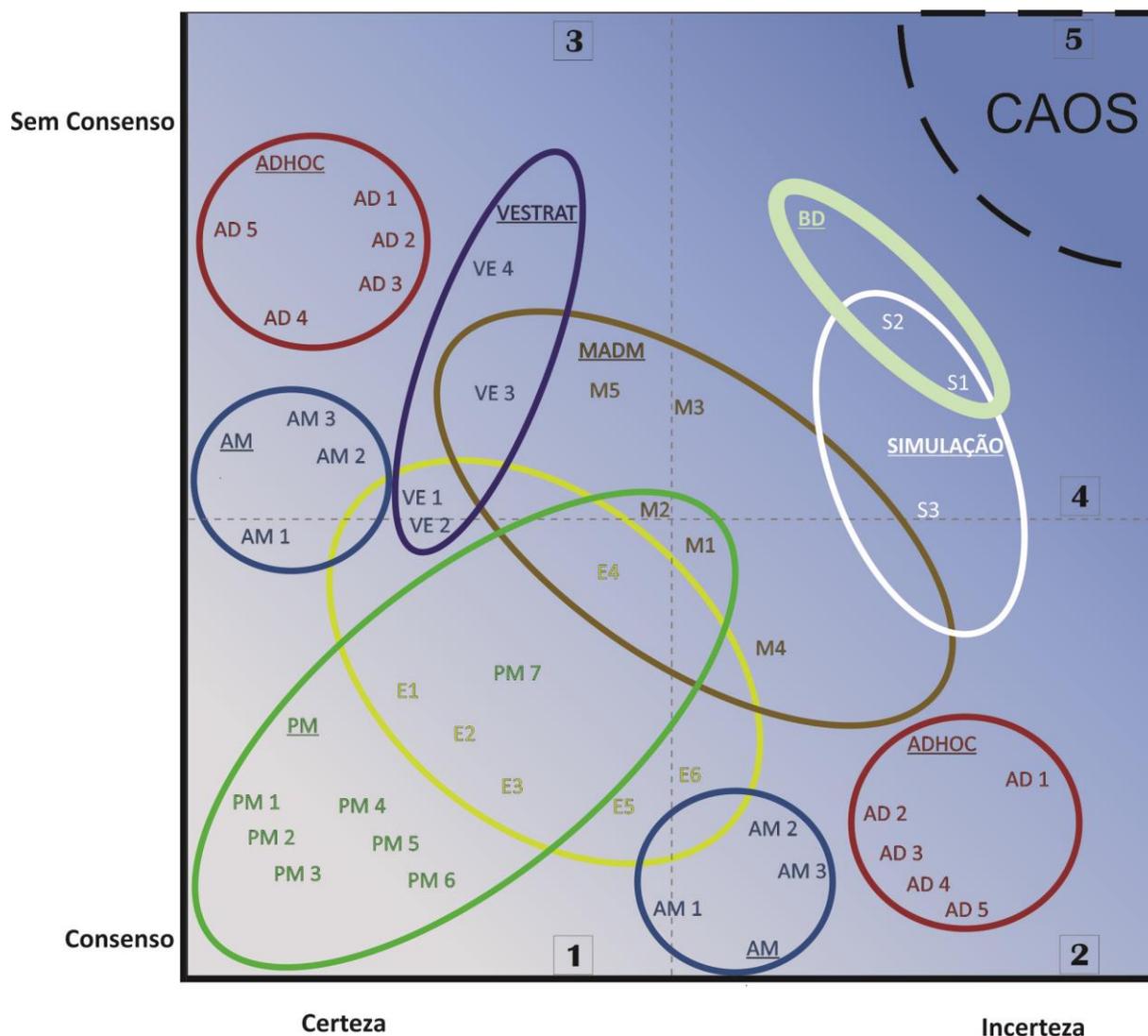


Figura 10: Ferramentas Big Data no esquema analítico discutido no Capítulo 2

Contudo, ao nosso ver, isto não implica na automatização do processo de seleção nem na redução das três dimensões de incerteza associadas à seleção de projetos de P, D&I. Nesse sentido, Alexander (2016) apresenta observações importantes sobre as formas em que a Big Data pode alavancar o desenvolvimento da próxima geração de indicadores em C, T&I. Sua visão é de que o impacto potencial do Big Data na gestão de P&D contém promessas e armadilhas. Dentre os elementos que apontam cautela ele destaca:

- Os perigos da exploração de conjuntos de dados que têm possíveis defeitos e vieses não reconhecidos pelos pesquisadores;
- As dificuldades na avaliação das técnicas e análises do Big Data, especialmente por critérios convencionais

- As complexidades envolvidas na explicação dessas técnicas e seu valor como evidência na avaliação de políticas para os decisores e para o público.

Na mesma linha de Hosni e Vulpiani (2017), esses três problemas - qualidade do conjunto de dados, viés de amostra e variância comportamental são contrários ao argumento de que problemas são mitigados, ou mesmo eliminados, usando conjuntos de dados maiores e maiores. Essas limitações revelam três pontos-chave que devem ser considerados ao implantar algoritmos de aprendizado de máquina para a análise de Big Data. Primeiro, pesquisadores e analistas devem ter uma compreensão básica dos mecanismos pelos quais os algoritmos de aprendizado de máquina processam dados e criam modelos. Segundo, usar esses algoritmos ingenuamente pode gerar descobertas que não são totalmente confiáveis ou replicáveis. Terceiro, existe uma estreita relação entre a natureza dos documentos que estão sendo analisados e a natureza dos tópicos produzidos pela modelagem de tópicos. Uma forte compreensão das características específicas do conjunto de documentos ajudará na interpretação dos resultados dos modelos gerados por máquina.

Alexander (2016) também explica que uma séria limitação identificada no desenvolvimento de indicadores para C, T&I baseados em Big Data advém da falta de definições formalizadas sobre termos importantes, por exemplo o conceito de tecnologia emergente. Como saberemos quando não se trata mais de uma tecnologia "emergente"? Segundo ele, não existe um limiar claro que marca esse limite destacando a importância do apropriado nível de análise. A ausência de um quadro rigoroso e formalizado compromete a análise de dados.

Seu ponto de vista é de que a interseção de três fenômenos poderia permitir novos avanços na medição e avaliação das atividades de C, T&I: 1- Registros administrativos e outros repositórios de documentos fornecem uma nova fonte de dados brutos para análise; 2- O aprendizado de máquina, tomado como avanços combinados em estatísticas e computação, pode processar informações textuais para auxiliar no resumo e na interpretação de grandes conjuntos de documentos. 3- Estudos de ciência e inovação (referentes ao corpo de trabalho sobre gestão da inovação, sociologia da ciência e domínios relacionados) oferecem um conjunto de teorias e descobertas existentes que fornecem novas proposições sobre como as atividades científicas e técnicas ocorrem e como a inovação se manifesta na economia e sociedade.

Sobre a relação da ciência social computacional com os profissionais envolvidos no desenvolvimento de indicadores de ciência e inovação o autor observa que o Big Data permite análises avançadas através de ferramentas com as quais podemos criar uma série ainda maior de indicadores. Contudo, há de se levar em conta que os indicadores visam avaliar e apoiar a tomada de decisões políticas. Aumentar a complexidade do pipeline de processamento para os indicadores pode torná-los mais precisos e granulares, mas com o custo de torná-los explicáveis e transparentes. Entregar os dados e os indicadores adequados para os tipos de decisões que precisam ser feitas ainda requer mais julgamento e compreensão sobre o processo de tomada de decisão, em vez de computação adicional.

Sua visão é de que a modelagem explicativa e a modelagem preditiva devem ser vistas como uma empreitada única. Isso destaca o papel-chave da teoria e dos testes no desenvolvimento de indicadores computacionais.

Capítulo 4. Estudo de caso Setor Elétrico Brasileiro: O projeto PA040

Neste capítulo, iremos apresentar um estudo de caso com base na abordagem proposta na tese. O projeto PA040 “Alavancagem da inovação da CPFL no contexto do setor elétrico brasileiro” tinha como objetivo desenvolver uma metodologia de seleção e priorização de projetos de P&D da concessionária de energia Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL. O projeto foi conduzido pelo Grupo de Pesquisa sobre a Organização da Pesquisa e Inovação – GEOPi –, com a participação do autor desta tese entre os anos de 2011 e 2015.

Desde já, vale ressaltar que o capítulo não tem como objetivo exaurir o tema da gestão das atividades de P, D&I no setor elétrico brasileiro. Este caso servirá de base para realizarmos uma análise descritiva do sistema de apoio à decisão desenvolvido tendo como base a abordagem sugerida neste trabalho. Além disso, discutir como o Big Data pode vir a influenciar estes sistemas no futuro.

O capítulo está subdividido em quatro seções. A primeira, tendo como base aspectos conclusivos discutidos nos três capítulos anteriores, pontua os principais elementos que definem nossa visão para lidar com o problema da seleção de projetos de P&D e apresenta um protocolo que resume nossa abordagem; já o segundo item discute as especificidades do processo de seleção de projetos no setor elétrico brasileiro (SEB) e analisa as principais fontes de incerteza no setor. O terceiro item apresenta a metodologia desenvolvida e classifica os indicadores da ferramenta de acordo com as categorias de incerteza adotadas na tese. Por fim, o último item discute em que medida as ferramentas Big Data poderiam influenciar a percepção sobre estes indicadores.

4.1. Aspectos conclusivos que definem nosso enfoque frente ao problema da seleção de projetos de P, D&I

Antes de iniciarmos este quarto capítulo iremos recuperar aspectos conclusivos discutidos até aqui no intuito de destacar os principais elementos que definem nossa visão sobre o tema da seleção de projetos de P, D&I. No decorrer do capítulo, usaremos o protocolo sugerido aqui para realizar uma análise descritiva da ferramenta PA040, este protocolo também poderá ser usado de forma prescritiva para outras iniciativas futuras voltadas ao desenvolvimento de abordagens de seleção de projetos.

Como ponto de partida deste trabalho, argumentamos que a busca pela inovação é a busca pelo incerto e o jogo contrafactual preditivo é fundamental neste processo, independente da realização ou não de suas previsões. Na prática, isso implica refletir sobre os objetivos relacionados ao desenvolvimento de uma abordagem de seleção e as expectativas a eles atribuída. Os objetivos podem derivar de diferentes racionalidades, como por exemplo: a exploração de novos mercados através de inovações disruptivas, aumentos de ganho incrementais, cumprimento da regulação, ou então, selecionar projetos para receber financiamento público ou privado. Assim, num primeiro momento, a descrição dos objetivos e expectativas é fundamental.

Sob uma ótica metodológica é interessante notar que, em relação ao tema do apoio à decisão em P, D&I, diferentes campos do conhecimento trazem contribuições importantes, contudo, conceitos como intuição, imaginação e incerteza podem apresentar significados variados de acordo com o contexto ou disciplina. Um passo importante junto a análise dos objetivos é delimitar vocabulário preciso de acordo com as expectativas sobre a P&D uma vez que os entendimentos adotados tem influência sobre os modelos propostos e sua validade preditiva.

Neste sentido, sugerimos categorias de incerteza que podem ser utilizadas para classificar indicadores:

- 1-Incerteza Fundamental/Verdadeira: por definição, caracterizada pela ausência de conhecimento confiável sobre todos os aspectos do resultado de qualquer decisão.

- 2-Incerteza Epistemológica/procedural: que deriva de lacunas no conhecimento que podem ser alcançadas pela investigação ou pelo tempo.
- 3- Dimensão subjetiva que se refere à percepção da incerteza sobre o possível resultado de algum curso de ação a nível individual, especificamente, a forma como a incerteza influencia o comportamento e a como o contexto social molda a percepção e a experiência da incerteza sob a ótica cognitiva e emocional. Além disso, os impactos da percepção subjetiva da incerteza especificamente nos contextos onde há ausência de informação ou onde a qualidade da informação é ruim e a decisão deve se basear apenas na intuição estando suscetível a heurísticas e vieses.

Nosso ponto de vista é de que estas três dimensões da incerteza coabitam a realidade social, por vezes se sobrepondo ou então de forma associada. Nossa sugestão prática é de que na medida do possível, indicadores sejam classificados levando em conta essas dimensões.

Sob uma perspectiva teórica admitir a exposição a estas condições apontam para a relevância de se investigar como os indivíduos se comportam sob incerteza e delimitar um modelo teórico do funcionamento cognitivo mental apropriado para embasar a análise preditiva em C, T&I. Para tanto, foi sugerido que elementos importantes sobre o funcionamento mental individual com vistas a alcançar a inovação podem ser observados na conjugação do trabalho de diferentes autores. Em essência, a compreensão do papel da imaginação na construção de conjecturas possíveis, conforme defendido por George Shackle, os vieses nas decisões intuitivas destacados por Kahneman e Tversky e as características e impactos do comportamento empreendedor apresentadas por Schumpeter. Na prática, adotar um modelo cognitivo permite orientar a busca por informação relevante e refletir sobre a exposição a vieses durante o processo decisório.

Porém, vale destacar que nosso ponto de vista não defende que o processo de seleção de projetos esteja imerso numa condição de ignorância total, pelo contrário, argumentamos que, quando o pano de fundo é o sistema complexo adaptativo socioeconômico, há sim elementos para análises preditivas parciais. A literatura evolucionista aponta para diversos pontos, como as rotinas estabelecidas, a estrutura institucional, e os processos dependentes do caminho. Todos estes

elementos são importantes e devem, na medida do possível, ser captados por abordagens de seleção de projetos através dos indicadores. Mais do que isso, se possível, deveriam ser monitorados uma vez que a investigação e o tempo podem alterar o conteúdo e sua percepção por parte dos decisores. Neste sentido, a abordagem de sistemas de inovação setoriais (MALERBA, 2002) é uma importante referência analítica pois proporciona uma visão multidimensional dinâmica de um determinado setor industrial pressupondo que cada setor possui uma base de conhecimentos, tecnologias, insumos e demandas específicas. Os agentes são organizações em diferentes níveis que interagem através de processos de comunicação, intercâmbio, cooperação, concorrência e comando. Tais interações são moldadas por instituições, que se transformam através de um processo de coevolução de seus vários elementos.

Contudo, quais são as abordagens disponíveis para seleção de projetos e como eles podem ser organizadas ou associadas para captar essa dinâmica (supostamente da melhor forma possível)? Como estas abordagens se relacionam com os conceitos que compõem o comportamento preditivo? Utilizamos a matriz de Stacey no intuito de representar um espectro de possibilidades fundada na percepção de que a realidade social é composta tanto por eventos sujeitos a incerteza epistemológica procedural como pela incerteza verdadeira/fundamental. Ela permite analisar os grupos de abordagens refletindo sobre os níveis de consenso e incerteza que eles terão que lidar. Além disso, permite reflexões sobre uma ótica cognitiva sobre quais processos mentais (Sistema 1 e 2) se sobressaem dadas as especificidades de cada quadrante da matriz.

Evidentemente, há abordagens e métodos mais ou menos adequados a determinadas situações e como comentado, o esquema analítico proposto não é categórico. O ponto a ser ressaltado é o conhecimento e o controle de variáveis envolvidas nas situações decisórias. Por outro lado, vale destacar que não há um método ótimo para a seleção de projetos de P, D&I, precisamente porque cada um deles tem vantagens e desvantagens em termos dos requisitos necessários e dos resultados que produzem, sendo adequados para um determinado contexto de aplicação. Assim, deve-se buscar combinações de abordagens e métodos, neste sentido, ganha protagonismo o grupo de métodos multicritério uma vez que esta classe não apresenta resultados deterministas; são capazes de lidar com informações objetivas e subjetivas e se associam facilmente a outros métodos.

Assim, nosso protocolo frente ao problema da escolha ou desenvolvimento de abordagens de seleção de projetos de P, D&I pode ser resumido em cinco etapas:

1. Definição do objetivo da construção (Ex: Aumento de ganhos incrementalmente? Novos mercados? Cumprir legislação?).
2. Identificar e caracterizar quais condições de incerteza estão mais fortemente associadas aos objetos da P, D&I.
3. Identificar na matriz de Stacey opções metodológicas refletindo sobre as especificidades da seleção, os níveis de consenso e incerteza que as abordagens terão que lidar.
4. Desenvolver e classificar indicadores capazes de representar as diferentes condições de incerteza e sua possível transmutabilidade no tempo.
5. Refletir sobre a qualidade dos dados e a exposição a vieses durante o processo de seleção.

Contudo, quais são as possibilidades que emergem através do Big Data e como ele se relaciona na prática com o comportamento preditivo? Quais elementos devem, ser levados em conta para apoiar à decisão em P, D&I?

Logo de início destacamos o desafio que se apresenta na definição de um conceito conciliador sobre o Big Data e como alguns autores sugerem conceitos para dimensões distintas, por exemplo: perspectiva orientada a produtos, perspectiva orientada para o processo, perspectiva baseada na cognição e perspectiva do movimento social (WANG *et al.*, 2016). Ou então, que o termo seja relacionado à dimensão dos dados e suas características (YLIOJOKI e PORRAS, 2016).

Não há dúvida sobre quão importante é a revolução com base no Big Data, devido às novas oportunidades que se abrem em diferentes campos. No que se refere as abordagens de seleção de projetos, aspectos considerados determinantes podem ser reforçados com o uso do Big Data, como foi discutido no último capítulo. No entanto, existem problemas sérios que a abordagem indutivista da previsão deve enfrentar. A ideia, segundo a qual as previsões confiáveis podem ser obtidas apenas com base no conhecimento do passado, enfrenta problemas insuperáveis mesmo na modelagem mais idealizada e controlada. Além disso, o

protagonismo e características do processo de modelagem realizado por um especialista não pode ser suprimido: não apenas conjuntos de dados maiores, mas também a falta de um nível apropriado de descrição podem tornar previsões praticamente impossíveis. Abordagem dependente do contexto entre modelos e análises quantitativas se destaca como a melhor estratégia preditiva.

Sob uma ótica cognitiva, a questão de como os indivíduos integram Big Data em suas decisões é complexa e ao nosso ver se configura como uma fonte de incerteza permanente; em essência, mesmo que o Big Data possibilite analisar e obter insights de grandes volumes de dados, ainda cabe ao indivíduo transformar a informação em decisão. Uma questão permanente recai sobre a veracidade dos dados e a possibilidade destes representarem de fato o comportamento que ocorre fora do ambiente virtual. Outro aspecto importante é a relutância de diversos tipos de profissionais de se apropriarem das informações analíticas, seja pelo viés de superconfiança na intuição ou pelas situações contextuais organizacionais que influenciam o uso da informação. Devido a estes elementos cabe certa prudência quando o tema é seu uso para o apoio à decisão em P, D&I. Assim, frente a possibilidade de adoção de indicadores baseados em Big Data destacamos seis pontos que ao nosso ver devem pautar sua utilização:

- 1- Pesquisadores e analistas devem ter uma compreensão básica dos mecanismos pelos quais os algoritmos de aprendizado de máquina processam dados e criam modelos.
- 2- Devido ao caráter individual a modelagem e especificação do nível apropriado de descrição e análise são uma fonte de incerteza permanente.
- 3- A complexidade na explicação das técnicas influencia seu valor como evidência na avaliação da P, D&I para os decisores e para o público.
- 4- Previsibilidade nos sistemas tecnossociais inevitavelmente acarretam à mudança de comportamento.
- 5- Compromisso dependente do contexto entre modelos e análises quantitativas se destaca como a melhor estratégia preditiva para gerenciar a incerteza epistemológica procedural.
- 6- Mesmo sob a luz do Big Data diferentes condições de incerteza estão presentes.

Porém, vale ressaltar que ao nosso ver o desenvolvimento de indicadores com base no Big Data e as especificidades no seu uso e aplicação são temas proeminentes. Isto porque inescapavelmente técnicas com base em análise de dados estão ampliando o hall de possibilidades metodológicas para a priorização e seleção de projetos de P, D&I.

Uma vez tendo resumido os principais pontos que delimitam nossa visão para a construção de abordagens para seleção de projetos de P, D&I e as possibilidades que emergem com o Big Data iremos utilizar o protocolo descritivo sugerido neste item para analisar o caso de construção de um sistema de apoio à decisão para seleção de projetos no setor elétrico brasileiro.

4.2. Adequando abordagens de seleção a condições de incerteza específicas do setor elétrico brasileiro

Neste item, buscaremos apresentar o problema da seleção de projetos de P&D no setor elétrico brasileiro (SEB), discutindo as principais fontes de incerteza e as características que precisam ser levadas em conta na seleção e priorização dos projetos de P&D. Inicialmente, serão destacados elementos que caracterizam e influenciam o processo de inovação na indústria elétrica em geral e se configuram como fonte de incerteza verdadeira/fundamental. Em um segundo momento, serão discutidos os impactos da regulação das atividades de P&D no SEB, e como esta regulação condiciona a incerteza subjetiva a elementos que devem ser levados em consideração no desenvolvimento de abordagens para seleção de projetos de P&D.

Destacamos quatro características que influenciam as atividades de P&D na indústria elétrica: 1- A característica de dependência do caminho em diferentes grupos de tecnologias para o setor (*Path dependence*, DAVID, 1994); 2- A caracterização como um setor dominado pelo fornecedor (*Supplier dominated*, PAVITT, 1984); 3- Os condicionantes do meio ambiente; 4- A convergência tecnológica que se materializa nas redes inteligentes (*Smart grids*).

Diversos grupos de tecnologias voltadas à indústria elétrica apresentam a característica de dependência do caminho. Isto implica que tecnologias altamente difundidas dominam o desenvolvimento de novas tecnologias, pois o custo de mudança de paradigma tecnológico (DOSI, 1982) se mostra muito alto (FOXON,

2002). Isto ocorre não somente devido aos altos riscos financeiros relacionados ao desenvolvimento de novas tecnologias por parte de empreendedores, mas também devido ao risco em mudanças regulatórias/institucionais e à forte aversão a incerteza subjetiva por parte dos consumidores. Estes normalmente dão preferência ao uso de tecnologias bem difundidas, e tendem a evitar a migração para o uso de novas tecnologias porque frequentemente não sabem avaliar a eficiência da nova tecnologia em fase inicial de difusão, e não querem incorrer em possíveis custos maiores de consumo.

A caracterização como um setor dominado pelo fornecedor (PAVITT, 1984) se refere ao fato de que o desenvolvimento de novas tecnologias na área seja realizado majoritariamente por fornecedores de equipamentos. A relação entre os dois atores – concessionárias de energia e fornecedores de equipamentos elétricos – é próxima e constante, principalmente devido aos processos produtivos de ciclo longo com extensos períodos de fabricação e de instalação dos equipamentos nos empreendimentos. Esta característica do setor limita o desenvolvimento tecnológico a ser realizado por seus usuários, que recorrem mais a fontes externas de inovação do que à P&D realizada internamente.

Outra característica importante a ser observada é que a indústria elétrica vem passando por uma transformação impulsionada pelo aumento da preocupação com o meio ambiente. Devezas, LePoire, Matias e Silva (2008) abordam a questão destacando que a transformação dos sistemas energéticos é caracterizada principalmente pela substituição de combustíveis fósseis por fontes alternativas de energia. Segundo os autores, esta substituição vem sendo guiada principalmente por mecanismos de mercado e por políticas regulatórias governamentais, que atuam na oferta de recursos e assegurando demanda por novas tecnologias⁵. Dito de outra

⁵ No Brasil o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas - PROINFA é o principal incentivo às fontes alternativas renováveis; tem o objetivo de aumentar a participação destas fontes, assegurando a compra de energia advinda de pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa.

forma, tais políticas tem como objetivo atenuar a incerteza fundamental/verdadeira estimulando o processo de difusão de inovações tecnológicas.

Dentre as possibilidades advindas das redes inteligentes, podemos destacar o aumento da eficiência energética e a possibilidade de proporcionar ao usuário final maior participação no planejamento e operação do sistema através de novos produtos e serviços. Segundo Falcão (2010), a expressão “*Smart Grid*” deve ser entendida como um conceito, mais do que como uma tecnologia ou um equipamento específico. Baseia-se na utilização intensiva de tecnologia de automação, computação e comunicações na rede elétrica, as quais permitirão a implementação de estratégias de controle e a otimização da rede de forma mais eficiente que as atualmente em uso. Na visão de Pascalicchio (2011), o processo de revolução do setor elétrico poderia ser também contextualizado como um processo de evolução, ou então *path dependent*, uma vez que se trata da incorporação de uma série de conceitos do setor de telecomunicações, cada vez mais presentes na sociedade.

Dessa forma, os aspectos importantes a destacar são o aumento da participação do consumidor final no controle e no uso da energia, assim como a possibilidade de avaliar novas opções de suprimento, o que representa uma transição gradual no modelo de negócio das empresas de energia. No modelo tradicional, em que ocorre a garantia das condições de suprimento de energia, a atuação do usuário final é passiva, o que caracteriza um modelo de negócio baseado na oferta (*Supply-Side-Management*). Por outro lado, uma atuação ativa do usuário final caracteriza um modelo de negócio baseados na demanda (*Demand-Side-Management*). Esta mudança potencializa o desenvolvimento de novos ativos complementares por parte da empresa prestadora do serviço, como a criação de novos produtos e serviços que fazem parte de uma estratégia de diversificação e fidelização de clientes.

Como se pode ver nesta breve análise, são diversas as fontes de incerteza verdadeira/fundamental que se relacionam com o delineamento de estratégias de P, D&I. Contudo, dois elementos importantes podem apoiar o delineamento de estratégias, os processos de dependência do caminho que circunscrevem grupos de tecnologias para o setor, e as práticas institucionais estabilizadoras, que podem atuar para induzir ou dificultar as atividades de P, D&I.

Neste sentido, a regulação das atividades de P&D também exerce forte influência na construção de abordagens para seleção de projetos, como será discutido a seguir.

A regulação das atividades de P&D e sua influência na construção de abordagens de seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento

No caso do setor elétrico brasileiro, aspectos regulatórios também influenciam fortemente a dinâmica de inovação. O principal indutor das atividades de P&D é o Programa de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), promulgado no ano de 2000, que determina que as empresas concessionárias do serviço público de energia elétrica realizem investimentos mínimos em atividades de P&D – 1% da receita operacional líquida. Seu objetivo é engajar os agentes do setor em atividades P&D que lhes permitam enfrentar seus desafios tecnológicos e de mercado através da formação de uma rede de pesquisa envolvendo: i) as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia; ii) a indústria de máquinas e equipamentos elétricos; iii) as universidades e centros de pesquisa. A premissa do órgão regulador é a de que, por meio de um arranjo que estimule a capacitação tecnológica nacional voltada ao setor elétrico, podem-se advir ganhos para o usuário final, por meio de modicidade tarifária.

Desde o início do programa, diversos autores o avaliaram e destacaram razoável evolução caracterizada principalmente pela elevação do número de projetos e intensificação do relacionamento entre as concessionárias de energia, as universidades e os centros de pesquisa públicos e privados no planejamento e execução dos projetos (POMPERMAYER, 2011; IPEA, 2012). No entanto, as concessionárias, o setor elétrico como um todo e a própria ANEEL ainda carecem de amadurecimento. Essa carência decorre da dificuldade que ainda há em o setor compreender qual é o papel da inovação e suas atribuições estratégicas na busca por ganhos potenciais no contexto das empresas de energia.

Um dos principais indícios desta dificuldade é o baixo retorno em forma de novos produtos e serviços advindos da atividade de P&D; e, conseqüentemente, o relacionamento de baixa intensidade entre as concessionárias de energia e a indústria de máquinas e equipamentos elétricos no planejamento dos projetos. (POMPERMAYER, 2011). A análise qualitativa conduzida pelo IPEA (2012) concluiu que o programa foi capaz de incentivar a interação das concessionárias com as

instituições de pesquisa num modelo aberto de gestão da P&D. Contudo, a utilização de institutos de pesquisa e universidades ocorre de forma terceirizada, uma vez que estes atuam como laboratórios dos agentes concessionários. As empresas concessionárias apenas levantariam os problemas a serem resolvidos e acompanhariam os resultados dos projetos executados pelos parceiros do projeto. Nesse contexto, os processos organizacionais adotados pelas concessionárias visariam principalmente o levantamento de necessidades, captação de propostas, avaliação, seleção e priorização de projetos, aprovação na ANEEL e acompanhamento da execução e da avaliação dos resultados.

Os investimentos realizados são avaliados criteriosamente pela agência reguladora, de acordo com o manual de P&D (ANEEL, 2008), e passíveis de punição através do não reconhecimento do investimento em P&D. Este elemento representa a principal fonte de incerteza em relação ao tema da gestão da P&D no SEB. O que resulta, essencialmente, em uma incerteza de caráter subjetivo sobre o resultado da avaliação de cada projeto pela agência reguladora.

Além disso, é importante destacar que, em essência, a regulação econômica tarifária à qual as concessionárias de energia estão submetidas no SEB também impacta substancialmente a demanda por projetos de P&D relacionados a tecnologias redutoras de custos. Isto porque o processo de revisão tarifária tem como objetivo “devolver” ao consumidor final possíveis ganhos de eficiência através da modicidade tarifária. Este processo obedece uma periodicidade que pode variar dependendo do contrato de concessão – de quatro em quatro anos ou de cinco em cinco – e compreende duas etapas: o reposicionamento tarifário (RT) e a determinação do Fator X. O reposicionamento tarifário estabelece o nível de custos operacionais eficientes e a justa remuneração do capital investido. O Fator X representa o mecanismo de repasse dos ganhos de produtividade e a eficiência das distribuidoras aos consumidores através de uma redução no índice de reajuste das tarifas, característica usual da regulação por incentivos do tipo “Price-cap”.

No Brasil, o segmento de distribuição de energia elétrica é regulado pelo tipo “*Price Cap with cost pass through*”, em que os custos que estão fora do controle da concessionária são repassados na tarifa anualmente entre os períodos de revisão tarifária. Os custos das concessionárias são divididos em dois grupos: o primeiro, denominado “parcela A”, representa os custos não gerenciáveis, como a compra de energia, custos de transmissão e encargos tarifários, e é repassada diretamente aos

consumidores; a “parcela B” representa os custos gerenciáveis da concessionária, custos operacionais, depreciação e remuneração do capital. Já no segmento de transmissão de energia elétrica, tem-se um esquema de “*Revenue Cap*”, em que são limitadas as receitas totais das empresas.

Ambas as regulações impõem restrições ao papel estratégico da P&D no desenvolvimento de tecnologias redutoras de custos, uma vez que possíveis ganhos de eficiência são absorvidos no processo de revisão tarifária, no intuito de proporcionar modicidade tarifária ao usuário final. Em essência, o incentivo à inovação é dúbio no sentido que ignora o papel estratégico dos projetos de P&D na busca pelo aumento de produtividade, o que reforça ainda mais o sentido de obrigação da execução das atividades de P&D. Na prática, a certeza da impossibilidade de obter ganhos estratégicos advindos da P&D influencia e delimita os objetivos da construção de abordagens de seleção de projetos de P, D&I.

Para Boer *et al.* (2014), a questão central sobre o programa de P&D da ANEEL reside em sua lógica punitiva. Estes autores avaliaram a evolução dos modelos de gestão de sete empresas do setor no período de 2011 e 2012, com foco nos impactos da regulação da P&D. Destaca que o arranjo regulatório e as ferramentas de estímulo à P&D no setor elétrico brasileiro têm influenciado de forma contraditória as empresas do setor. A lógica punitiva do órgão regulador tem resultado no desenvolvimento de uma gestão minimalista das atividades de P, D&I. O objetivo principal das empresas concessionárias neste contexto é cumprir com suas obrigações regulatórias, havendo dificuldade de identificar oportunidades e inserir a P, D&I como ativo estratégico para desenvolver vantagens competitivas.

Em essência, a principal preocupação dos gestores reside em selecionar os melhores projetos de acordo com os critérios da agência reguladora, o que aumenta o protagonismo da avaliação *ex ante* das propostas, assim como evitar o não reconhecimento dos investimentos em P&D, cumprindo criteriosamente todos os elementos considerados críticos. Por fim, evitar ao máximo o desperdício de recursos, que, ao contrário do que ocorre em outras empresas, em que este valor é relativo e deve ser definido através de consenso entre os gestores, no setor elétrico é predefinido: 1% da receita operacional líquida do ano anterior.

Na prática, essas características implicam em desenvolver uma abordagem para seleção de projetos de P&D que seja capaz de: 1- Realizar uma avaliação *ex ante* das propostas de projeto de P&D; 2- Lidar com a restrição de

recursos de forma periódica para composição do portfólio de projetos (anualmente); 3- Gerenciar os diferentes critérios estabelecidos pela agência reguladora; 4- Associar estes critérios aos diferentes objetivos organizacionais da concessionária através da percepção dos gestores sobre os projetos de P&D; 5- Ranquear as melhores propostas de projetos. Metodologicamente, isso implica na adoção de abordagens que permitam lidar com a restrição de recursos de forma objetiva, e que também permitam análises qualitativas por parte dos gestores para realizar o alinhamento dos objetivos da agência reguladora com os objetivos estratégicos da concessionária.

Assim, a principal relevância de um sistema de seleção de propostas de projetos de P&D no SEB é sua capacidade de consolidar um processo de avaliação *ex ante* capaz de nortear investimentos e, ao mesmo tempo, colaborar para reduzir a incerteza subjetiva relativa à realidade regulatória do setor.

4.3. Estrutura funcional do sistema de apoio à decisão para seleção de projetos de P, D&I

Abordagens conjugadas

Uma vez apresentados os principais elementos que influenciam as atividades de P&D no setor elétrico e discutido o impacto da incerteza subjetiva de origem regulatória sobre a gestão das atividades de P, D&I, iremos apresentar as principais abordagens que foram utilizadas no sistema de apoio à decisão desenvolvido, tendo como ponto de partida as diretrizes discutidas acima.

O sistema de seleção de projetos desenvolvido no projeto PA040 é embasado em uma metodologia de seleção, que envolve o uso de algoritmos de otimização para avaliação *ex ante* das propostas de projetos de P, D&I. A ferramenta não leva em conta apenas os aspectos econômicos ou de excelência científica, mas é um instrumento de orientação com base nas percepções e expectativas dos gestores acerca dos possíveis resultados e impactos dos projetos de P&D. Desta forma, a ferramenta serve para o Grupo CPFL Energia – em termos de orientação e simulação estratégica – mas também ao setor e ao órgão regulador.

A abordagem preparada, combina métodos de programação matemática (programação inteira) – com métodos multicritério de apoio à decisão (outranking-Promethee). A Figura 13 e Quadro 12 apresenta o posicionamento da metodologia desenvolvida no esquema analítico discutido no Capítulo 2.

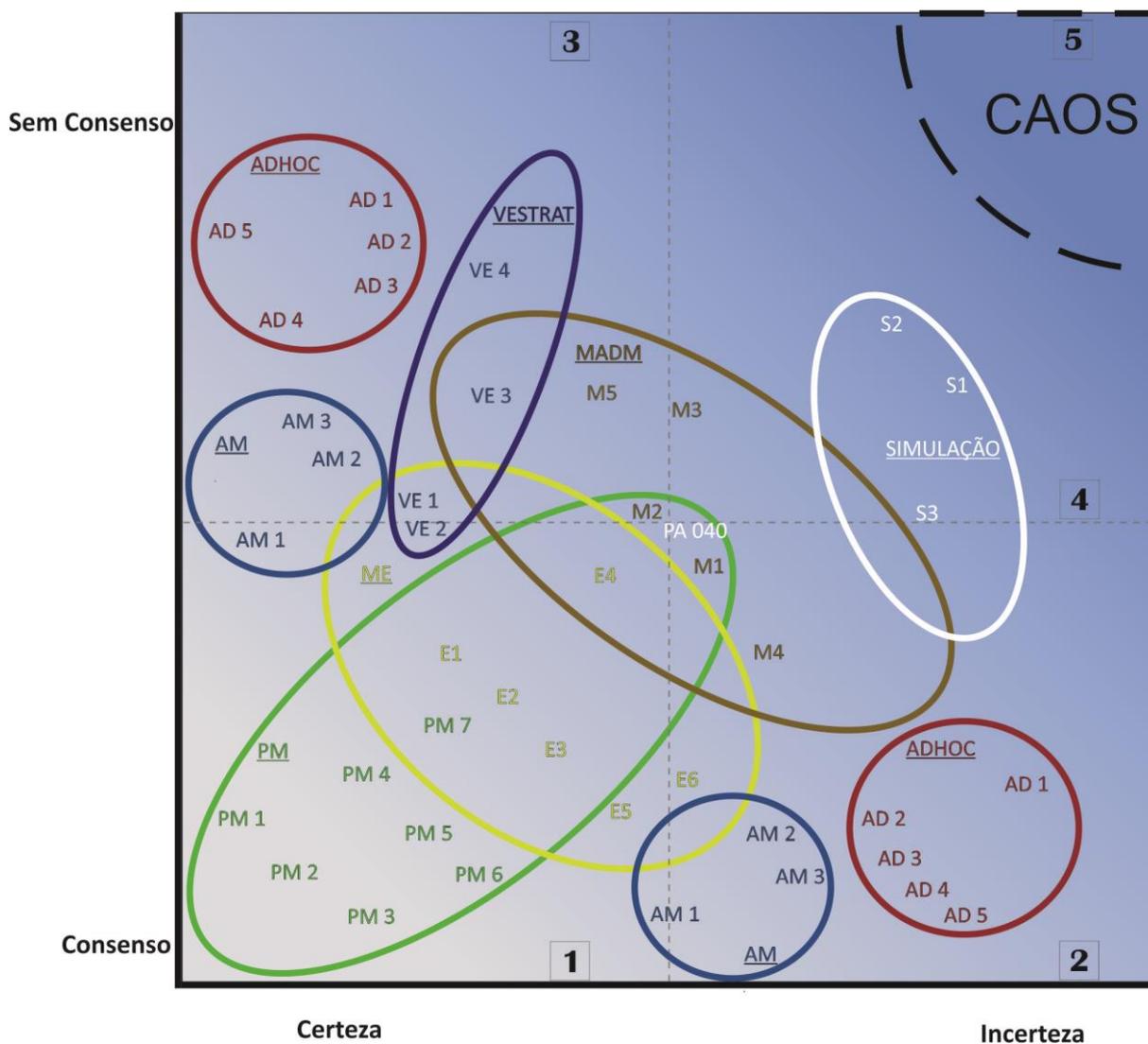


Figura 11: Posicionamento da abordagem de seleção desenvolvida no Diagrama de Stacey

| 5- Programação Matemática | | 8- Métodos Econômicos | | 9- Aprendizado de Máquina | |
|------------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| PM1 | Inteira | E1 | TIR | AM1 | Abordagens estatísticas |
| PM2 | Linear | E2 | VPL | AM2 | Sistemas especialistas |
| PM3 | Objetiva | E3 | FDC | AM3 | Conjuntos Fuzzy |
| PM4 | Não Linear | E4 | Custo/benefício | | |
| PM5 | Dinâmica | E5 | Opções reais | | |
| PM6 | Estocástica | E6 | T. Jogos | | |
| PM7 | DEA | | | | |
| 10- Modelos ADHOC | | 11- Análise da decisão Multicritério | | 12- Simulação | |
| AD1 | Rev pares | M1 | MAUT | S1 | Monte Carlo |
| AD2 | Delphi | M2 | AHP | S2 | Dinâmica de sistemas |
| AD3 | QSort | M3 | ANP | S3 | Modelos Heurísticos |
| AD4 | Grupo Nominal | M4 | Sobre classificação | | |
| AD5 | Scoring | M5 | Árvore de decisão | | |
| 13- Visualização estratégica | | | | | |
| VE1 | Pipeline | | | | |
| VE2 | Criação de valor | | | | |
| VE3 | BSC | | | | |
| VE4 | Matriz BCG | | | | |

Quadro 12 - Legenda Abordagens de Seleção de projetos de P, D&I

A utilização de métodos multicritério possibilita considerar as características qualitativas da dinâmica de inovação do setor e dos aspectos regulatórios que regem as atividades de P, D&I. A programação matemática elaborada para o problema de otimização permite incorporar padrões de restrição organizacionais objetivas ao método multicritério Promethee, que realiza o ranqueamento das propostas de projetos de P&D⁶.

As restrições se baseiam em dados quantitativos, como restrição de recursos financeiros e de recursos humanos, restrições em relação à composição do portfólio, como o percentual de projetos por fase da cadeia, percentual de distribuição por tema estratégico da CPFL ou, então, por tipo de resultado esperado. O programa também define as características de cada fase da cadeia de inovação – limite de projetos de pesquisa básica, aplicada e de desenvolvimento experimental.

O desenvolvimento dos critérios e indicadores teve como ponto de partida o referencial teórico dos sistemas setoriais de inovação (SSI) (MALERBA, 2002).

⁶ Estas possibilidades são discutidas detalhadamente em Bin *et al.* (2014).

Esta abordagem busca identificar e representar os elementos da complexa rede de informações e agentes que co evoluem e influenciam as atividades de P, D&I em um determinado setor. Assim, buscou-se delimitar as dimensões de análise para a avaliação de propostas de projetos de P&D e, a partir delas, os indicadores a serem empregados no processo de avaliação. Como resultado do estudo setorial, foram propostas as seguintes dimensões de avaliação: 1- Mercado; 2- Aquisição de Competências; 3- Interações e Parcerias, 4- Regulação; 5- Tecnologia. Com base no método de decomposição, tais dimensões foram organizadas em termos, temas e indicadores⁷ (Figura 14).

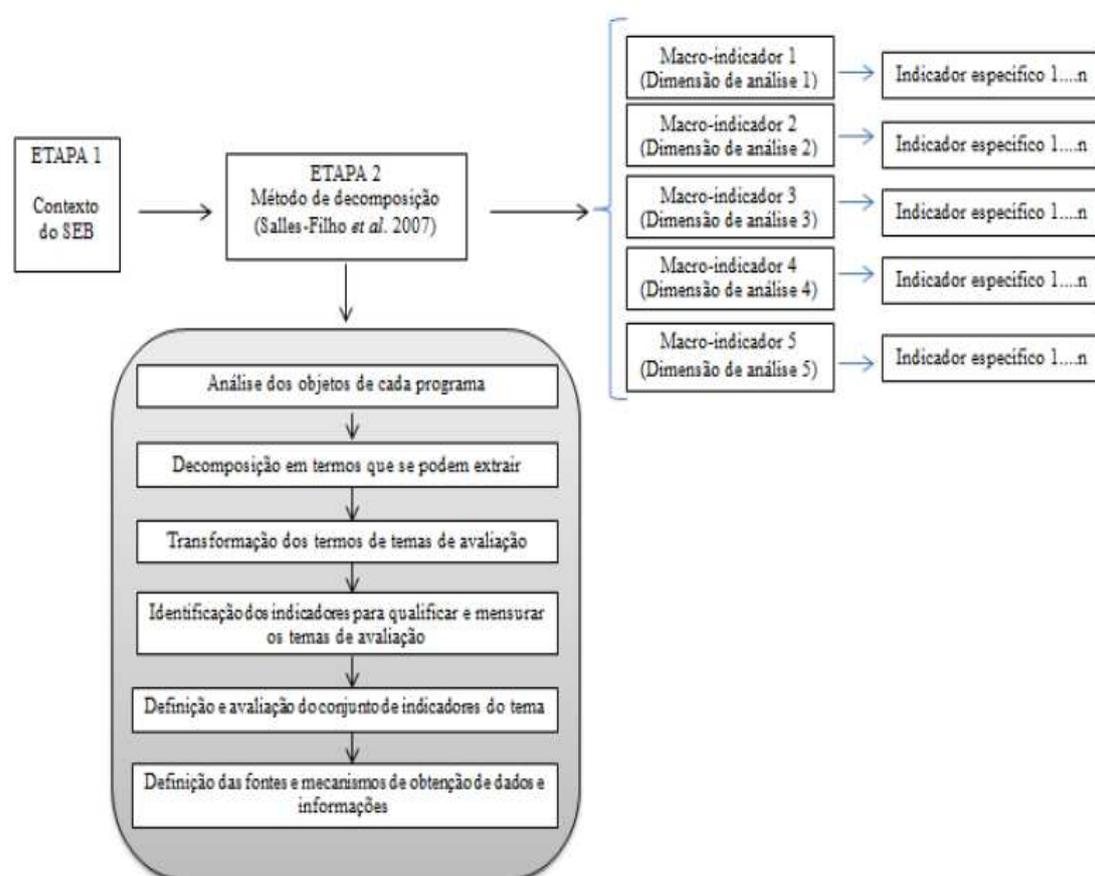


Figura 12: Método de decomposição (SALLES-FILHO *et al.* 2007)

É justamente a partir dos indicadores (37 no total) que a ferramenta busca captar as percepções dos gestores da CPFL sobre as propostas de projetos de P&D a serem priorizadas. Sob uma perspectiva *ex-ante*, é através da expectativa sobre

⁷ Apresentados em Massaguer *et al.*, (2013).

os indicadores que os gestores se relacionam com as diferentes condições de incerteza sobre o projeto. Levando-se em consideração o tempo e a investigação, sob uma perspectiva *ex-post*, expectativas sobre estes indicadores poderiam ser comprovadas ou refutadas. Assim, no próximo item, iremos apresentar os indicadores de avaliação empregados na ferramenta PA040 sugerindo uma classificação inicial com base nas três categorias de incerteza adotadas.

Dimensões e indicadores de avaliação

Neste item iremos apresentar os principais indicadores adotados na ferramenta desenvolvida para avaliar propostas de projetos de P, D&I que direcionam o julgamento dos avaliadores. Os indicadores que foram utilizados na ferramenta serão classificados com base nas três categorias de incerteza adotadas (fundamental/verdadeira, epistemológica/procedural e substantiva) e também iremos identificar indicadores que se referem a caracterização do projeto e não contém expectativas futuras. Para cada indicador buscaremos justificar de forma breve a classificação sugerida, contudo, vale ressaltar que não se trata de uma classificação categórica visto que conforme discutido, as condições de incerteza podem se sobrepor, complementar e alterar com o passar do tempo.

1- Dimensão Mercado

Esta dimensão de análise leva em conta três elementos: 1- O processo de liberalização da economia brasileira pós-crise financeira do Estado e seus reflexos sobre a reestruturação do setor após sua desverticalização nos segmentos de geração, transmissão e distribuição; 2- As reformas implementadas a partir de 2004, que configuraram um mecanismo híbrido de mercado composto de dois ambientes de contratação de energia: um regulado (ACR) e um livre (ACL), visto que isto proporciona maior grau de liberdade para os grandes consumidores – livres e especiais –, possibilitando novos padrões de concorrência; 3- As influências da convergência digital e seus impactos no desenvolvimento de novos produtos e serviços e nos padrões de concorrência e é representada por três temas: Rentabilidade, Novos negócios e Concorrência, e as escalas semânticas de respostas são de cinco pontos: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (Tabela 3).

| Tema | Indicador | Pergunta | Dimensão de incerteza e justificativa |
|---------------------------------------|---|--|--|
| Aspectos relacionados à rentabilidade | Redução de custos | Qual é o possível impacto do projeto sobre os custos operacionais da empresa? | <i>Epistemologica/procedural – Este valor pode ser isolado num determinado momento futuro</i> |
| | Aumento da Produtividade | Qual é o possível impacto do projeto sobre a proporção de energia produzida (MWh) por trabalhador? | <i>Fundamental/Verdadeira – Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| | | Qual é o possível impacto do projeto sobre a proporção de consumidores atendidos por trabalhador? | <i>Fundamental/Verdadeira – Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| | Aumento das margens de Lucro | Qual é o possível impacto do projeto sobre os custos da produção energética? | <i>Fundamental/Verdadeira – Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| | | Qual é o possível impacto do projeto sobre a apropriação de ganhos de eficiência até o próximo ciclo de revisão tarifária? | <i>Fundamental/Verdadeira – Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| Novos negócios | Diversificação de produto para novos mercados | Qual é o possível impacto do projeto sobre a composição do faturamento da CPFL em novos produtos para novos mercados? | <i>Epistemologica/procedural - Este valor pode ser isolado num determinado momento futuro</i> |
| | | Qual é o possível impacto do projeto sobre a proporção de faturamento da CPFL em novas modalidades de serviços? | <i>Epistemologica/procedural - Este valor pode ser isolado num determinado momento futuro</i> |
| | Diferenciação do produto e dos serviços de fornecimento de energia elétrica | Qual é o possível impacto do projeto sobre a proporção de faturamento de acordo com as diferentes fontes energéticas exploradas pela CPFL? | <i>Fundamental/Verdadeira– Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| Concorrência | Fortalecimento da marca CPFL | Qual é o possível impacto do projeto sobre a qualidade da prestação do serviço (DEC e FEC)? | <i>Fundamental/Verdadeira– Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| | | Qual é o possível impacto do projeto sobre a percepção do mercado sobre a CPFL e consequentemente sobre o valor de suas ações no mercado? | <i>Fundamental/Verdadeira– Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| | Receita advinda do ACL | Qual é o possível impacto do projeto sobre a participação da CPFL no mercado de energia no ACL? | <i>Fundamental/Verdadeira – Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |
| | | Qual é o possível impacto do projeto sobre a receita advinda da comercialização de energia no ACL? | <i>Fundamental/Verdadeira– Alta complexidade para isolar este valor num determinado momento futuro.</i> |

Tabela 3: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Mercado

2- Dimensão *Aquisição de Competências*

Aquisição de competências é uma dimensão relacionada à estrutura da cadeia de valor da indústria de energia elétrica, um setor que é fortemente caracterizado como “dominado por fornecedores”. Esta dimensão é um ativo importante no nível da empresa, pois possibilita uma evolução no seu nível de aprendizado, não somente tecnológico como também organizacional. É representado em 5 temas: 1- Originalidade do conhecimento científico tecnológico; 2- Localidade geográfica do conhecimento científico-tecnológico necessário; 3- Disponibilidade do conhecimento científico-tecnológico externo necessário; 4- Linearidade dos projetos de P&D; 5- Alavancagem de recursos financeiros (Tabela 4).

| Tema | Indicador | Pergunta | Dimensão de incerteza e justificativa |
|---|--|---|---|
| Originalidade do conhecimento científico-tecnológico | Grau de novidade do conhecimento científico-tecnológico | Qual é o grau de originalidade dos resultados do projeto em relação à CPFL e ao setor elétrico? | <i>Epistemologica/procedural - Pode ser isolado num determinado momento futuro</i> |
| Localidade geográfica do conhecimento científico-tecnológico necessário | Localização do conhecimento científico-tecnológico | Onde está localizado o conhecimento científico e tecnológico necessário para a execução do projeto? | Caracterização do projeto |
| Disponibilidade do conhecimento científico-tecnológico externo necessário | Acessibilidade ao conhecimento científico-tecnológico externo | Qual é o grau de acessibilidade do conhecimento científico-tecnológico necessário para a execução do projeto de P&D proposto? | Caracterização do projeto |
| Linearidade dos projetos de P&D | Alinhamento do projeto a projetos e linhas de pesquisa prévias | Em que grau de intensidade este projeto alinha-se a outros temas de pesquisa prévios da CPFL? | <i>Subjetiva – Percepção não quantificável objetivamente</i> |
| | Alinhamento do projeto com os objetivos estratégicos da CPFL | Em que grau de intensidade este projeto alinha-se a diferentes temas estratégicos da CPFL? | <i>Subjetiva – Percepção não quantificável objetivamente</i> |
| Alavancagem de recursos financeiros | Viabilidade de financiamento do projeto com recursos externos (P&D ANEEL, BNDES, FINEP etc.) | Quais são as possibilidades de financiamento do projeto de P&D através de recursos internos? | <i>Epistemologica/procedural – No término do projeto as possibilidades serão comprovadas ou refutadas</i> |
| | | Quais são as possibilidades de financiamento do projeto de P&D através de recursos externos? | <i>Epistemologica/procedural – No término do projeto as possibilidades serão comprovadas ou refutadas</i> |

Tabela 4: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Aquisição de Competências

3- Dimensão *Interações e Parcerias*

Esta dimensão busca analisar os principais componentes do sistema de inovação em escalas públicas e privadas, em organizações não-governamentais e em firmas, tais como governos, universidades e institutos de pesquisa (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 1992). A caracterização de seus atores e o entendimento das inter-relações estabelecidas entre eles possibilitam gerenciar incertezas de natureza epistemológica procedural uma vez que esclarecem quais atores estão envolvidos nas diversas atividades do setor, tanto na cadeia produtiva, como na cadeia inovativa – relações estas que são de alta importância para o aprendizado por interações (LUNDVALL, 1992), e que constituem o caráter sistêmico das atividades inovativas desempenhadas no SEB. Esta dimensão é dividida em dois temas: 1- Autonomia para a geração do conhecimento científico e tecnológico; 2- Dificuldades/ Motivações para a interação (Tabela 5).

| Tema | Indicador | Pergunta | Dimensão de incerteza |
|---|---|--|--|
| Autonomia para a geração do conhecimento científico e tecnológico | Dependência/necessidade de conhecimento de agentes externos para execução do projeto | Qual é o grau de dependência de parceiros para a execução do projeto? | <i>Subjetiva – Percepção não quantificável objetivamente</i> |
| | | Em quantas das quatro categorias propostas existe esta dependência? - Compartilhamento de atividades - Compartilhamento de conhecimento - Compartilhamento de profissionais - Compartilhamento de infraestrutura | <i>Epistemologica/procedural – No término do projeto os possíveis compartilhamentos serão comprovados ou refutados</i> |
| Dificuldades/Motivações para a interação | Custos de transação envolvidos para a realização de parceria para execução do projeto | Qual é a disponibilidade de parceiros para acessar o conhecimento necessário para a execução do projeto? | <i>Subjetiva – Percepção não quantificável objetivamente</i> |
| | | Quantos parceiros estão previstos para serem envolvidos no projeto? | <i>Epistemologica/procedural – Poderá ser comprovado ou refutado no término do projeto</i> |

Tabela 5: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão, Interações e Parcerias

4- Dimensão Regulação

O setor elétrico brasileiro apresenta grande importância socioeconômica, industrial e ambiental, seja devido à importância da eletricidade como insumo produtivo ou às características de alto valor agregado e alta complexidade tecnológica do setor. A dimensão regulatória trata de aspectos relacionados à coordenação sistêmica no setor, ao monitoramento das tendências regulatórias relacionadas à inserção de novos padrões tecnológicos e à implementação de ações que viabilizem um alinhamento dos vários atores atuantes no sistema setorial, de forma que as atividades de P&D possam resultar em uma evolução virtuosa deste sistema. Este está representado em três temas: 1-Premissas de fomento público –

motivadoras do órgão regulador e da atuação governamental; 2- Prospecção Institucional – fomento a novas áreas; 3- Risco Regulatório (Tabela 6).

| Tema | Indicador | Pergunta | Dimensão de incerteza |
|--|--|--|---|
| Premissas de fomento público (motivadoras do órgão regulador e da atuação governamental) | Alinhamento do projeto com os objetivos das políticas públicas para o setor | Qual é grau de relacionamento do projeto com os diferentes programas governamentais? Luz para todos, P&D ANEEL, Programa de Eficiência energética, PROCEL, PROINFA, Inova Energia | Caracterização do projeto |
| Prospecção Institucional (fomento a novas áreas) | Tendências tecnológicas que se espera que sejam apoiadas pelos mecanismos institucionais ou de mercado no futuro (nacional ou internacional) | Este projeto está relacionado com tecnologias que são importantes para o futuro do setor e que consequentemente possam vir a ser apoiadas por mecanismos de fomento institucionais? | <i>Incerteza Epistemologica/procedural – Poderá vir a ser comprovado ou refutado num momento futuro</i> |
| Risco Regulatório | Chamadas estratégicas do Programa de P&D da ANEEL | Em que grau de intensidade este projeto alinha-se a chamadas estratégicas da ANEEL? | <i>Subjetiva – Percepção não quantificável objetivamente</i> |

Tabela 6: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Regulação

5- Dimensão *Tecnologia*

Esta dimensão analisa características da proposta de projeto de P&D de acordo com a sua fase da cadeia e com os possíveis tipos de resultado (Tabela 7).

| Tema | Indicador | Pergunta | Dimensão de incerteza |
|---|---|--|--|
| Cadeia de inovação do setor elétrico brasileiro | Fase da cadeia a que se refere o projeto de acordo com a classificação da ANEEL | Com qual fase no ciclo de inovação você relaciona à tecnologia em desenvolvimento no projeto? | Caracterização do projeto |
| | Tipo de resultado gerado pelo projeto de acordo com a classificação da ANEEL | Qual é a sua percepção acerca da apropriação dos resultados do projeto de acordo com classificação do projeto de P&D da ANEEL? | <i>Incerteza Epistemológica/procedural – Poderá ser comprovado ou refutado no término do projeto</i> |

Tabela 7: Temas, Indicadores e Critérios da Dimensão Tecnologia

Funcionamento

Em linhas gerais, a ferramenta de apoio à decisão requer, como passo inicial, que o gestor responsável cadastre as propostas de projetos a serem avaliadas, os usuários e defina os avaliadores, as dimensões e os critérios que irão compor os questionários de avaliação. A metodologia está parametrizada com os 37 critérios iniciais, porém também permite a customização de novas perguntas. Dentre os usuários cadastrados, o gestor da avaliação tem a liberdade de selecionar quais usuários serão respondentes em uma avaliação de seleção de portfólio específica. A figura 15 apresenta os três perfis de uso da ferramenta.

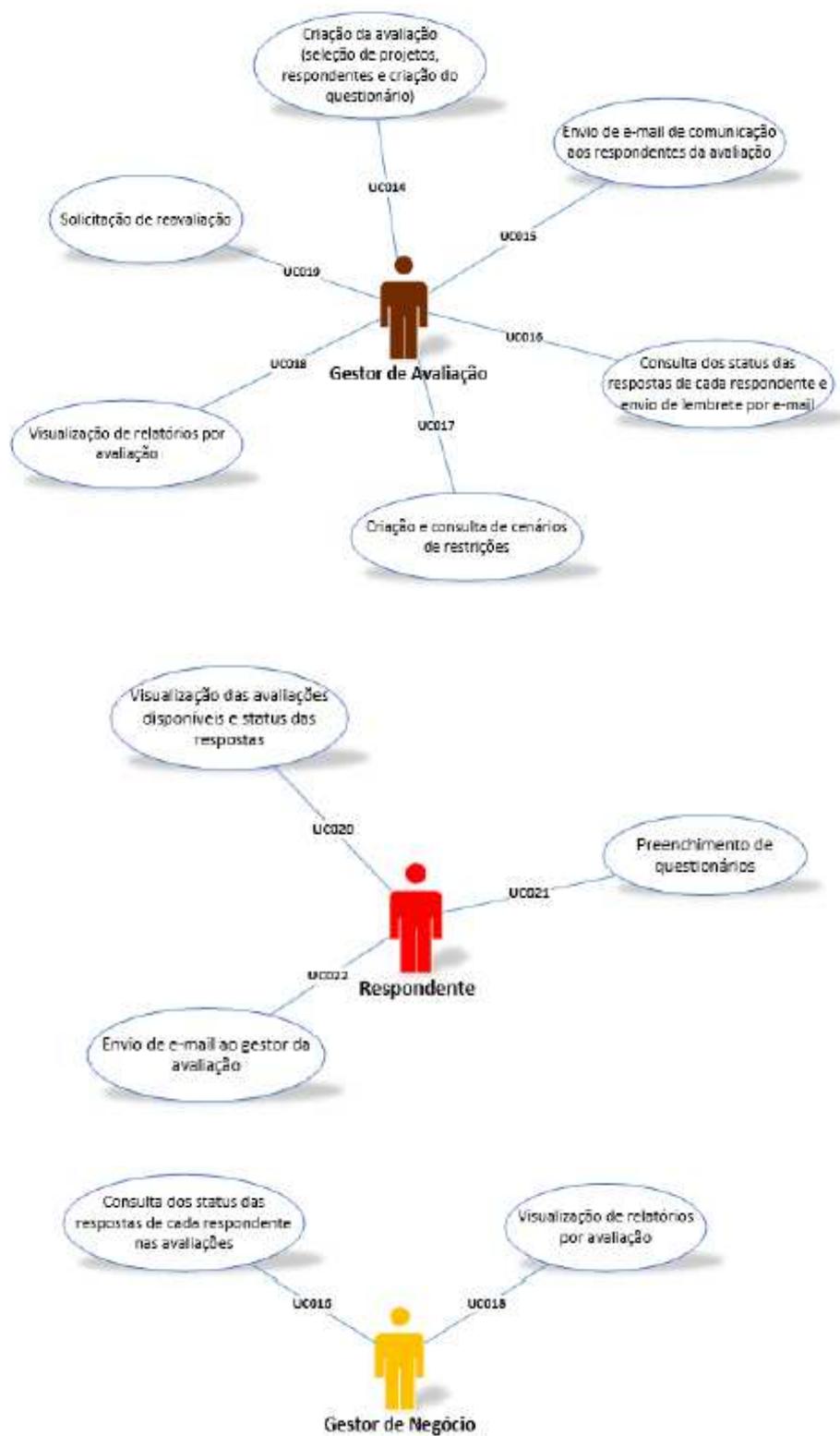


Figura 13: Perfis de uso da ferramenta de apoio à decisão

Os usuários avaliadores recebem os questionários de avaliação por e-mail. Uma vez que todos os questionários foram respondidos, o sistema utiliza as respostas para aplicar o algoritmo de priorização. A Figura 16 ilustra o fluxo processual na ferramenta de apoio à decisão.

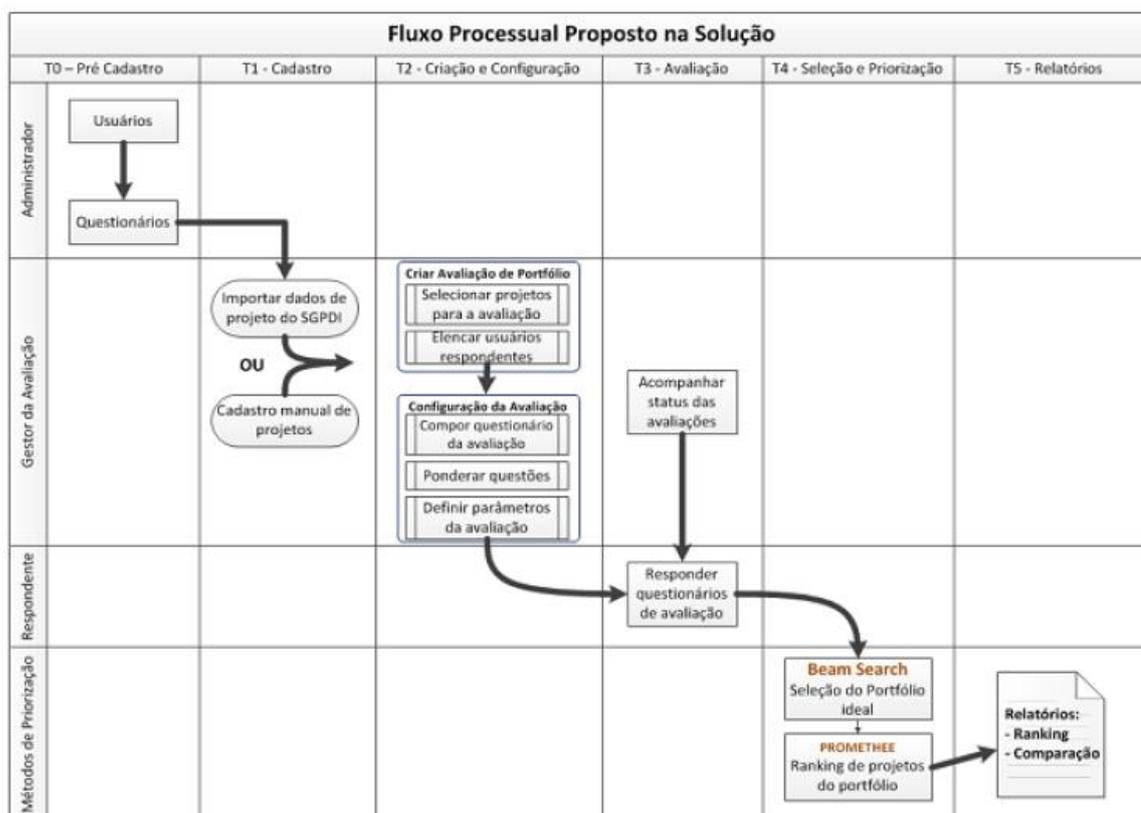


Figura 14: Fluxo processual do Sistema de Apoio à Decisão para Priorização de Projetos de P, D&I

Com base nos dados disponíveis advindos das avaliações realizadas, a ferramenta permite então que se realizem diferentes análises de priorização, levando em conta distintos e estratégicos cenários de restrição. Os parâmetros de restrição permitem especificar a quantidade de recursos humanos envolvidos no gerenciamento do portfólio de projetos de P&D da empresa; o montante de recursos financeiros disponível para execução dos projetos de P&D; a composição do portfólio de acordo com a fase da cadeia da inovação que se pretende priorizar, a composição do portfólio de acordo com o tipo de resultado desejado que se quer priorizar; e a composição do portfólio de acordo com os temas estratégicos da empresa que se deseja reforçar (Figura 17).

CPFL ENERGIA Sistema de Apoio à Priorização de Projetos de P&D

Nome: Administrativo

Novo Cenário

Cenário: Cenário 1

Restrição Orçamentária: 50000000.00

Restrição de Recursos Humanos: 5

Porcentual em relação ao tipo de resultado

| | |
|---------------------------------|----------|
| Validação de Ideia ou Conceito: | até 20 % |
| Protótipo Funcional: | até 40 % |
| Serviço Funcional: | até 20 % |
| Processo: | até % |
| Produto Internalizado: | até 20 % |
| Produto Externalizado: | até % |

Porcentual em relação a fase da cadeia

| | |
|-------------------------------|----------|
| Pesquisa Básica Dirigida: | até 20 % |
| Pesquisa Aplicada: | até 40 % |
| Desenvolvimento Experimental: | até % |
| Cabeça de Série: | até 20 % |
| Lote Pioneiro: | até % |
| Inserção no Mercado: | até % |

Porcentual em relação aos temas estratégicos

| | |
|---------------------------|----------|
| Distribuição: | até 50 % |
| Smart City: | até 50 % |
| Geração Renovável: | até % |
| Veículo Elétrico: | até % |
| Sustentabilidade: | até % |
| Inteligência Corporativa: | até % |

Ranking dos projetos sem restrição

| Ranking | Projeto |
|---------|---------|
| 1 | Proj1 |
| 2 | Proj2 |
| 3 | Proj3 |
| 4 | Proj4 |
| 5 | Proj5 |

Cancelar Salvar Cenário

Figura 15: Módulo operacional de inserção de restrições na ferramenta

A “saída” da ferramenta é o *ranking* de priorização de projetos de P&D, destacando quais projetos foram “preferidos” pelos avaliadores, segundo os distintos critérios empregados, e que cabem no cenário de restrições impostas. Ademais, os relatórios de apoio à decisão possibilitam a análise comparativa de diferentes configurações, de acordo com os distintos cenários de restrição (Figura 18).



Figura 16: Análise comparativa de portfólios de projetos de P&D

As funcionalidades e os módulos da aplicação desenvolvidos estão sintetizados na Figura 19.

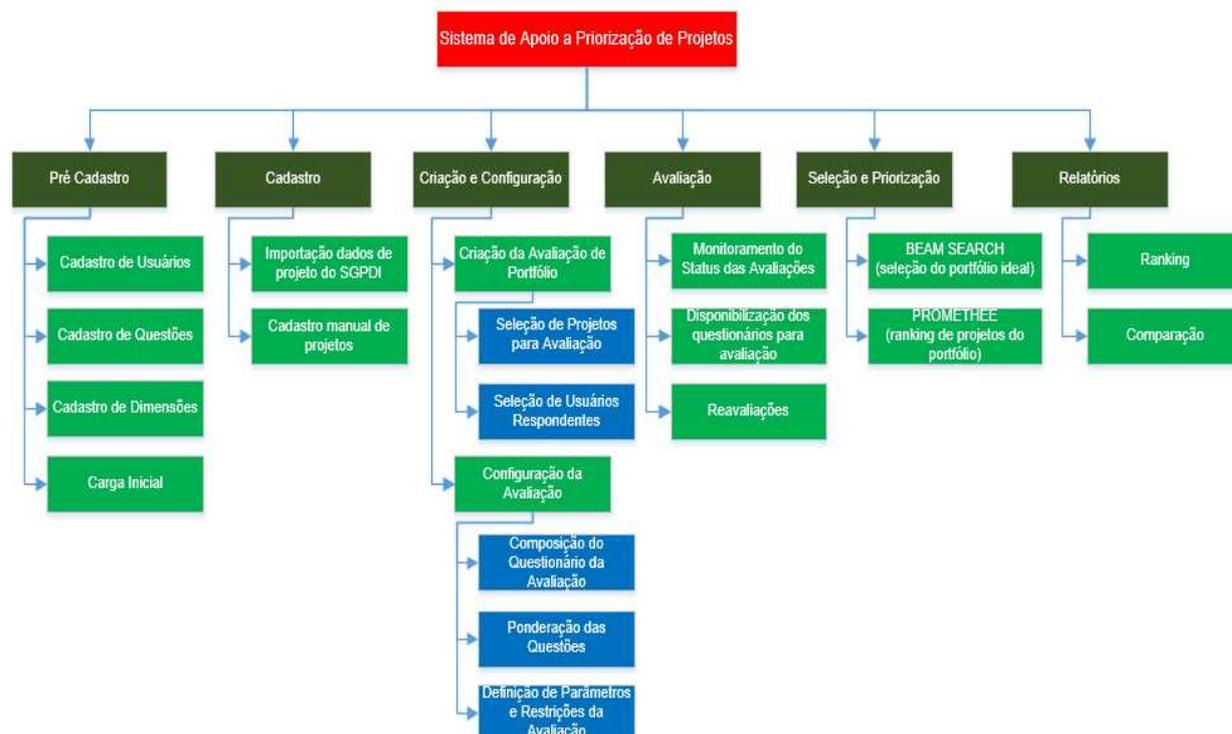


Figura 17: Módulos e funcionalidades da ferramenta de apoio á decisão para seleção de projetos de P, D&I

Tendo como base o protocolo proposto no início do capítulo esta breve apresentação da ferramenta PA040 buscou exemplificar as principais etapas sugeridas frente ao problema da seleção e organização de abordagens de seleção de projetos. Assim, o primeiro passo foi analisar o contexto em que se insere a P, D&I no SEB e como a regulação condiciona os objetivos de uma abordagem de seleção. O segundo passo é identificar as categorias de incerteza que mais influenciam e condicionam expectativas futuras relacionadas aos objetos da P, D&I. No caso apresentado argumentamos ser a incerteza subjetiva referente a avaliação dos resultados dos projetos pela agência reguladora.

A terceira etapa sugerida se foca em avaliar opções metodológicas de acordo com as especificidades da seleção. A abordagem do caso PA040 combina métodos de programação matemática (programação inteira) – com métodos multicritério de apoio à decisão (*outranking- Promethee*) que em essência permitem lidar tanto com os aspectos quantitativos de forma objetiva como qualitativos.

A quarta etapa se refere ao desenvolvimento ou classificação dos indicadores de acordo com as condições de incerteza sugeridas, a classificação foi realizada utilizando os 37 critérios da ferramenta. Já a quinta etapa tem como objetivo refletir sobre a qualidade dos dados, aplicabilidade das informações para tomada de decisão e exposição a possíveis vieses. Neste sentido, a ferramenta permite gerenciar a incerteza subjetiva referente ao processo de avaliação dos projetos por parte da agência reguladora ao lidar de forma objetiva com os critérios por ela impostos. Além disso, permite lidar com incerteza fundamental verdadeira e epistemológica procedural através das percepções e expectativas dos gestores com base nos possíveis impactos a cerca dos resultados dos projetos. Ao permitir análises de diferentes cenários de portfolio ajuda a combater eventuais vieses e possibilita maior alinhamento dos objetivos estratégicos da concessionária com os objetivos estratégicos institucionais.

4.4. Possíveis impactos do Big Data na aplicação desenvolvida – contribuições Shackleianas

Até aqui revisamos aspectos conclusivos que definem nosso enfoque e estabelecemos um protocolo frente ao problema da seleção de projetos de P, D&I. Neste item, tendo como base a ferramenta de apoio à decisão PA040 iremos realizar o exercício hipotético de explorar possibilidades que se apresentam através da criação de um banco de dados contínuo, alimentado por avaliações *ex-ante* e *ex-post* de projetos de P&D num sistema baseado em aprendizagem de máquina e reconhecimento de padrões. Na prática o item irá levantar mais perguntas do que respostas mas as perguntas suscitadas ao nosso ver apontam para a fronteira do tema do apoio a decisão em P, D&I.

Como discutido nos itens anteriores a ferramenta de apoio a decisão PA040 se baseia num conjunto de 37 critérios avaliados em escalas de 3 a 5 pontos que buscam captar a percepção do avaliador a cerca de um determinado indicador específico. A ferramenta é baseada tanto em aspectos qualitativos - percepções futuras orientadas por indicadores, como por dados quantitativos – restrições definidas como parte da avaliação. A questão que se coloca aqui é em que medida estas percepções subjetivas ao redor dos indicadores poderiam ser monitoradas, armazenadas em banco de dados e comprovadas ao longo do tempo através de

informações internas ou externas obtidas através de ferramentas Big data? Seria possível acompanhar ao longo do projeto se as percepções firmadas *ex-ante* estão se concretizando ao longo da execução ou após sua conclusão, ao longo do ciclo de vida do produto?

Sob uma perspectiva teórica da literatura sobre a incerteza, partindo do pressuposto de que a realidade social é composta tanto pela incerteza fundamental verdadeira como pela incerteza epistemológica procedural, seria possível monitorar a evolução destas condições com base em indicadores? Distingui-las? Associar decisões e analisar seus impactos tendo como referência a incerteza subjetiva percebida em momentos específicos da vida do projeto?

Ou então, sob o ponto de vista da abordagem evolucionista, se o crescimento resulta do estímulo para desenvolver e instalar novas rotinas frente a situações de incerteza seria possível monitorar este processo, em tese com maior acuracidade? Em que medida técnicas de aprendizagem de máquinas seriam capazes de aprender padrões advindos da memória das decisões tomadas sob condições de incerteza que foram avaliadas e armazenadas em banco de dados ao longo do tempo?

Talvez uma das contribuições hipotéticas mais importantes do Big data, sobre a metodologia PA040 seja justamente permitir vislumbrar a formação de um banco de dados baseado em uso contínuo da ferramenta de seleção de projetos de P, D&I e através de técnicas de aprendizagem de máquina permitir explorar relações e aprender padrões. Para tanto, logicamente o sistema deveria ser dotado de um módulo de avaliação *ex-post*. Além disso, o mais importante a ressaltar é o papel que o tempo exerce neste tipo de esquema e como ele deve ser incorporado na gestão das atividades de P, D&I.

Sob a ótica Shackleiana o presente constitui uma fronteira evidencial e epistêmica que divide o passado do futuro, pois não podemos ter observado o que ainda não ocorreu. Os fenômenos futuros, no entanto, são informativamente incognoscíveis até que se deslocam na história (SHACKLE, 1969/2010; BAUSER e SHACKLE, 1982). A consciência desta observação para fins de planejamento coloca automaticamente os objetos de observação no passado, ou no caso proposto aqui, resultados e impactos dos projetos de P, D&I. Inescapavelmente haverá impactos mesmo que sejam totalmente distintos do que foi previamente conjunturado, ou então, a própria descontinuidade do projeto.

Essa assimetria epistemológica do passado e do futuro também estabelece o fluxo aparente do tempo e é importante para fins de avaliação das atividades de C, T&I justamente porque como discutido aqui estas atividades estão permeadas por rotinas evolutivas parcialmente condicionadas. Um novo percepto reorganiza o momento inicial ao sinalizar que o que pode ter sido antecipado já foi observado. Assim, o fluxo cognitivo do conteúdo da informação força a realização da passagem do tempo; tais ajustes epistêmicos pontuam que momentos distintos necessariamente levam uma bagagem epistêmica distinta. Cada instante particular combina um passado idiossincrático com um futuro singular, abrangendo seu próprio horizonte de planejamento. Assim, cada momento está unicamente incorporado na história e a situação atualmente herdada nunca pode ser repetida, trazendo suas próprias expectativas, lembranças e oportunidades. Bauser e Shackle (1982) destacam três critérios essenciais na composição de um esquema que leva em conta o tempo histórico:

1. Devido à sua singularidade, o conjunto de expectativas possíveis em um ponto no tempo deve ser disjuntor com os conjuntos de expectativas possíveis em qualquer outra data. Da mesma forma, percepções, oportunidades e herança histórica são identificáveis apenas com um único momento. A violação dessa condição permite instantes ostensivamente distintos para o mesmo futuro, tornando-os indistinguíveis. Isso contradiz não apenas a distinção epistêmica entre passado e futuro, mas também a natureza unidirecional, irreversível e irrevogável do tempo.

2. Uma vez que as consequências de uma escolha e o conhecimento dessas consequências seguem a escolha, qualquer decisão deve, logicamente, preceder seus resultados finais. Pode depender logicamente das expectativas atuais desses resultados, mas as expectativas atuais não são conhecimentos clarividentes e podem estar decepcionadas. Essa separação causal entre as decisões e seus resultados tolera os acontecimentos que emergem e permitem identificar falhas de coordenação e planejamento assim como viéses.

3. Uma vez que as decisões são baseadas em expectativas próprias influenciadas pela experiência passada, e uma vez que diferentes pessoas podem ter visões diferentes do futuro, suas decisões podem ser incompatíveis e contraditórias. Qualquer modelo que represente o tempo histórico deve, portanto, ser capaz de representar estados equilibrados não coordenados e mutuamente consistentes. Conseqüentemente, os modelos de tempo históricos devem especificar

os resultados reais de todas as combinações de decisões possíveis dentro desse modelo. Em outras palavras – na medida do possível - eles devem estar “matematicamente fechados”, permitindo em tese, análise dos resultados *ex post* X *ex ante* de forma específica.

No esquema proposto por Bauser e Shackle (1982) “percepções” se referem a imaginações criativas do que foi, e o que poderia ter sido, combinam-se com emoções de confiança e dúvida para construir a imagem da mente do passado. Assim, a percepção de uma pessoa sobre fenômenos passados contém tanto uma representação desse fenômeno como uma indicação de crença ou incerteza subjetiva quanto a isso. Já a “expectativa” tem dois componentes: uma descrição do fenômeno antecipado e alguma indicação da atitude do titular sobre isso, eles constituem uma expectativa, um componente dos pontos de vista, atitudes e opiniões de um indivíduo sobre o futuro.

Nossa sugestão é de que esta condição temporal deveria, na medida do possível, ser incorporada em abordagens de avaliação de projetos de P, D&I e que as possibilidades advindas do Big Data e reconhecimento de padrões permitem esta iniciativa. Assim, uma avaliação *ex-post* deveria abarcar três dimensões distintas: uma primeira focada na avaliação de resultados e impactos do projeto, que leva em conta elementos não previstos na avaliação *ex-ante*. Uma segunda avaliação com base na avaliação *ex-ante* frente a resultados e impactos do projeto alcançados focada nas expectativas formadas, e, uma terceira focada na análise da evolução de condições de incerteza, com base na percepção dos tomadores de decisão em momentos específicos e sua relação com decisões estratégicas e fatores intervenientes neste processo.

Sob a ótica do planejamento das atividades de P, D&I este encadeamento permitiria definir as funções matemáticas que ligam percepções de incerteza a expectativas, expectativas ao desenvolvimento de estratégias e as estratégias aos resultados e por fim, os resultados a percepções passadas. Isso iria permitir especificar o impacto das expectativas atuais em ações e, em última análise, seus resultados, que, por sua vez, moldariam percepções e expectativas futuras sobre os objetivos de P, D&I. O esquema analítico abaixo (Figura 18) representa o funcionamento básico de um sistema de gestão de projetos de P, D&I voltado a análise da evolução de condições de incerteza com capacidade de reconhecimento de padrões.

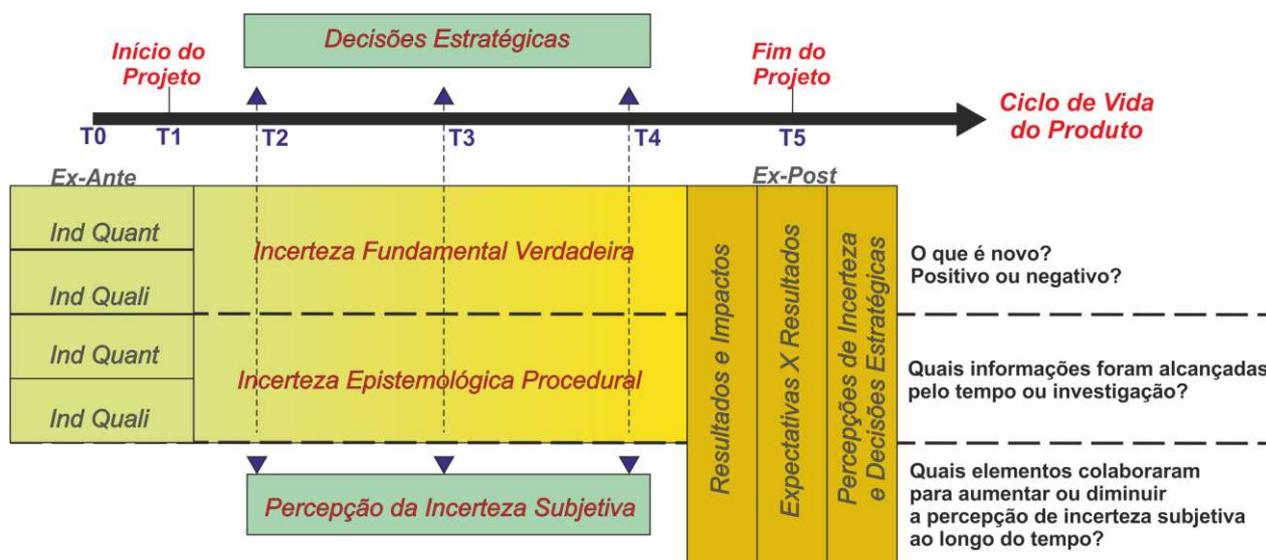


Figura 18: Esquema básico de um sistema de gestão de projetos de P, D&I voltado a análise da evolução de condições de incerteza com capacidade de reconhecimento de padrões.

Tendo como base os principais conceitos discutidos e o protocolo proposto este último capítulo teve como objetivo apresentar o estudo de caso do SEB e a ferramenta PA040. Além disso, também buscamos analisar possibilidades que emergem da adoção de sistemas que utilizam reconhecimento de padrões e incorporam horizontes temporais para apoiar a gestão das atividades de P, D&I. Acreditamos que pelo menos em tese já é possível vislumbrar este tipo de sistema. O monitoramento dos critérios e indicadores empregados, das decisões tomadas e das avaliações de impactos e resultados possibilitaria analisar a evolução de condições de incerteza ao longo do tempo de forma contínua. Por sua vez, a identificação de padrões neste processo também poderia apoiar a gestão das atividades de P, D&I identificando vieses característicos da tomada de decisão intuitiva. Logicamente que o processo nunca seria totalmente mecânico uma vez que as avaliações tanto *ex-ante* como *ex-post* seriam necessariamente realizadas pelos gestores.

Capítulo 5. Conclusões

Esta tese teve como objetivo propor um modelo de organização e escolha de abordagens para a seleção de projetos de P, D&I, baseado em diferentes condições de incerteza, e analisar as influências do Big Data na gestão das atividades de C, T&I. Assim buscou elucidar as seguintes perguntas de pesquisa: 1- Como selecionar projetos de P, D&I sob diferentes condições de incerteza?; 2- Quais são os fundamentos teóricos e metodológicos que devem estar presentes nos sistemas de apoio à decisão em P, D&I quando lidamos com diferentes classes de projetos de P&D?; 3- Qual é o papel das ferramentas de suporte à decisão no gerenciamento da incerteza/risco específicos das atividades de P, D&I?; 4-Quais são os desafios e perspectivas relacionados ao desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão na era do Big Data?

Para tanto iniciamos esta discussão delimitando conceitos que ao nosso ver são a base de partida para discutir apoio à decisão em C, T&I, como: previsibilidade, incerteza, intuição e imaginação a este grupo de conceitos denominamos comportamento preditivo. A análise destes conceitos nos levou a três conclusões importantes:

- 1- Existem limites para a previsibilidade e a previsibilidade dos limites deve ser levada em conta quando a questão é planejamento em P, D&I. Na prática isso implica em refletir sobre a aplicabilidade e os resultados esperados de diferentes abordagens disponíveis. Estes limites podem ser melhor explorados quando refletimos sobre as diferentes condições de incerteza percebidas;
- 2- Modelos de funcionamento mental são importantes referências para nortear o desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, pois organizam o processo de aquisição do conhecimento e auxiliam na categorização e identificação de condições de complexidade e incerteza. Ademais, um importante elemento a que se deve dar atenção são as heurísticas e vieses características da tomada de decisão intuitiva;
- 3- Tendo como base a associação da teoria evolucionista com a abordagem dos sistemas adaptativos complexos, conjecturas imaginadas e possíveis se enquadram num continuum evolutivo, caracterizado pela história institucional e organizacional. Elementos

relacionados à dinâmica evolutiva dos processos de P, D&I são uma importante referência, que deve ser captada pelos sistemas de apoio à decisão através de critérios e indicadores particulares à estratégia organizacional adotada.

Sob o ponto de vista dos estudos sobre a inovação tecnológica, apontamos diferentes dimensões a cerca do tema da incerteza e como estas se relacionam e associam no intuito de construir um quadro conceitual. Especificamente, destacamos três dimensões, 1- Incerteza verdadeira/fundamental que no sentido Shackleiano e Keynesiano associa a incerteza a uma condição onde simplesmente há falta de conhecimento, isto é, ignorância dos dados econômicos relevantes para a tomada de decisão. 2- Incerteza epistemológica procedural que associa a incerteza a limitações das capacidades mentais e computacionais. Ela é causada por lacunas no conhecimento que podem ser alcançadas pela pesquisa ou pelo tempo. E também, a dimensão subjetiva da incerteza (3) que se refere à mensuração da percepção da incerteza sobre o possível resultado de algum curso de ação e à forma como esta influência o comportamento, além disso, como o contexto social molda a percepção da incerteza sob a ótica cognitiva e emocional. Sob esta perspectiva ganha protagonismo os estudos sobre comportamento e estrutura organizacional, e também, as influências da estabilidade institucional e políticas de indução a C, T&I realizadas pelos atores que compõem o sistema socioeconômico ou os sistemas de inovação.

Como uma primeira prescrição é importante destacar que, em relação ao tema do apoio à decisão em P, D&I, diferentes conceitos advindos de diferentes campos trazem contribuições importantes, o que requer um esforço no sentido de construir um vocabulário pertinente para este tema. No capítulo 2 foi apresentada uma categorização que busca possibilitar a gestores refletirem e compararem diferentes abordagens, contudo, conforme dito anteriormente, não se trata de uma classificação categórica ou que não admita variações. A nosso ver, o ponto importante a ser ressaltado é que o entendimento adotado sobre a capacidade dos métodos empregados de atuarem frente a condições de incerteza tem influência sobre os modelos propostos e sua validade preditiva. Assim, uma segunda prescrição é que uma análise específica da natureza dos dados disponíveis e da informação faltante a cerca dos resultados e impactos do projeto de P, D&I são cruciais para a escolha e associação de abordagens de seleção de projetos.

Por sua vez, o exemplo do problema da seleção de projetos no SEB buscou ilustrar este processo demonstrando como condições de incerteza subjetiva advindas do modelo regulatório podem direcionar aspectos metodológicos na construção de abordagens para seleção de projetos de P, D&I. Nosso protocolo pode ser resumido em cinco etapas principais:

1. Definição do objetivo da construção (Ex: Aumento de ganhos incrementalmente? Novos mercados? Cumprir legislação?).
2. Identificar e caracterizar quais condições de incerteza estão mais fortemente associadas aos objetos da P, D&I.
3. Identificar na matriz de Stacey opções metodológicas refletindo sobre as especificidades da seleção, os níveis de consenso e incerteza que as abordagens terão que lidar.
4. Desenvolver e classificar indicadores capazes de representar as diferentes condições de incerteza e sua possível transmutabilidade no tempo.
5. Refletir sobre a qualidade dos dados e a exposição a vieses durante o processo de seleção.

Uma terceira prescrição é de que dificilmente o apoio à decisão em P, D&I deve ser feito com base em um único método, não apenas pode-se (e deve-se) buscar combinações de abordagens e métodos, como também é possível que uma mesma concepção teórica ofereça soluções metodológicas para diferentes situações em diferentes sequências. A análise bibliométrica realizada corroborou a ideia de que o grupo de abordagens multicritério em geral é a que mais se associa a outras classes de métodos.

No que se refere ao Big Data e o apoio à decisão, argumentamos que a análise de grandes massas de dados vêm possibilitando investigar elementos dos sistemas adaptativos complexos indutivamente, aumentando a previsibilidade em contextos ergódicos específicos relacionados a condições de incerteza epistemológico procedural. Porém, em relação ao tema do apoio a decisão em P, D&I mesmo com uso de ferramentas Big Data continuamos expostos a diferentes elementos que caracterizam a incerteza fundamental/verdadeira, notadamente:

- *Incerteza inerente ao papel das previsões nos sistemas tecno-sociais* que inevitavelmente levam a mudança de comportamento trazendo consigo o livre arbítrio e a formação de crenças subjetivas,

concomitantemente, crenças subjetivas sobre as crenças subjetivas dos demais. Num processo que alimenta a incerteza perpetuamente.

- *A incerteza referente ao processo de modelagem* especificamente o nível de atribuição e delinamento do contexto especificado. Processo que não segue padrões ou etapas específicas e pode ser considerado como uma espécie de arte, baseada na intuição e na experiência do pesquisador.
- *A incerteza inerente à influência do contexto no processo decisório* e nível de confiança individual sob o julgamento com base em informação analítica.
- *A Incerteza Cognitiva*: um tipo de incerteza subjetiva relativa à falta de compreensão dos processos cognitivos que regem a consciência, a intuição e a imaginação, que posteriormente pode vir a se converter em inovação.

Contudo, conforme discutido no capítulo 3 diferentes iniciativas baseadas em *Data Analytics* podem impactar o processo de seleção de projetos de P, D&I. Neste sentido, aspectos considerados determinantes na escolha de abordagens podem ser reforçados com o uso do Big Data, como por exemplo: Relacionar os critérios de seleção para a estratégia corporativa; capacidade de reconcilia e integrar necessidades e desejos de diferentes partes interessadas; Lidar com a interdependência entre os projetos; Simplicidade; Permitir incorporar a experiência e conhecimento dos gestores de P&D; Permitir a reavaliação quando se retira ou se insere um projeto no portfólio, Incorporar fatores de mercado.

Assim, frente a adoção de ferramentas baseadas em Big Data para o apoio à decisão em P, D&I resumimos seis pontos que ao nosso ver devem pautar sua utilização:

1. Pesquisadores e analistas devem ter uma compreensão básica dos mecanismos pelos quais os algoritmos de aprendizado de máquina processam dados e criam modelos.
2. Devido ao caráter individual a modelagem e especificação do nível apropriado de descrição e análise são uma fonte de incerteza permanente.

3. A complexidade na explicação das técnicas influencia seu valor como evidência na avaliação da P, D&I para os decisores e para o público.
4. Previsibilidade nos sistemas tecnossociais inevitavelmente acarretam à mudança de comportamento.
5. Compromisso dependente do contexto entre modelos e análises quantitativas se destaca como a melhor estratégia preditiva para gerenciar a incerteza epistemológica procedural.
6. Mesmo sob a luz do Big Data diferentes condições de incerteza estão presentes.

Além disso, também analisamos possíveis impactos do Big Data na aplicação PA040 apresentada no capítulo 4, e analisamos quais seriam as bases para o desenvolvimento de sistemas de gestão de projetos de P, D&I baseados em reconhecimento de padrões e inteligência artificial. Nesse sentido, destacamos a importância de se assegurar uma dimensão temporal aos esforços de avaliação das atividades de C, T&I. Nosso entendimento é que a classificação e monitoramento de critérios e indicadores com base nas condições de incerteza fundamental/verdadeira e epistemológica procedural e a mensuração da incerteza subjetiva sobre elementos específicos desempenham uma importante fonte de informações para sistemas de gestão da P, D&I baseados em reconhecimento de padrões.

Quando o tema é apoio à decisão em P, D&I usando Big Data, um elemento fundamental ganha protagonismo, os estudos sobre a intuição. Principalmente se associarmos este conceito ao reconhecimento de padrões como Herbert Simon sugere. Assim, dois atributos do Big data podem ser utilizados para defender a ideia de que ele estimula a intuição no planejamento da P, D&I, colaborando para reduzir vieses característicos da tomada de decisão intuitiva: 1- A capacidade de permitir a construção e análise de cenários e conjecturas sobre o objeto da P, D&I de forma mais acurada, algumas vezes em tempo real, o que impacta a análise de prioridades de pesquisa, delineamento de ações de indução, e o desenvolvimento de novos produtos e serviços. E 2- Baseada principalmente em reconhecimento de padrões, a capacidade de memorizar avaliações *ex-ante*, monitorar seu desenvolvimento, aprender e reconhecer padrões e avaliar impactos de decisões estratégicas constantemente. Entretanto, isto não implica na redução da incerteza inerente a seleção de projetos de P, D&I.

Ao nosso ver mecanismos de apoio à decisão em P, D&I não são (e nunca serão) deterministas, sua interpretação correta deve estar associada à criação de conjecturas possíveis como um auxílio a intuição, pois funcionam como uma importante ferramenta para realizar simulações e gerenciar expectativas organizacionais. Além disso, destacamos que o apoio à decisão em C, T&I usando Big Data se trata de um tema proeminente uma vez que técnicas com base em análise de dados estão ampliando o hall de possibilidades metodológicas para a priorização, seleção e avaliação de projetos de P, D&I. Assim, dentre as sugestões de estudos futuros advindas desta tese podemos destacar quatro temas:

- 1- Desenvolvimento e padronização de indicadores de seleção e avaliação de projetos de P, D&I baseados em *Data Analytics* e sua associação com abordagens de gerenciamento de portfolio de projetos.
- 2- Desenvolvimento de abordagens de avaliação em P, D&I contínuas e temporalmente contextualizadas com base em indicadores usando Big Data.
- 3- Apoio à decisão e Big data - Investigações acerca da representação virtual de elementos comportamentais; Caracterização do processo de modelagem computacional e estudos comportamentais sobre como os indivíduos se utilizam das informações advindas da análise de dados em diferentes contextos.
- 4- Estudos sobre percepção da incerteza relacionadas a P, D&I, sua relação com políticas regulatórias e elementos dos sistemas de inovação e sua representação através de ferramentas Big Data.

No que tange o trabalho de redação desta tese e limitações encontradas durante a pesquisa, é importante destacar que a descrição das abordagens de seleção de projetos, assim como das possibilidades do Big Data, poderia ser enriquecida ao agregar-se uma descrição teórico matemática e inevitavelmente fica limitada devido a ausência deste detalhamento.

Outra limitação do trabalho foi a decisão de focar conceitos comportamentais principalmente sob a ótica individual sem englobar o tema da decisão grupal ou dos processos organizacionais que definem análises coletivas. Ademais, mesmo tendo abordado o tema da inteligência organizacional o quadro conceitual sugerido para apoiar a escolha de abordagens de seleção não abarca distinções a cerca dos tipos de incerteza que diferentes atores ou empresas podem

enfrentar levando em conta características específicas, como por exemplo a regulação das atividades de P&D.

REFERÊNCIAS

- ABASSI, M.; ASHRAFI, M.; TASHNIZI, E.S. Selecting balanced portfolios of R&D projects with interdependencies: A cross-entropy based methodology. **Technovation**, v. 34, n.1, p. 54-63, 2014.
- ADORNO, T. W.; FRENKEL-BRUNSWIK, E.; LEVINSON, D. J.; SANFORD, R.N. **The Authoritarian Personality**. New York: Harper, 1950.
- ADRIAN, M. Big Data. **Teradata Magazine**, 2013. Disponível em: <<http://www.teradatamagazine.com/v11n01/Features/Big-Data/>>.
- AGOR, W. H. **Intuitive management**: Integrating left and right brain management skills. New York: Prentice Hall Press, 1984.
- AKINCI, C.; SADLER-SMITH, E. Intuition in Management Research: A historical review. **International Journal of Management Reviews**, v. 14, n. 1, p. 104–122, 2012.
- ALI, A.; KALWANI, M. U.; KOVENOCK, D. Selecting Product Development Projects: pioneering vs incremental innovation strategies. **Management Science**, v. 39, n. 3, p. 255-274, 1993.
- ALIGULIYEV, R. M.; HAJIRAHIMOVA, M. S. “Big data” phenomenon: problems and prospects. **Information Technologies problems**, n. 2, p. 3-16, 2014.
- ALTER, S. A work system view of DSS in its fourth decade. **Decision Support Systems**, v. 38, n. 3, p. 319– 327, 2004.
- ANDERSEN, J. A. Intuition in managers: Are intuitive managers more effective?. **Journal of Managerial Psychology**, v. 15, n. 1, p. 46-67, 2000.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International journal of Project management**, v. 17, n. 4, p. 207-216, 1999.
- ARNOTT, D.; PERVAN, G. Eight key issues for the decision support systems discipline. **Decision Support Systems**, v. 44, n. 3, p. 657–672, 2008.

ARTHUR, W. Brian. **The Nature of Technology: What it Is and How it Evolves**. New York: Free Press, 2009.

_____. Complexity economics: a different framework for economic thought. **Santa Fe Institute Working Papers**, abr. 2013.

AUGSDORFER, P. **Forbidden Fruit: An Analysis of Bootlegging Uncertainty and Learning in Corporate R&D**. Aldershot: Avebury, 1996.

AXELROD, R. Advancing the art of simulation in the social sciences. In: Conte, R.; HEGSELMANN, R.; TERNA, P. **Simulating social phenomena**. Berlin: Springer, 1997. v. 456. p. 21-40.

BACH, L.; LAMBERT, G. Evaluation of the economic effects of large R&D programmes: the case of the European space programme. **Research Evaluation**, v. 2, n.1, p. 17-26, 1992.

BARNARD, I.C. **The Functions of the Executive**. Cambridge: Harvard University Press, 1938.

BARROW, John D. **Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits**. Londres: Vintage, 1998.

BAUSER, R.; SHACKLE, G.L.S. Time and the Structure of Economic Analysis. **Journal of Post Keynesian Economics**, Vol. 5, No. 2 (Winter, 1982-1983), pp. 163-181

BASTICK, T. **Intuition: How we think and act**. New York: John Wiley and Sons, 1982.

BECHARA, A.; DAMASIO, H.; TRANEL, D.; DAMASIO, A. R. Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. **Science**, v. 275, n. 5304, p. 1293–1295, 1997.

BECK, U. **Risk Society: Toward a New Modernity**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1992.

_____. **World at Risk**. Malden: Polity Press, 2009.

BEHLING, O.; ECKEL, N. L. Making sense out of intuition. **Academy of Management Executive**, v. 5, n.1, p. 46-54, 1991.

BEINHOCKER, E. Evolution as Computation: Integrating Self-Organization with Generalized Darwinism. **Journal of Institutional Economics**, v. 7, n. 3, p. 393-423, 2011.

BERENBAUM, H.; BREDEMEIER, K.; THOMPSON, R. J. Intolerance of uncertainty: exploring its dimensionality and associations with need for cognitive closure, psychopathology, and personality. **Journal of Anxiety Disorders**, v. 22, n.1, p. 117–125, 2008.

BESSIS, J. **Risk management in banking**. United Kingdom: J. Wiley, 1998.

BIN, Adriana; AZEVEDO, Anibal; DUARTE, Leonardo; SALLES-FILHO, Sérgio; MASSAGUER, Pedro. R&D and Innovation Project Selection: Can Optimization Methods be Adequate?. **Procedia Computer Science**, v. 55, p. 613-621, 2015. ISSN 1877-0509 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.051>>. Acesso em 06/08/2017

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. **Mgmt. Sci.**, v. 31, p. 647-656, 1985.

BRENNER, M. S. Practical R&D Project Prioritization. **Research Technology Management**, p. 38-42, set.-out. 1994.

BRIAN LOASBY. Entrepreneurship, Evolution and the Human Mind. **Papers on Economics and Evolution**, Philipps University Marburg, Department of Geography, 2005.

BROCKMAN, E. N.; ANTHONY, W. P. The influence of tacit knowledge and collective mind on strategic planning. **Journal of Managerial Issues**, v. 10, n. 20, p. 204-219, 1998.

CAPGEMINI. **The Deciding Factor: Big Data & Decision Making**. London: Economist Intelligence Unit., 2012.

CARLSSON, Christer; FULLÉR, Robert; HEIKKILÄ, Markku; MAJLENDER, Péter. A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 44, n. 2, p. 93-105, 2007. ISSN 0888-613X, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijar.2006.07.003>>. Acesso em: 06/08/2017

CARTER, Philip. Big data analytics: Future architectures, skills and roadmaps for the CIO. **IDC white paper**, 2011.

CASACUBERTA, David; VALLVERDÚ, Jordi. E-Science and the data deluge. **Philosophical Psychology**, v. 27, n. 1, p. 126-140, 2014. DOI: 10.1080/09515089.2013.827961

CASAULT, S.; GROEN, A. J.; LINTON, J. D. Selection of a portfolio of R&D projects. In: LINK, A. N.; VONORTAS, N. S. (Ed.). **Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation**. [S.l.]: Edward Elgar, 2013. p. 89–111.

CERULO, K.A. **Never Saw It Coming**: Cultural Challenges to Envisioning the Worst. Chicago: University of Chicago Press, 2006.

CHEN, Ying *et al.*. Analytics Ecosystem Transformation: A Force for Business Model Innovation. **SRII Global Conference (SRII), 2011 Annual**. IEEE, 2011. DOI 10.1109/SRII.2011.12

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

CHIESA, V.; FRATTINI, F. Exploring the differences in performance measurement between research and development: evidence from a multiple case study. **R&D Management**, v. 37, n. 4, p. 283-301, 2007.

CHIESA, V.; MASELLA, C. Searching for an effective measure of R&D performance. **Management Decision**, v. 34, n. 7, p. 49-57, 1996.

CHU, P. V.; HSU, Y.; FEHLING, M. A decision support system for project portfolio selection. **Computers in Industry**, v. 32, n. 2, p. 141-149, 1996.

COFFIN M. A.; TAYLOR III, B. W. Multiple Criteria R&D Project Selection and Scheduling using Fuzzy Logic. **Computers & Operations Research**, v. 23, n. 3, p. 207-220, 1966.

COLANDER, D. **Complexity and the history of economic thought**. Vermont: Middlebury College, 2008. (Working Paper, n. 4).

COMINATO BOER, Denile; SALLES-FILHO, Sérgio; BIN, Adriana. R&D and Innovation Management in the Brazilian Electricity Sector: The Regulatory Constraint. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 9, n. 1, 2014.

COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. **Economics and technological change**. Londres: Macmillan, 1989.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New problems, new solutions: making portfolio management more effective. **Research-Technology Management**, v. 43, n. 2, p. 18-33, 2000.

COPELAND, T.; ANTIKOROV, V. **Real Options – A Practitioner's Guide**. New York: Texere, 2001.

CORDER, S. **Financiamento e incentivos ao sistema de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: quadro atual e perspectivas**. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica). Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp, ago. 2004. 249 p.

CYERT, Richard M.; MARCH, James G. **A Behavioral Theory of the Firm**. 2. ed. Cambridge: Blackwell Business Publishing, [1964]1992.

DALMEDICO, Dahan A. History and epistemology of models: meteorology as a case study **Archive for the History of Exact Sciences** 55, 395-422, 2001

DANIELS, Hennie; DE JONGE, Bram. Project Selection Directed by Intellectual Capital Scorecards. **ERIM Report Series Research in Management**. 18 jan 2003. ERS-2003-001-LIS. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=371061>>. Acesso em: 06/08/2017

DAVENPORT, T. H.; HARRIS, J.G. **Competing on analytics**: The new science of winning. Cambridge: Harvard Business Press, 2007.

DAVID, P. A. Why are institutions the carriers of history?: Path dependence and the evolution of conventions, organizations and institutions. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 5, n. 2, p. 205-220, 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VFN-45GNY3B-2/2/660bd85c734d0950bde912b3c921aeae>>. Acesso em: 06/08/2017

DAVIS-FLOYD, Robbie; ARVIDSON, P. SVEN. **Intuition: The Inside Story**. Routledge, 1997.

DAVIS, G. **Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure, and Development**. New York: McGraw-Hill, 1974.

DE GROOT, A. D. Intuition in chess. **International Journal of the Computer Chess Association**, v. 9, p. 67–75, 1986.

DEAN, B. V.; NISHRY, M. J. Scoring and profitability models for evaluation and selecting engineering projects. **Operations Research**, v. 13, n. 4, p. 550-69, 1965.

DENNET, Daniel C. **Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life**. Nova York: Simon & Schuster, 1995.

DEQUECH, David. Uncertainty in a strong sense: meaning and sources. **Economic Issues**, v. 2, p. 21–43, 1997.

_____. Fundamental uncertainty and ambiguity. **Eastern Economic Journal**, v. 26, n. 1, p. 41–60, 2000.

_____. Uncertainty: A Typology and Refinements of Existing Concepts. **Journal of Economic Issues**, v. XLV n. 3 p. 621-640, 2011.

DEVEZAS, T. *et al.*. Energy scenarios: toward a new energy paradigm. **Futures**, v. 40, n. 1, p. 1-16. 2008.

DIEBOLD, F. Big Data Dynamic Factor Models for Macroeconomic Measurement and Forecasting In: **Discussion Read to the Eighth World Congress of the Econometric Society**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, p. 115-122.

_____. On the Origin(s) and Development of the Term "Big Data". Pier working paper archive, Penn Institute for Economic Research, Department of Economics, University of Pennsylvania, 2012. Disponível em: <<https://economics.sas.upenn.edu/pier/working-paper/2012/origins-and-development-term-%E2%80%9Cbig-data>>. Acesso em: 06/08/2017

DIJKSTERHUIS, A. Think different: the merits of unconscious thought in preference development and decision making. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 87, n. 5, p. 586–598, 2004.

DIJKSTERHUIS, A.; BOS, M. W.; NORDGREN, L. F.; VAN BAAREN, R. B. On making the right choice: the deliberation without-attention effect. **Science**, v. 311, n. 5763, p. 1005–1007, 2006.

DIXIT, A.; PINDYCK, R. **Investment under Uncertainty**. Princeton University Press, 1994. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/j.ctt7sncv>>. Acesso em: 06/08/2017

DOBRE, C.; XHAFA, F. Intelligent services for Big Data science. **Future Generation Computer Systems**, v. 37, 2014.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V77-45BCNM0-21/2/e3657d09b1e4d35bd792120e5f8fdebf>>. Acesso em: 06/08/2017

_____. Opportunities; incentives and the collective patterns of technological change. **The Economic Journal**, v. 107, n. 444, p. 1530-1547, set. 1997.

DOSI, G.; EGIDI, M. Substantive and procedural uncertainty - an exploration of economic behaviour in changing environments. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 1, n. 2, p. 145-168, 1991.

DOUGLAS, M.; WILDAVSKY, A. **Risk and Culture: An Essay on the Selection of Technological and Environmental Dangers**. Berkeley: University of California Press, 1983.

DRAKE, J. M.; GRIFFEN, B. D. Early warning signals of extinction in deteriorating environments. **Nature**, v. 467, n. 7314, p. 456-459, 2010.

DREYFUS, H. L.; Dreyfus, S. E. **Mind Over Machine: The Power of Human Intuitive Expertise in the Era of the Computer**. New York: Free Press, 1986.

DURKHEIM, É. **As formas elementares da vida religiosa: o sistema totêmico na Austrália**. São Paulo: Martins Fontes, 1996, 609 p.

EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. R&D project evaluation: An integrated DEA and balanced scorecard approach. **Omega**, v. 36, n. 5, p. 895–912, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2006.05.002>>. Acesso em: 06/08/2017

EINAV, Liran; LEVIN, Jonathan. **The Data Revolution and Economic Analysis. Innovation Policy and the Economy**, 2013.

EISENHARDT, K. M. Making fast strategic decisions in high-velocity environments. **The Academy of Management Journal**, v. 32, n. 3, p. 543-576, set. 1989. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/256434>>. Acesso em: 06/08/2017

EISENHARDT, K.; GRAEBNER, M. Theory building from cases: Opportunities and challenges. **Academy of Management Journal**, v. 50, n. 1, p. 25–32, 2007.

EKBIA, H.; MATTIOLI, M.; KOUPER, I.; ARAVE, G.; GHAZINEJAD, A.; BOWMAN, T.; SURI, V. R.; TSOU, A.; WEINGART, S.; SUGIMOTO, C. R. Big data, bigger dilemmas: a critical review. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 66, n. 8, p. 1523-1545, 2015.

ELBANNA, S.; CHILD, J. The Influence of Decision, Environmental and Firm Characteristics on the Rationality of Strategic Decision-Making. **Journal of Management Studies**, v. 44, n. 4, p. 561–591, 2007. DOI:10.1111/j.1467-6486.2006.00670.x

_____. Implications of cognitive-experiential self-theory for research in social psychology and personality. **Journal for the Theory of Social Behavior**, v. 15, p. 283–310, 1985.

_____. Integration of the cognitive and the psychodynamic unconscious. **American Psychologist**, v. 49, n. 8, 1994.

_____. Emotions and psychology from the perspective of cognitive-experiential self-theory. In: W. F. Flack; J. D. Laird (Eds.). **Emotions in psychopathology: Theory and research**, Series in affective science. New York: Oxford University Press, 1998. p. 57-69.

_____. Demystifying Intuition: What it is, what it does, and how it does it. **Psychological Inquiry**, v. 21, n. 4, p. 295-312, 2010.

EPSTEIN, S.; PACINI, R.; DENES-RAJ, V.; HEIER, H. Individual differences in intuitive experiential and analytical-rational thinking styles. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 71, n. 2, p. 390-405, 1996.

FAHRNI, P.; SPÄTIG, M. An application-oriented guide to R&D project selection and evaluation methods. **R&D Management**, v. 20, n. 2, p. 155–171, 1990. DOI:10.1111/j.1467-9310.1990.tb00693.x

FALCÃO, M. D. Integração de tecnologias para viabilização da smart grid. III **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos**, Belém, 2010.

FAN, J.; HAN F; LIU, H. Challenges of Big Data analysis. **National Science Review**, v. 1, n. 2, p. 293–314, 2014.

FELLER, I. Peer review and expert panels as techniques for evaluating the quality of academic research. In: LINK, A.N.; VONORTAS, N.S. (Eds.). **Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation**. Cheltenham: Edward Elgar, 2013.

FENG, Bo; MAS, Jian; FAN, Zhi-Ping. An integrated method for collaborative R&D project selection: Supporting innovative research teams. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 5, p. 5532-5543, mai. 2011. ISSN 0957-4174. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.083>>. Acesso em: 06/08/2017

FERGUSON, G. Cracking the intuition code. **Business Horizons**, Chicago, v. 40, n. 1, p. 63-69, 1999.

FERGUSON, R. L.; JONES, C. H. A Computer Aided Decision System. **Management Science**, p. B550-B561, jun. 1969.

FOSTER, J. Competitive selection, self-organisation and Joseph A. Schumpeter. In: MUELLER, D.C.; CANTNER, U. (Eds.). **Capitalism and Democracy in the 21st Century**. Heidelberg: Physica, 2001.

_____. From simplistic to complex systems in economics. **Cambridge Journal of Economics**, v. 29, n. 6, p. 873–892, 2005.

FOSTER, J.; WILD, P. Econometric modelling in the presence of evolutionary change. **Cambridge Journal of Economics**, v. 23, n. 3, p. 749–770, 1999.

FOSTER, J; METCALF, S. T. Economic emergence: An evolutionary economic perspective. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 82, n. 2-3, p. 420–432, 2012.

FOUCHER, Simon. **Critique de la Recherche de la Verité** – Lettre par un academicien. Paris: S. Jacques, 1675.

FRANTZ, R. **Two Minds**: Intuition and Analysis in the History of Economic Thought. New York: Springer, 2005.

FREEMAN, C. **Technology and economic performance**: lessons from Japan. London: Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, C.; LOUCA, F. **As Time Goes By**: from the Industrial Revolutions to the Information Revolution. New York: Oxford University Press, 2001.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A Economia da Inovação Industrial**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

FREESTON, M. H.; RHEAUME, J.; LETART, H.; DUGAS, M. J.; LADOUCEUR, R. Why do people worry? **Personality and Individual Differences**, v. 17, n. 6, p. 791–802, 1994.

FRISCH, D.; BARON, J. Ambiguity and rationality. **Journal of Behavioral Decision Making**, v. 1, n. 3, p. 149–157, 1988.

FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M. **Complexidade**: uma revisão dos clássicos. Brasília: IPEA, 2014. (Texto para Discussão, n. 2019).

FURTADO, Bernardo Alves; SAKOWSKI, Patrícia A. M.; TÓVOLLI, Marina H. (Eds.). **Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas**. Brasília: IPEA, 2015.

GALBRAITH, J. **Designing Complex Organizations**. Reading: Addison-Wesley, 1973.

GALESNE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime E; LAMB, Roberto. **Decisões de Investimento da Empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GANDOMI, A.; HAIDER, M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. **International Journal of Information Management**, v. 35, n. 2, p. 137–144, 2015.

GAO, G.; GUDYKUNST, W. B. Uncertainty, anxiety, and adaptation. **International Journal of Intercultural Relations**, v. 14, n. 3, p. 301–317, 1990.

GARTNER, I. T. **Glossary - Big Data**, 2017. Disponível em: <<http://www.gartner.com/it-glossary/big-data>>. Acesso em:06/08/2017

GAZZANIGA, M. S. The split-brain revisited. **Scientific American**, v. 12, p. 27–31, 2002.

GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. The new production of knowledge: the dynamics of science and research. In: **Contemporary Societies**. London: Sage Publications Inc., 1994.

GIBBONS, Robert. **Game Theory for Applied Economists**. Princeton: Princeton University Press, 1992.

GLÖCKNER, A.; WITTEMAN, C. Beyond dual-process models: a categorization of processes underlying intuitive judgement and decision making. **Thinking and Reasoning**, v. 16, n. 1, 2010.

GORE, J.; SADLER-SMITH, E. Unpacking intuition: A process and outcome framework. **Review of General Psychology**, v. 15, n. 4, p. 304–316, 2011. DOI:10.1037/a0025069

GRIFFITHS, T. L. Manifesto for a new (computational) cognitive revolution. **Cognition**, v. 135, p. 21–23, 2015.

GROSS, M. The unknown in process: dynamic connections of ignorance, nonknowledge and related concepts. **Current Sociology**, v. 55, n. 5, p. 742–759, 2007.

GROSSMAN, G.; SHAPIRO, C. Dynamic R&D Competition. **Economic Journal**, v. 97, n. 386, p. 372-387, 1987.

GROVE, W. M.; MEEHL, P. E. Comparative efficiency of informal (subjective, impressionistic) and formal (mechanical, algorithmic) prediction procedures: The clinical-statistical controversy. **Psychology, Public Policy, and Law**, v. 2, n. 2, p. 293–323, 1996. DOI:10.1037/1076-8971.2.2.293

HAIDT, J. The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment. **Psychological Review**, v. 108, n. 4, p. 814–834, 2001.

HAMMOND, K. R.; HAMM, R. M.; GRASSIA, J.; PEARSON, T. Direct comparison of the efficacy of intuitive and analytical cognition in expert judgment. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 17, n. 5, p. 753-770, 1987.

HAMMOND, K.R. **Human Judgment and Social Policy: Irreducible Uncertainty, Inevitable Error, Unavoidable Injustice**. New York: Oxford University Press, 1996.

HARARI, Y.N. **Homo Deus: Uma breve historia do amanhã / Yuval Noah Harari**; tradução Paulo Geiger. 1º ed. – São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

HARRISON, S. H.; ROUSE, E. D. An Inductive Study of Feedback Interactions over the Course of Creative Projects. **Academy of Management Journal**, v. 58, n. 2, p. 375-404, abr. 2015.

HAUSER, M. **Moral Minds**. London: Abacus, 2006.

HAYEK, F. A. **The counter-revolution of science**: studies on the abuse of reason. Glencoe: Free Press, 1952.

_____. The Pretense of Knowledge. In: **New Studies in Philosophy, Politics, Economics and the History of Ideas**. London and Henley: Routledge & Kegan Paul, 1978.

HAYWARD, T.; PRESTON, J. Chaos theory, economics and information: The implications for strategic decision-making. **Journal of Information Science**, v. 5, n. 3, p. 173- 182, 1998.

HEIDENBERGER, K.; STUMMER, C. Research and development project selection and resource allocation: a review of quantitative modelling approaches. **International Journal of Management Reviews**, v. 1, n. 2, p. 197–224, 1999. DOI:10.1111/1468-2370.00012

HENSMAN, A.; SADLER-SMITH, E. Intuition decision making in banking and finance. **European Management Journal**, v. 29, n. 1, p. 51–66, 2011.

HESS, S. W. Swinging on the branch of a tree: projects selection applications. **Interfaces**, v. 23, n. 6, p. 5-12, 1993.

HIGHHOUSE, S. Stubborn reliance on intuition and subjectivity in employee selection. **Industrial and Organizational Psychology**, v. 1, n. 3, p. 333–342, 2008. DOI:10.1111/j.1754-9434.2008.00058.x

HILDAGO, C. A.; HAUSMANN, R. The Building Blocks of Economic Complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 26, p. 10570-10575, 2009.

HODGKINSON, G. P.; LANGAN-FOX, J.; SADLER-SMITH, E. Intuition: a fundamental bridging construct in the behavioural sciences. **British Journal of Psychology**, v. 99, n. 1, p. 1–27, 2008.

HOGARTH, R.M. **Educating Intuition**. Chicago: University of Chicago Press, 2001.

HOLLAND, J. H. **Hidden order**: how adaptation builds complexity. New York: Basic Books, 1996.

HOLT R., J. Rosser; COLANDER, D. **The Complexity Era in Economics**. Middlebury College, 2010.

HOUGH, J. R.; OGILVIE, D. An Empirical Test of Cognitive Style and Strategic Decision Outcomes. **Journal of Management Studies**, v. 42, n. 2, p. 417–448. 2005. DOI:10.1111/j.1467-6486.2005.00502.x

HUET, Pierre-Daniel. **Traité philosophique de la faiblesse de l'esprit humain**. Londres: J. Nourse, 1741.

HUTCHINSON, J. M. C.; GIGERENZER, G. Simple heuristics and rules of thumb: where psychologists and behavioural biologists might meet. Behavioural implications for strategic decision-making. **Journal of Information Science**, v. 5, n. 3, p. 173-, 2005.

HYKEL, H.; VULPIANI, A. **Forecasting in light of Big Data**. 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1705.11186> DOI: 10.1007/s13347-017-0265-3

IAMRATANAKUL, S.; PATANAKU, P.; MILOSEVIC, D. Project portfolio selection: From past to present. In: **Management of Innovation and Technology. 4^a IEEE International Conference on**, p. 287-292, 21-24 set. 2008.

IBM. Total Economic Impact of IBM 's Netezza Data Warehouse Appliance with Advanced Analytics. **Data Management and Forrester Consulting**, ago. 2011. Disponível em: < http://www.citia.co.uk/content/files/50_144-511.PDF >. Acesso em: 06/08/2017

IDC. Big Data Analytics: Future Architectures, Skills and Roadmaps for the Cio. **International Journal of Production and Operations Management**, v. 10, n. 9, 2011.

IGNATIUS, A. From the editor: big data for skeptics, **Harvard Business Review**, v. 10, p. 12-12, 2012.

IMAMVERDIYEV, Y.N. Broad perspectives and problems of big data Technologies. **Information society problems**, n. 1, p. 23-34, 2016.

Intel. Predictive Analytics 101: Next-Generation Big Data Intelligence. 2013.

IPEA. Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. **Comunicados IPEA**, n. 152, Brasília, jul. 2012.

JACQUIER-ROUX, V.; BOURGEOIS, B. New Networks of Technological Creation in Energy Industries: Reassessment of the Roles of Equipment Suppliers and Operators. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 14, n. 4, p. 399-417, 2011/12/14 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/0953732022000028791>>. Acesso em: 06/08/2017

JIN, X.; WAH, Benjamin W.; CHENG, X.; WANG, Y. Significance and Challenges of Big Data Research. **Big Data Research**, v. 2, n. 2, p. 59–64, 2015.

JUNG, C. G. Psychological types. In: COOPER, C. L.; PERVIN, L. A. (Eds.). **Personality: Critical Concepts**. London: Routledge, 1928/1998, p. 28–39.

JUNG-BEEMAN, M.; BOWDEN, E. M.; HABERMAN, J.; FRYMIARE, J.; ARAMBEL-LUI, S.; GREENBLAT, R.; REBER, P. J.; KOUNIOS, J. Neural activity when people solve verbal problems with insight. **Public Library of Science / Biology**, v. 2, p. 0500–0510, 2004.

KAHNEMAN, D. **Rápido e Devagar: duas formas de pensar**. Tradução Cássio de Arantes Leite. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. The Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. **Econometrica**, v. 46, n. 2, p. 171-185, 1979.

_____. **Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases**. New York: Cambridge University Press, 1982.

KAHNEMAN, D.; KLEIN, G. Conditions for intuitive expertise: a failure to disagree. **The American Psychologist**, v. 64, n. 6, p. 515–526, 2009.

KASSARJIAN, H. Consumer psychology. **Annual Review of Psychology**, v. 33, p. 619–649, 1982.

KEENEY, R.L.; H. RAIFFA. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**. New York: John Wiley, 1976.

KELSEY, D.; QUIGGIN, J. Theories of choice under uncertainty and ignorance. **Journal of Economic Surveys**, v. 6, n. 2, p. 133–153, 1992.

KENGPOL, A.; TUOMINEM, M. A framework for group decision support systems: an application in the evaluation of information technology for logistics firms. **International Journal of Production Economics**, n. 101, p. 159-171, 2006. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527305001416> >. Acesso em: 06/08/2017

KERWIN, A. None too solid: medical ignorance. **Science Communication**, v. 15, n. 2, p. 166–185, 1993.

KEYNES, John Maynard. **Treatise on Probability**. Londres: Macmillan, 1920

KEYNES, John Neville. **The Scope and Method of Political Economy**. New York: Kelley and Millman, 1955.

KHATRI, Naresh; NG, H. Alvin. The role of intuition in strategic decision making. **Human Relations**, v. 53, n. 1, p. 57–86, 2000. Disponível em: <
<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0018726700531004> >. Acesso em: 06/08/2017

KHORRAMSHAHGOL, Reza; AZANI, Hussein; GOUSTY, Yvan. An integrated approach to project evaluation and selection. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 35, n. 4, p. 265-270, 1988.

KLEIN, G. **Sources of power**: How people make decisions. Cambridge: MIT Press, 1998.

KNIGHT, F. H. **Risk, Uncertainty and Profit**. Boston: Houghton Mifflin, 1921.

KOCAOGLU, D. F.; IYIGUN, M. G. Strategic R&D Project Selection and Resource Allocation with A Decision Support System Application. In: **Engineering Management Conference, 1994.**'Management in Transition: Engineering a Changing World', **Proceedings of the 1994 IEEE International**, p. 225– 232, 1994.

KRASKA, T. Finding the needle in the big data systems haystack, **IEEE Internet Computing**, v. 17, n. 1, p. 84–86, 2013.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1975.

KUO, F.-Y. Managerial intuition and the development of executive support systems. **Decision Support Systems**, v. 24, n. 2, p. 89-103, 1998.

KURZWEIL, K. **Como criar uma Mente: os segredos do pensamento humano** Ray Kurzweil. Tradução Marcello Borges. São Paulo: Aleph, 2014.

LAMBERSON, P. J.; PAGE, S. E. Tipping points. **Quarterly Journal of Political Science**, v. 7, n. 2, p. 175–208, 2012.

LANDRY, L. **A study of the experience, use and development of intuition**. Tese (Doutorado). University of Massachusetts, Massachusetts, 1991.

LANE, JULIA, JASON OWEN-SMITH, REBECCA ROSEN & BRUCE WEINBERG. 2015. "New Linked Data on Research Investments: Scientific Workforce, Productivity, and Public Value." **Research Policy**. In Press.

LAWSON, C. P.; LONGHURST, P. J.; Ivey, P. C. The application of a new research and development project selection model in SMEs. **Technovation**, v. 26, n. 2, p. 242-250, 2006.

LAWSON, T. Uncertainty and economic analysis. **The Economic Journal**, v. 95, n. 380, p. 909–927, 1985.

LE DOUX, J. **The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life**. New York: Simon & Schuster, 1996.

LEE, H.; PARK, Y. An international comparison of R&D efficiency: DEA approach. **Asian Journal of Technology Innovation**, v. 113, n. 2, p. 207–221, 2005.

LEYBOURNE, S.; SADLER-SMITH, E. The role of intuition and improvisation in project management. **International Journal of Project Management**, v. 24, n. 6, p. 483–492, 2006.

LI, J.; TAO, F.; CHENG, Y.; ZHAO, L. Big data in product lifecycle management. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 81, p. 667, 2015. DOI:10.1007/s00170-015-7151-x

LIEBERMAN, M. D.; JARCHO, J. M.; SATPUTE, A. B. Evidence-based and intuition-based self-knowledge: an fMRI study. **Journal of Personality and Social Psychology**, 2004.

LIMA, C. A. F.; JANNUZZI, G. M. **Planejando o mercado de smart grid: regulamentação e compromissos com o cliente-consumidor**. Florianópolis: SNPTEE, 2011. Disponível em: <<http://www.xxisnp tee.com.br/site/>>.

LINTON, J.; KLASSEN, R.; JAYARAMAN, V. Sustainable supply chains: An introduction. **Journal of Operations Management**, v. 26, n. 6, p. 1075–1082, 2007. DOI:10.1016/j.jom.2007.01.012

LITTLE, J. D. C. Brandaid, an On-Line Marketing Mix Model, Part 2: Implementation, Calibration and Case Study. **Operations Research**, v. 23, n. 4, p. 656-673, 1975.

LIU, S.; DUFFY, A. H. B.; WHITFIELD, R.I.; BOYLE, I. M. Integration of decision support systems to improve decision support performance. **Knowledge and Information Systems**, v. 22, n. 3, p. 261-286, mar. 2010.

LUNDEVALL, B.-Å. User-Producer Relationships, National Systems of Innovation and Internationalisation. In: LUNDEVALL, B.-Å. (Ed.). **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Pinter Publisher, 1992.

LYNCH, P. **The Emergence of Numerical Weather Prediction: Richardson's Dream** Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

MACHARIS C.; VERBEKE, A.; DE BRUCKER, K. The strategic evaluation of new technologies through multi-criteria analysis: the advisors case. In: BEKIARIS, E.; NAKANISHI, Y. (Eds.). **Economic impacts of Intelligent Transport Systems: Innovations and case studies**. Amsterdam: Elsevier, 2004.

MAKIDRAKIS, S.; TALEB, N. Living in a world of low levels of predictability. **International Journal of Forecasting**, v. 25, n. 4, p. 840-844, set. 2009.

MALERBA, F. Sectoral Systems of Innovation and Production. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 247-264, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V77-459H02Y-5/2/805c2d6a3af53b43a33f2a221520a7f0>>.

MARCH, J. G. Racionalidade Restrita, Ambiguidade e a engenharia da escolha. **Edições Multiplic**, v. 2, n. 5, p. 195-225, abr. 1982.

_____. **A Primer on Decision Making**. New York: Free Press, 1994.

MARCH, J.G.; SIMON, H. **Organizations**. 2. ed. Cambridge: Blackwell Publishers, [1958]1993.

MARSHALL, Alfred; MARSHALL, Mary P. **The Economics of Industry**. Bristol: Thoemmes Press, [1879] 1994.

MARTINO, J. P. **R&D Project Selection**. New York: Wiley & Sons, 1995.

MASSAGUER et.al. Avaliação de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento: influências e desafios do contexto do setor elétrico brasileiro. **XV Congresso Latino Ibero Americana de Gestão de Tecnologia**, Porto, 2013.

MCABEE, S.T. *et al.*. Inductive reasoning: The promise of big data. **Human Resource Management Review**, v. 27, n. 2, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.hrmr.2016.08.005>>. Acesso em: 06/08/2017

MEADE, L. M.; PRESLEY, A. R&D Project Selection Using the Analytic Network Process. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 49, n. 1, p. 59-66, 2002.

MEEHL, P. E. **Clinical Versus Statistical Prediction**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1954.

MERTON, R.K. Three fragments from a sociologist's notebook: establishing the phenomenon, specified ignorance, and strategic research materials. **Annual Review of Sociology**, v. 13, p. 1–28, 1987.

METCALFE, S.; SALLES-FILHO, S. L. M.; BIN, A.; AZEVEDO, A.T.; LEONARDO, L. T. Retaking Shackle's model towards R&D and innovation planning and management. In: **15^a ISS Conference**, Jena, 2014.

MILES, I.; KEENAN, M.; KAIVO-OJA, J. **Handbook of knowledge society foresight**. Manchester: Prest, 2002.

MINELLI, M.; CHAMBERS, M.; DHJRAH, A. **Big Data, Big Analytics**: Emerging Business Intelligence and Analytic Trends for Today's Businesses. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

MINTZBERG, H. Planning on the left side and managing on the right. **Harvard Business Review**, v. 54, p. 49–58, 1976.

MITCHELI, G. R.; HAMILTON, W. F. Managing R&D as a strategic option. **Research-Technology Management**. v. 31, n. 3, p.15–22, 1988.

MITCHELL, M. **Complexity**: a guided tour. New York: Oxford University, 2009.

MOORE, J.R.; BAKER, N.R. An analytical approach to scoring model design: application to research and development. **IEEE Transaction on Engineering Management**, v. 16 n. 3, p. 90-8, 1969.

MORRIS, L. E. **Strategies and tactics to access intuition**: A look at the moment of Intuitive Judgment. New York: Cambridge University Press, 1990, p. 397–420.

MORRIS, P. A.; TEISBERG, E. O.; KOLBE, A. L. When choosing R&D projects, go with long shot. **Research and Technology Management**, v. 34, n. 1, p. 35-40, 1991.

MYERS, D.G. **Intuition**: Its Powers and Perils. Yale University Press, 2004.

NELSON, R. R. Behavior and cognition of economic actors in evolutionary economics. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 26, n. 4, p. 737, 2016. DOI: 10.1007/s00191-015-0431-7

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Belknap Press, 1982.

NEUMANN, John Von; MORGENSTERN, Oskar. **Theory of games and economic behavior**. Princeton University Press, 1944.

NOOR, A. Potential of Cognitive Computing and Cognitive Systems. **Open Engineering**, v. 5, n.1, p.75-88, 2014. DOI:10.1515/eng-2015-0008

NSF-NIH INTERAGENCY INITIATIVE *et al.*. Core techniques and technologies for advancing big data science and engineering (BIGDATA), 2012. Disponível em: <<https://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14543/nsf14543.pdf>> Acesso em: 06/08/2017

NUTT, P. C. Surprising but true: Half the decisions in organizations fail. **Academy of Management Executive**, v. 13, n. 4, p. 75-89, 1999.

OCDE. Science, Technology and Society: Public Opinion and Assessment Mechanisms. **Science and Technology Policy**, Paris, 1992.

OECD. Education at a Glance, **2011: OECD Indicators**, OECD Publishing. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/eag-2011-en>>. Acesso em:06/08/2017

ONKAL, D.; GOODWIN, P.; THOMPSON, M.; GÖNÜL, S.; POLLOCK, A. The relative influence of advice from human experts and statistical methods on forecast adjustments. **Journal of Behavioral Decision Making**, v. 22, n. 4, p. 390–409, 2009. DOI:10.1002/bdm.637

ORAL, M; KETTANI, O.; LANG, P. A methodology for collective evaluation and selection of R&D projects. **Management Science**, v. 37, n. 7, p. 871-885, 1991.

ORMALA, E. Analysis and supporting R&D project evaluation. **Technical Research Centre of Finland**, Espoo, 1986.

PARIKH, J.; NEUBAUER, F.; LANK, A. G. **Intuition: The new frontier in management**. Cambridge: Blackwell, 1994.

PARK, J. Dynamic Patent Races with risky choices. **Management Science**, v. 33, n. 12, p. 1571-1583, 1987.

PASCHALICCHIO, C. A. **Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicações nas redes de distribuição de energia elétrica no Brasil**. 2011. 147 f. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo, 2010.

PETITMENGIN-PEUGEOT, C. The intuitive experience. **Journal of Consciousness**, v. 6, n. 2-3, p. 43-77, 1999.

POH, K. L.; ANG, B. W.; BAI, F. A comparative analysis of R&D project evaluation methods. **R&D Management**, v. 31, n. 1, p. 63-75, 2001.

POINCARÉ, H. Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique. **Acta Mathematica**, v. 13, n. 1, p. 1–270, 1890.

POLANYI, M. **Personal Knowledge: Towards a Post- Critical Philosophy**. Chicago: University of Chicago Press, 1958.

POMPERMAYER, F. M.; NEGRI, F. de; CAVALCANTE, L. R. (Org.). **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P & D regulado pela Aneel**. Brasília: IPEA, 2011.

POPPER, Karl. **A Miséria do historicismo**. Tradução Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. São Paulo: Editora Cultrix e Editora USP, 1980.

POTTS, J. **The New Evolutionary Microeconomics: Complexity, Competence and Adaptive Behaviour**. Cheltenham: Edward Elgar, 2000. ISBN 1 84064 543 1

PROCTOR, R. N.; SCHIEBINGER, L. (Eds.). **Agnotology: The Making and Unmaking of Ignorance**. Stanford: Stanford University Press, 2008.

QUIGGIN, J. Economists and uncertainty. In: BAMMER, G.; SMITHSON, M. (Eds.). **Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives**. Sterling: Earthscan, 2009.

RICHARDSON, L. F. **Weather Prediction by Numerical Methods**. Cambridge: Cambridge University Press, 1922.

RITCHIE, W. J.; KOLODINSKY, R. W.; EASTWOOD, K. Does executive intuition matter? An empirical analysis of its relationship with non-profit organization financial

performance. **Non-Profit and Voluntary Sector Quarterly**, v. 36, n. 1, p. 140–155, 2007.

RIZZELLO, S. The Microfoundations of path dependency. In.: MAGNUSSON, L. e OTTOSON, J. (Org.). **Evolutionary economics and path dependence**. EUA: Edwards Elgar, 1997, p. 98-118.

ROGGE, N.; AGASISTI, T.; DE WITTE, K. Big data and the measurement of public organizations performance and efficiency: The state of the art. **Public Policy and Administration**, p. 1-19, 2017.

ROY, B. Main sources of inaccurate determination, uncertainty and imprecision. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 12, n. 10-11, p. 1245-1254, 1989.

ROY, Bernard; BOUYSSOU, Denis. **Aide multicritère à la décision**: méthodes et cas. Paris: Economica, 1993. 699 p.

SAATY, T. L., PENIWATI, K. **Group Decision Making**: Drawing out and Reconciling Differences. Pittsburgh: RWS Publications, 2008.

SADLER-SMITH, E. Cognitive style and the performance of small and medium sized enterprises. **Organization Studies**, v. 25, n. 2, p. 155–182, 2004.

SALLES FILHO *et al.* Seleção, priorização e decisão na formação de portfolios de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação: principais abordagens e desafios. IPEA, 2015. AINDA NÃO PUBLICADO

SALLES FILHO, S.; ZACKIEWICZ, M.; BONACELLI, M. B.; CASTRO, P. F. D.; BIN, A. Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia de Avaliação de Programas de Fomento a C, T&I: o método de decomposição. **Anais do XII Seminário de Gestão Tecnológica** - ALTEC, Buenos Aires, 2007.

SBICCA, Adriana; FERNANDES, André Luiz. A Racionalidade em Simon e a Firma Evolucionária de Nelson e Winter: Uma Visão Sistêmica. In: **XXXIII Encontro Nacional de Economia**, Natal, 2005.

SCHRADER, S.; RIGGS, W.; SMITH, R.P. Choice over uncertainty and ambiguity in technical problem solving. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 10, n. 1-2, p. 73–99, 1993.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Coleção Os economistas).

_____. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984.

SCOTT, Morton. M. **Management Decision Systems; Computer-based support for decision making**. Boston, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1971.

SCOTT, Morton; M. S. and J. A. Stephens. The impact of interactive visual display systems on the management planning process. **IFIP Congress**, v. 2, p. 1178-1184, 1968.

SHACKLE G. L. S. **Expectations in Economics**. Gibson Press, 1949.

_____. **Uncertainty in Economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1955.

_____. **Decision Order and Time in Human Affairs**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1969/2010.

_____. **Imagination and the Nature of Choice**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1979.

SHAKHSI-NIAEI, M.; TORABI, S.A.; IRANMANESH, S.H. A comprehensive framework for project selection problem under uncertainty and real-world constraints. **Computer & Industrial Engineering**, v. 61, n. 1, p. 226-237, 2011.

SHAPIRO, Stewart; SPENCE, Mark T. Managerial intuition: A conceptual and operational framework. **Business Horizons**, v. 40, n. 1, p. 63-68, 1997. ISSN 0007-6813. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0007-6813\(97\)90027-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-6813(97)90027-6)>. Acesso em:06/08/2017

SHEHABUDDEEN, N.; PROBERT, D.; PHAAL, R. From theory to practice: challenges in operationalizing a technology selection framework. **Technovation**, v. 26, n. 3, p. 324-335, 2006.

SHON *et al.*. Proposal reviewer recommendation system based on big data for a national research management institute. **Journal of Information Science**, v. 43, n. 2, p. 147–158, 2017. DOI: 10.1177/0165551516644168

SIMON, H. A. Administrative Behavior: a study of decision-making processes. In: **Administrative Organizations**. New York: Free Press, 1947.

_____. **The new science of management decision**. New York: Harper & Row, 1960.

_____. Rational decision making in business organizations. Nobel Memorial Lecture. **Economic Science**, p. 343-371. 1978.

_____. Making management decisions: the role of intuition and emotion. **Academy of Management Executive**, v. 1, n. 1, p. 57–64, 1987.

SINCLAIR, M.; ASHKANASY, N.M. Intuition: Myth or a Decision-Making Tool? **Management Learning**, v. 36, n. 3, p. 353–370, 2005.

SLEESMAN, D. J. Wanted: A Better Psychological Understanding of How Individuals Integrate “Big Data” Into Their Decision Making. **Industrial and Organizational Psychology**, v. 8, n. 4, p. 534–538, 2015. DOI: 10.1017/iop.2015.79.

SLOVIC, P.; FINUCANE, M.; PETERS, E.; MACGREGOR, D.G. The affect heuristic. In GILOVICH, T.; GRIFFIN, D.; KAHNEMAN, D. (Eds.). **Heuristics and Biases: The Psychology**, 2002.

SMITH, Adam. **An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations**, v. I e II. CAMPBELL, R. H.; SKINNER, A. S. Skinner (Eds.). Liberty Fund: Indianapolis, 1776 [1981].

SMITHSON, M. **Ignorance and Uncertainty: Emerging Paradigms**. New York: Springer Press, 1989.

_____. Psychology's ambivalent view of uncertainty. In: BAMMER, G.; SMITHSON, M. (Eds.). **Uncertainty and Risk: Multidisciplinary Perspectives**. Sterling, Earthscan, 2009.

SOLAK, S.; CLARKE, J. B.; JOHNSON, E. L.; BARN, E. R. Optimization of R&D project portfolios under endogenous uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 207, n. 1, p. 420–433, 2010.

SORRENTINO, R.; RONEY, C.J. The Uncertain Mind: Individual Differences. In: **Facing the Unknown**. Philadelphia: Taylor & Francis, 2000.

SORRENTINO, R. M.; SHORT, J. C. Uncertainty orientation, motivation and cognition. In: SORRENTINO, R. M.; HIGGINS, E. T. (Eds.). **The Handbook of Motivation and Cognition: Foundations of Social Behavior**. v. 1. New York: Guilford Press, 1986, p. 379–403.

SOUDER, W.E.; MANDAKOVIC, T. R&D project selection models. **Research Management**, v. 29, n. 4, p. 36-42, 1986.

SPRAGUE, R. H. Jr. A Framework for the Development of Decision Support Systems. **Management Information Systems Quarterly**, v. 4, n. 4, p. 1-26, dez. 1980.

SPRAGUE, R. H. Jr.; CARLSON, E. D. **Building Effective Decision Support Systems**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

SPRAGUE, R. H. Jr.; WATSON, H. J. Bit by Bit: Toward Decision Support Systems. **California Management Review**, v. 22, n. 1, p. 60-68, 1979.

_____. **Decision support systems: putting theory into practice**. 3. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1993.

STACEY R. D. **Strategic management and organizational dynamics: the challenge of complexity**. 3. ed. Harlow: Prentice Hall, 2002.

_____. **Complexity and Management**: fad or radical challenge to systems thinking? Routledge, 2000, 240 p.

STANOVICH, K. E.; WEST, R. F. Individual differences in reasoning: implications for the rationality debate. **Behavioural and Brain Sciences**, v. 23, p. 645–726, 2000.

STEWART, T. J. A Multi-criteria Decision Support System for R&D Project Selection. **Operational Research Society**, v. 42, n. 17, 1991. DOI:10.1057/jors.1991.3

SUN, H.; MA, T. A packing-multiple-boxes model for R&D project selection and scheduling. **Technovation**, v. 25, n. 11, p. 1355–1361, 2005.

SUN, Z.; PAMBEL, F.; WANG, F. Incorporating big data analytics into enterprise information systems. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 9357, p. 300-309, 2015.

SYED, A.; GILLELA, K.; VENUGOPAL, C. The Future Revolution in Big Data. **International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering**, v. 2, n. 6, 2013.

TALEB, Nassim. **A Lógica do Cisne Negro**: o impacto do altamente improvável. Tradução Marcelo Schild. 8. ed. Rio de Janeiro: Best Business, 2014.

TAMBE, P.; HITT, L. M.; BRYNJOLFSSON, E. The Extroverted Firm: How External Information Practices Affect Innovation and Productivity. **Management Science**, v. 58, n. 5, p. 843-859, 2012. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=1304775>>. Acesso em:06/08/2017

TANNERT, C.; ELVERS, H.; JANDRIG, B. The ethics of uncertainty. In the light of possible dangers, research becomes a moral duty. **EMBO Reports**, v. 8, n. 10, p. 892–896, 2007.

TETLOCK, Philip E. **Expert Political Judgment**: How Good Is It? How Can We Know? Princeton: Princeton University Press, 2005.

THOMPSON, James D. **Organizations in Action**: Social Science Bases of Administrative Theory. New Brunswick: Transaction Publishers, 1967.

TIPPING, J. W.; ZEFFREN, E.; FUSFELD, A. R. Assessing the Value of Your Technology. **Research Technology Management**, v. 38, n. 5, p. 22-39, 1995.

TOWNSEND, E. C. **Investment and Uncertainty**. Harlow: Oliver & Boyd, 1969.

TRITLE, G. L.; SCRIVEN, E. F.; FUSFELD, A. R. Resolving Uncertainty in R&D Portfolio. **Industrial Research Institute**. Arlington, nov.-dez, 2000.

VAN DE BOSS, K. Uncertainty Management: The Influence of Uncertainty Salience on Reactions to Perceived Procedural Fairness. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 80, n. 6, 2001.

_____. Making Sense of Life: The existential self trying to deal with personal uncertainty. **Psychological Inquiry**, 2009.

VAUGHAN, F. E. **Awakening Intuition**. New York: Doubleday, 1979.

VERBANO, Chiara; NOSELLA, Anna. Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. **European Journal of Innovation Management**, v. 13, n. 3, p. 355-379, 2010.

VESPIGNANI, A. Predicting the Behavior of Techno-Social Systems. **Science**, v. 325, n. 5939, p. 425-428, 24 jul. 2009. DOI: 10.1126/science.1171990

VONORTAS, N. S.; HERZFELD, H. R. R&D project selection in the public sector. **Journal of Policy Analysis & Management**, v. 17, n. 4, p. 621-638, 1998.

WAKEHAM, Joshua. Uncertainty: History of the Concept. **International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences**, 2. ed. 2015.

WALLY, S.; BAUM, R. J. Personal and structural determinants of the pace of strategic decision making. **Academy of Management Journal**, v. 37, n. 4, p. 932-956, 1994.

WANG, Hai; XU, Zeshui; FUJITA, Hamido; LIU, Shousheng. Towards felicitous decision making. **Information Science**, v. 367, p. 747-765, nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ins.2016.07.007>

WEAVER, Warren. A Quarter Century in the Natural Sciences. **The Rockefeller Foundation Annual Report**, 1958. (cap 1, "Science and Complexity")

WEINER, B. **An attributional theory of motivation and emotion**. New York: Springer-Verlag, 1986.

WILSON, T. D.; GILBERT, D. T.; CENTERBAR, D. B. **Making sense**: The causes of emotional evanescence. Em I. Brocas e J. Carillo, eds., 2003.

WINKOFSKY, E. P.; BAKER, N. R.; SWEENEY, D. J. A decision process model of R&D resource allocation in hierarchical organizations. **Management Science**, v. 27, n. 3, p. 268-283, 1981.

WITT, U. Evolutionary economics and psychology. In: LEWIS, A. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Psychology and Economic Behaviour**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008, p. 493–511.

WU, Zhaohui; CHIN, Ooi Beng. From Big Data to Data Science: A Multi-disciplinary Perspective. **Big Data Research**, n. 1, p. 1, ago. 2014. ISSN 2214-5796. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bdr.2014.08.002>>. Acesso em:06/08/2017

YIU, C. The Big Data Opportunity: Making government faster, smarter and more personal. **Policy Exchange**, 2012.

YLIOJOKI, O.; PORRAS, J. Perspectives to Definition of Big Data: A Mapping Study and Discussion. **Journal of Innovation Management**, v. 4, n. 1, p. 69-91, 2016.

ZICKAR, M. J.; CARTER, N. T. Reconnecting with the spirit of workplace ethnography: A historical and methodological review. **Organizational Research Methods**, v. 13, n. 2, p. 304–319, 2010.

ZIMMERMANN, H. J. An application-oriented view of modeling uncertainty European. **Journal of Operational Research**, v. 122, n. 2, p.190-198, 2000.