

Cadastre-se em **www.elsevier.com.br**
para conhecer nosso catálogo completo,
ter acesso a serviços exclusivos no site
e receber informações sobre nossos
lançamentos e promoções.

Paulo Augusto Cauchick Miguel
(coordenador)
Afonso Fleury
Carlos Henrique Pereira Mello
Davi Noboru Nakano
Edson Pinheiro de Lima
João Batista Turrioni
Linda Lee Ho
Reinaldo Morabito
Roberto Antonio Martins
Rui Sousa
Sérgio E. Gouvêa da Costa
Vitória Pureza

METODOLOGIA DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E GESTÃO DE OPERAÇÕES

2ª Edição



© 2012, Elsevier Editora Ltda.

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19/02/1998.

Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Coordenação editorial: Sílvia Lima

Copidesque: Ivone Teixeira

Revisão: Marília Pinto de Oliveira

Editoração Eletrônica: SBNIGRI Artes e Textos Ltda.

Elsevier Editora Ltda.

Conhecimento sem Fronteiras

Rua Sete de Setembro, 111 – 16º andar

20050-006 – Centro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Rua Quintana, 753 – 8º andar

04569-011 – Brooklin – São Paulo – SP – Brasil

Serviço de Atendimento ao Cliente

0800-0265340

sac@elsevier.com.br

ISBN 978-85-352-4850-0 (recurso eletrônico)



Nota: Muito zelo e técnica foram empregados na edição desta obra. No entanto, podem ocorrer erros de digitação, impressão ou dúvida conceitual. Em qualquer das hipóteses, solicitamos a comunicação ao nosso Serviço de Atendimento ao Cliente, para que possamos esclarecer ou encaminhar a questão.

Nem a editora nem o autor assumem qualquer responsabilidade por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens, originados do uso desta publicação.

Embora os autores tenham colocado seu melhor esforço na escrita deste livro, eles não assumem qualquer responsabilidade por erros ou omissões, ou qualquer dano que possa resultar das informações aqui apresentadas.

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte.
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

M552

Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações [recurso eletrônico] / Paulo Augusto Cauchick Miguel (organizador). – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

recurso digital (Abepro)

Formato: Flash

Requisitos do sistema: Adobe Flash Player

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-352-4850-0 (recurso eletrônico)

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Metodologia. 2. Controle de produção – Pesquisa – Metodologia. 3. Administração da produção – Pesquisa – Metodologia. 4. Pesquisa – Metodologia. 5. Livros eletrônicos. I. Miguel, Paulo Augusto Cauchick, 1962-. II. Associação Brasileira de Engenharia da Produção. III. Série.

11-3462.

CDD: 658.50072

CDU: 658.5:001.8

Agradecimentos

A lista é muito grande. Algumas pessoas são nominadas na Introdução. Se esquecemos alguém por favor nos perdoem. Aqueles que nos ajudaram, de algum modo, contribuindo, direta ou indiretamente para este livro também merecem nossos sinceros agradecimentos.

O autor agradece os professores do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, Fernando Antonio Forcellini, Enzo Morozini Frazon, Jaime Baú e Lucila Maria de Souza Campos pela colaboração e parceria nas aulas de Monografia I dos cursos de graduação em Engenharia de Produção Mecânica, Engenharia de Produção Civil e Engenharia de Produção Elétrica da UFSC. Em especial agradece aos professores Fernando Antonio Forcellini e Eunice Passaglia pela oportunidade de ministrar a disciplina de metodologia em cursos de especialização da UFSC. O autor também agradece os seguintes professores da Escola Politécnica da USP, pela oportunidade de participação em cursos de especialização *lato sensu* da Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV), ministrando disciplinas, orientando ou avaliando TCCs: Fernando Laurindo (curso de especialização em tecnologia da informação), Gregório Bauer (curso de especialização em gestão de projetos), Marly Monteiro de Carvalho (curso de especialização em gestão de projetos), Mauro Spínola (curso de especialização em tecnologia da informação), Paulino Francischini (curso de especialização em administração de serviços), Rafael Muscat (curso de especialização em gestão da qualidade) e Renato Moraes (curso de especialização em gestão de projetos).

Apresentação

É com grande satisfação que apresento a segunda edição do livro *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Esta segunda edição reflete o inquestionável sucesso que a obra alcançou junto à comunidade brasileira de Engenharia de Produção. Este sucesso reflete a escolha acertada do tema do livro e o zelo e cuidado com os quais ele foi construído.

A primeira edição deste livro foi o resultado do trabalho e da experiência de nove pesquisadores ligados a algumas das mais prestigiosas instituições de ensino e pesquisa em Engenharia de Produção do país. A experiência de longos anos de ensino e pesquisa coloca esses profissionais em uma posição extremamente favorável para a elaboração deste livro. Vale destacar que a carreira de ensino e pesquisa dos autores foi construída em cursos de Engenharia de Produção. Este fato torna-se relevante na medida em que o livro tem características que o tornam especialmente adaptado às pesquisas em Engenharia de Produção. Pesquisadores da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e da Universidade Católica Portuguesa (Portugal) juntaram-se a esta prestigiosa equipe para a elaboração desta segunda edição. Os aportes teóricos e empíricos trazidos por estes novos pesquisadores incrementaram ainda mais a qualidade da obra. Além disso, outros ajustes foram realizados em vários dos capítulos da primeira edição do livro. Estes ajustes foram o resultado de avanços teóricos nas áreas de conhecimentos cobertas, de novas experiências empíricas dos autores, além do atendimento a críticas e sugestões dos leitores.

Este texto supre uma carência importante na literatura nacional especializada em Engenharia de Produção. O número de publicações de pesquisadores brasileiros em periódicos nacionais e internacionais vem aumentando rapidamente nos últimos anos. Este aumento também pode ser verificado na área da Engenharia de Produção (EP). No entanto, a comunidade de EP tem condições de aumentar ainda mais este nível de publicação. Para isso, é vital que os trabalhos científicos gerados nas pesquisas dos nossos cientistas estejam ancorados em uma base metodológica teoricamente sólida e adaptada aos problemas estudados por nossos pesquisadores. Obviamente que a publicação em periódicos nacionais e internacionais não pode e não deve ser um fim em si mesmo.

Todavia, ela sinaliza a qualidade do trabalho de pesquisa desenvolvido e o interesse que ele desperta na comunidade acadêmica e empresarial.

O livro *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações* aborda um tema transversal a todas as áreas da Engenharia de Produção. Trata-se, portanto, de leitura indispensável para todos aqueles que realizam pesquisas em Engenharia de Produção. Pesquisadores seniores, mas também mestrandos, doutorandos e estudantes de graduação em fase de construção de suas monografias, encontrarão neste livro o material necessário para discutir, definir e justificar a melhor metodologia a ser utilizada na abordagem dos seus problemas de pesquisa.

Dois capítulos desta obra são novos. O primeiro dele, capítulo nove, traz uma abordagem de pesquisa que vem sendo desenvolvida e utilizada por pesquisadores brasileiros na Universidade de Cambridge, no Reino Unido. Por sua vez, o capítulo dez preenche uma lacuna importante da primeira edição. Ele destina-se a orientar a elaboração de monografias de conclusão de cursos de graduação e de cursos *lato sensu* de pós-graduação. O aumento do número destes cursos no Brasil é notável. Uma das consequências deste crescimento no número de cursos é o grande número de monografias que são redigidas no país a cada ano. A obra em geral, e este capítulo em particular, contribuem de forma importante para a qualidade destes trabalhos.

Aos leitores eu deixo o prazer de descobrir o conteúdo do livro e a forma pela qual ele pode robustecer cientificamente o trabalho dos acadêmicos e profissionais em Engenharia de Produção do país.

Boa leitura!

Mário Otávio Batalha

Professor e Pesquisador do PPG-EP da UFSCar

Ex-Coordenador do Núcleo Editorial da ABEPRO

Paulo Augusto Cauchick Miguel (organizador)

Livre Docência em Engenharia de Produção (USP, 2006), Pós-doutorado em Gestão da Qualidade (*Malcolm Baldrige National Quality Award*, NIST – *National Institute of Standards and Technology*, EUA, 2004), PhD em *Manufacturing Engineering* (*The University of Birmingham*, Inglaterra, 1996), Mestrado em Engenharia Mecânica (UNICAMP, 1992), Especialização em Processos de Fabricação/Automação da Manufatura (UNIMEP, 1989) e Graduação em Engenharia de Produção Mecânica (UNIMEP, 1986). Teve atuação industrial na área de Planejamento de Processos em empresas do setor automotivo e de máquinas-ferramenta (1985-1990). Atua no ensino e pesquisa em Engenharia de Produção desde 1990, com ênfase nas áreas de Desenvolvimento de Produto & Gestão e Engenharia da Qualidade. Foi membro de comitês do CNPq (2003 e 2005) e CAPES (2006 e 2007). Desde 2010 é Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e participa como professor colaborador no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), desde 2004.

Afonso Fleury

É professor titular da Universidade de São Paulo. Na condição de *Visiting Scholar*, trabalhou junto ao Institute of Development Studies da University of Sussex, Tokyo Institute of Technology, Laboratoire Territoire, Technologies et Sociétés da Ecole Nationale des Ponts et Chaussées e Institute for Manufacturing da University of Cambridge. Desenvolveu estudos e projetos para International Labour Office, United Nations University, PNUD/UNCTAD, entre outros. Tem experiência na área de engenharia de produção, com ênfase em organização do trabalho, gestão da tecnologia e da engenharia, gestão de operações globais. Atua principalmente nas áreas de administração de empresas, cadeias produtivas, internacionalização, administração e planejamento estratégico, análise e planejamento. É Vice-Presidente Américas da Production and Operations Management Society, Associate Editor do *Journal of Manufacturing Technology Management* (Inglaterra) e Regional Editor do *Operations Management Research* (Estados Unidos).

Carlos Henrique Pereira Mello

Graduação em engenharia mecânica com ênfase em gerência da produção pela Universidade Federal de Itajubá (1994), mestrado em engenharia de produção pela Universidade Federal de Itajubá (1998) e doutorado em engenharia de produção pela Universidade de São Paulo (2005). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Itajubá. Tem experiência na área de gestão da qualidade e desenvolvimento de produtos, com ênfase em engenharias, atuando principalmente em serviços, desenvolvimento de serviços, qualidade, sistema de gestão da qualidade, gestão do desenvolvimento de produtos e gestão de projetos.

Davi Noboru Nakano

Graduado em engenharia mecânica pela Universidade de São Paulo (1982), mestrado (1997) e doutorado (2002) em engenharia de produção pela Universidade de São Paulo. Pesquisador visitante na University of Alberta, Canadá (2000). Tem experiência profissional de 12 anos em empresas dos ramos petroquímico, têxtil e automotivo. Atualmente é professor doutor da Universidade de São Paulo, revisor dos periódicos: *Gestão e Produção*, *Produção*, *RAUSP* e *RAE*. Seus interesses de pesquisa incluem gestão do conhecimento, empresas de serviços profissionais e indústrias criativas.

Edson Pinheiro de Lima

Graduado em engenharia industrial elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1989), com mestrado em engenharia elétrica (automação) pela Universidade Estadual de Campinas (1993) e doutorado em engenharia de produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001), quando fez o estágio sanduíche na Escola de Engenharia Industrial da Universidade Politécnica de Madri, Espanha (2000). Desenvolveu projeto de pós-doutorado no *Operations Management Group* da *Warwick Business School*, Inglaterra (2007). Atualmente é professor titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e professor associado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Sua área de atuação é gestão de operações, com ênfase em estratégia de operações, medição de desempenho e operações sustentáveis.

João Batista Turrioni

Graduação em engenharia de produção pela Universidade Federal de Itajubá (1983), mestrado em engenharia (engenharia de produção) pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em engenharia (engenharia de produção) pela Universidade de São Paulo (1999) e pós-doutorado na University of Texas at Austin (2008). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Itajubá. Tem experiência na área de engenharia de produção, com ênfase em garantia de controle de qualidade, atuando principalmente em qualidade, gestão da qualidade, QFD, ISO 9000 e qualidade em serviços.

Linda Lee Ho

Graduação em Estatística pela Universidade de São Paulo (1978), mestrado em estatística pela Universidade de São Paulo (1987), doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (1995). Atualmente é professora titular do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e pesquisadora do CNPq nível 1B em Engenharia de Produção e Transportes. Desde 2008 é editora-chefe do periódico *Produção*. Tem experiência na área de engenharia de produção com ênfase em estatística aplicada em controle estatístico de processo.

Reinaldo Morabito Neto

Graduação em engenharia civil pela Universidade Estadual de Campinas (1984), mestrado em ciências da computação e matemática computacional pela Universidade de São Paulo (1989), doutorado em engenharia de transportes pela Universidade de São Paulo (1992) e livre-docência em engenharia mecânica pela Universidade de São Paulo (1998). Desenvolveu projeto de pós-doutorado na Sloan School of Management do Massachusetts Institute of Technology (1994). Atualmente é professor associado da Universidade Federal de São Carlos e pesquisador CNPq nível 1A em engenharia de produção e transportes. Tem experiência na área de engenharia de produção com ênfase na aplicação de modelos e métodos de pesquisa operacional em sistemas de produção e logística.

Roberto Antonio Martins

Graduação em engenharia de produção mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (1990), mestrado em engenharia (engenharia de produção) pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em engenharia (engenharia de produção) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1999). Atualmente é professor associado da Universidade Federal de São Carlos lotado no Departamento de Engenharia de Produção. Tem experiência na área de engenharia de produção com ênfase em medição de desempenho e gestão da qualidade, atuando principalmente em medição de desempenho, indicadores de desempenho, sistemas de medição de desempenho, melhoria contínua e gestão da qualidade.

Rui Sousa

Rui Sousa é Doutor (Ph.D.) em Gestão de Operações pela London Business School. A sua pesquisa de Ph.D. – baseada no método de caso – recebeu o 2000/2001 EFQM ph.D. Thesis Award, um prêmio internacional atribuído pela European Foundation for Quality Management para a melhor tese de doutoramento em Gestão da Qualidade, reconhecendo um contributo excepcional para a prática e conhecimento

científico. A sua investigação recebeu diversas distinções e foi publicada em revistas de referência, tais como *Journal of Operations Management*, *Production and Operations Management*, *International Journal of Operations & Production Management* e *Journal of Service Research*. Rui Sousa é membro de vários corpos editoriais de revistas científicas (e.g., JOM, IJOPM) e membro da Direcção da *European Operations Management Association*, na qual é *Chair* da *Educations and Meetings Team*. Lecionou na *London Business School*, *London School of Economics* e nas principais escolas de negócios em Portugal. Consultor de Gestão de Operações e Qualidade, com trabalho realizado na *Rank Xerox*, *Siemens* e *PAC International* (vencedora do “UK Best Factory Award”, 1998). Os seus interesses de investigação centram-se na gestão de serviços multicanal, gestão da qualidade e estratégia de operações. Atualmente, é Professor Associado na Universidade Católica Portuguesa (Porto).

Sérgio E. Gouvêa da Costa

Graduado em engenharia industrial elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1989), com mestrado em engenharia elétrica (automação) pela Universidade Estadual de Campinas (1993) e doutorado em engenharia (engenharia de produção) pela Universidade de São Paulo (2003), quando fez o estágio sanduíche no *Institute for Manufacturing* da Universidade de Cambridge, Inglaterra (2000-2001). Desenvolveu projeto de pós-doutorado no *Edward P. Fitts Department of Industrial and Systems Engineering* da *North Carolina State University*, EUA (2009-2010). Atualmente é professor titular da Pontifícia Universidade Católica do Paraná e professor adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Sua área de atuação é gestão de operações, com ênfase em estratégia de operações, medição de desempenho, operações sustentáveis e PCP.

Vitória Maria Miranda Pureza

Graduação em engenharia química pela Universidade Estadual de Campinas (1987), mestrado em engenharia elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1990), doutorado em engenharia elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1996) e pós-doutorado pelo *Centre de Recherche sur les Transports*, Université de Montreal (2007). É atualmente professora associada no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos. Sua área de atuação é pesquisa operacional, com ênfase em métodos heurísticos para problemas de otimização combinatória, em particular problemas de corte e empacotamento e problemas de roteamento e programação de veículos.

Este livro vem em muito boa hora. Representa mais um passo importante no sentido do amadurecimento e consolidação da engenharia de produção como área de pesquisa relevante no país.

Como pesquisador, fui apresentado aos conceitos e técnicas metodológicas em pesquisa quando fazia meu doutoramento na Universidade de Warwick, no Reino Unido. Estando lá ligado a um departamento de administração de empresas e sendo egresso de um departamento de engenharia de produção, onde havia recentemente terminado meu mestrado, impressionou-me a diferença na exigência e ênfase nos aspectos metodológicos de pesquisa, entre os dois departamentos. Comecei então a aprofundar-me mais no tema e passei a entender melhor a sua importância vital para o progresso da engenharia de produção como área de pesquisa. Na minha volta ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP em 1992, onde à época ensinava, fiz parte de um grupo de professores que passou a estudar, discutir e analisar mais intensamente o tema de metodologia de pesquisa em engenharia de produção.

Percebemos que a engenharia de produção, se tem partes que são “laboratoriáveis”, podendo compartilhar métodos de pesquisa com outras áreas mais tecnológicas da engenharia, tem também áreas de pesquisa limítrofes e até superpostas a áreas da administração de empresas, claramente uma ciência social. Concluímos que, se pretendíamos que nossas atividades de pesquisa pudessem ser consideradas como “ciência” e que se estávamos lidando, pelo menos em algumas de nossas áreas de atuação, com sistemas sociais ou sociotécnicos – como os sistemas produtivos das organizações –, teríamos necessariamente de nos tornar proficientes também nas metodologias de pesquisa em ciências sociais.

O esforço desse grupo culminou com a formatação e introdução de um seminário de metodologia de pesquisa para nossos mestrandos e doutorandos, que tive o prazer de conduzir por alguns semestres, do início para meados dos anos 90, e que incluía não apenas o estudo de métodos quantitativos de pesquisa – com os quais estávamos relativamente mais familiarizados –, mas também (e esta talvez tenha sido a maior inovação do seminário) o estudo dos métodos qualitativos das ciências sociais.

A partir daí passamos, na Escola Politécnica, a ter padrões de exigência metodológica mais elevados nas orientações e avaliações de nossas dissertações de mestrado e teses de doutoramento. Movimentos similares ocorreram paralela e subsequentemente em outros departamentos de engenharia de produção no país. Gradualmente, junto com a crescente integração do Brasil (e seus pesquisadores) com a comunidade global de pesquisa, principalmente a partir de meados dos anos 90, a lacuna tem sido reduzida entre a robustez metodológica das peças de pesquisa produzidas no Brasil e aquelas produzidas nos melhores centros do mundo.

Isso tem duas implicações: uma é que nossas pesquisas aumentam suas possibilidades de ser publicadas nos periódicos internacionais mais prestigiosos e importantes (que têm, em geral, padrões de exigência mais altos no quesito *metodologia de pesquisa*) – e isso tem sido uma exigência crescente, tanto do ponto de vista da Capes como das próprias instituições de ensino e pesquisa. Entretanto, e acima de tudo, a implicação mais importante é que o bom uso de metodologia é condição essencial para que nossos esforços de pesquisa de fato contribuam, sobre bases científicas sólidas, para a expansão do conhecimento que, em última análise, vai contribuir com o desenvolvimento de processos produtivos melhores, mais eficientes e sustentáveis e, por conseguinte, com a construção de uma sociedade melhor e mais justa.

É importante que o pesquisador tenha muito claro que o que separa um trabalho científico de um trabalho meramente opinativo, de “divulgação” ou “jornalístico” é o uso de metodologia científica robusta (embora o bom jornalismo possa também não prescindir do uso de metodologias adequadas). Metodologia científica bem escolhida e usada não apenas dá legitimidade às conclusões atingidas pela pesquisa, mas, acima de tudo, informa a respeito de como chegar a melhores conclusões, que estejam mais próximas da verdade buscada.

Embora esse esforço de formação de pesquisadores em engenharia de produção mais bem equipados do ponto de vista metodológico esteja em constante evolução no país, ainda havia uma lacuna importante: a inexistência até agora de um manual, um livro que compilasse as principais abordagens e técnicas metodológicas quantitativas, qualitativas e híbridas, tendo como foco específico a pesquisa em engenharia de produção.

Este livro contribui substancialmente para preencher essa lacuna. É leitura obrigatória para estudantes, professores e pesquisadores que pretendam dar uma contribuição mais efetiva para a expansão do conhecimento na área de engenharia de produção e, claro, como consequência, ter suas pesquisas publicadas nos melhores periódicos do mundo.

Henrique Corrêa
Rollins College, Winter Park, Flórida, Estados Unidos

Introdução

Paulo A. Cauchick Miguel

Há alguns anos, pesquisadores de diversas instituições de ensino superior, públicas e privadas, têm discutido a necessidade da presente proposta: uma obra em português que reunisse os métodos de pesquisa típicos na engenharia de produção e gestão de operações. A necessidade deste livro surge do constante aumento da demanda de trabalhos científicos, seja em função da avaliação da qualidade de teses e dissertações ou pelo aumento da exigência de publicação de artigos em periódicos nacionais e no exterior. Esta obra pretende contribuir com a preparação de futuros pesquisadores na definição da abordagem metodológica de pesquisa e com o aprimoramento dos pesquisadores mais experimentados. Na realidade, durante várias décadas, o aspecto metodológico de pesquisa na engenharia de produção foi praticamente negligenciado, com exceção de umas poucas iniciativas dessa natureza, pois os trabalhos, em geral, praticamente não consideravam uma caracterização clara da abordagem metodológica de pesquisa, bem como os métodos e técnicas para a coleta e análise dos dados (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2009). Assim, por meio da iniciativa precursora dos professores Afonso Fleury, da USP (Universidade de São Paulo), João Turrioni, da Unifei (Universidade Federal de Itajubá), e Roberto Martins, da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), teve início a elaboração da presente proposta. Mais tarde, outros pesquisadores foram convidados a fazer parte da proposta, incluindo a participação de Paulo A. Cauchick Miguel, da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina, que na ocasião era professor da USP), bem como a de Carlos Mello, da Unifei, Reinaldo Morabito e Vitória Pureza, da UFSCar, e Linda Lee Ho, da USP. Mais tarde, outros pesquisadores do Brasil e de Portugal fizeram sua contribuição para esta edição: Rui Sousa (Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal) e Edson Pinheiro de Lima e Sérgio Gouvêa da Costa (Pontifícia Universidade Católica do Paraná e Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Tem-se, então, a contribuição de onze pesquisadores vinculados a instituições de ensino superior importantes no país, com cursos de graduação e pós-graduação em engenharia de produção. O grupo é composto por pesquisadores com experiência em engenharia de produção, sendo vários deles pesquisadores de produtividade em pesquisa do CNPq.

Direta ou indiretamente, outros pesquisadores importantes na engenharia de produção, administração e gestão de operações também trouxeram sua contribuição, por meio de iniciativas no passado recente, compartilhando seu conhecimento na forma de cursos no exterior, disciplinas de pós-graduação, discussões, palestras etc. Esses pesquisadores também merecem nossos agradecimentos: Alvaro Abackerli, hoje atuando no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), em São Paulo; Christer Karlsson, da *Copenhagen Business School*, Dinamarca; Henrique Corrêa, atualmente professor no Rollins College, nos Estados Unidos da América; José Antonio Carnevalli, atualmente professor da Pontifícia Universidade Católica de Campinas; José Arantes Salles, professor do mestrado em engenharia de produção da Universidade Nove de Julho; Lin Cheng da Universidade Federal de Minas Gerais; e Rui Sousa, da Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal.

Assim, o objetivo da presente introdução é apresentar, em linhas gerais, o contexto e a estrutura deste livro, organizado em dez capítulos. Nesta segunda edição, a proposta inicial foi revista, buscando ampliar o seu conteúdo, revisando os capítulos anteriores e incluindo novos capítulos sendo um deles voltado para a graduação. Inicialmente, aspectos importantes da pesquisa científica são apresentados no Capítulo 1, com ênfase nos princípios que regem a pesquisa científica e nos seus elementos fundamentais. No final do capítulo são também apresentados os principais esquemas interpretativos da pesquisa científica. Na sequência, o Capítulo 2 objetiva apresentar uma proposta de planejamento do projeto de pesquisa em uma subárea de engenharia de produção e gestão de operações que tem sido denominada gestão de produção e operações. O Capítulo 3 faz uma síntese das abordagens quantitativa e qualitativa de pesquisa, bem como dos princípios e da racionalidade de cada uma delas e os respectivos métodos e técnicas de pesquisa mais apropriados. A seguir, o Capítulo 4 apresenta os tipos de abordagens metodológicas de pesquisa mais típicas na engenharia de produção por meio de uma análise dos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP).

Um marco importante nas publicações sobre metodologia de pesquisa em gestão de operações foi a publicação de um número especial do volume 22 do *International Journal of Operations and Production Management* em 2002, que continha, basicamente, quatro artigos relacionados aos métodos de pesquisa (BERTRAND e FRANSOO, 2002; COUGHLAN e COUGHLAN, 2002; FORZA, 2002; VOSS *et al.*, 2002). Nos capítulos seguintes desta obra (Capítulos de 5 a 8), são apresentados esses métodos de pesquisa, bastante comuns na engenharia de produção e gestão de operações. O Capítulo 5 descreve os levantamentos do tipo *survey* que são também denominados pesquisa de avaliação, onde o pesquisador geralmente avalia uma amostra significativa acerca de um problema a ser investigado a fim de extrair conclusões acerca dessa amostra. Primeiramente, o capítulo apresenta uma discussão sobre a interação entre a estatística e a pesquisa científica, os diferentes tipos de variáveis geradoras de dados, o planejamento da pesquisa, a análise descritiva de dados e um resumo e diretrizes sobre as técnicas de análise de dados. No seu fechamento, o capítulo apresenta os diferentes tipos de *surveys* (exploratórios, descritivos

ou explanatórios), suas etapas de execução e métodos e técnicas para a coleta e análise dos dados, com base nos princípios apresentados no início do capítulo.

O Capítulo 6 aborda o estudo de caso, uma abordagem de pesquisa muito utilizada na engenharia de produção. É um estudo empírico que busca investigar um dado fenômeno contemporâneo considerando o contexto real onde este fenômeno se insere. Esta análise é feita por meio de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. A principal tendência no estudo de caso é que ele tenta esclarecer uma decisão (ou um conjunto de decisões) o motivo pelo qual foi tomada, como foi implementada e com quais resultados. Além de destacar as etapas para a condução de um estudo de caso, o capítulo também sugere algumas recomendações para a sua condução. O capítulo traz a competência e experiência internacional de um dos autores na sua revisão, na busca de melhorar ainda mais a adoção desta abordagem metodológica de pesquisa, extensivamente adotada no país, mas que também tem grandes limitações em termos de aplicação.

O Capítulo 7 apresenta a pesquisa-ação, que é um dos métodos qualitativos de abordagem de problemas, que cobre muitas formas de pesquisa orientada para a ação. O capítulo detalha esse método de pesquisa, apresentando um processo cíclico de cinco passos: planejamento da pesquisa, coleta de dados, análise de dados, tomada de ação e avaliação da ação, levando para outro planejamento, e assim sucessivamente. Por meio da observação participante, o pesquisador interfere no objeto de estudo de forma cooperativa com os participantes da ação para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

O Capítulo 8 endereça à metodologia de pesquisa baseada em modelagem quantitativa em gestão de produção e operações, com especial ênfase na metodologia em pesquisa operacional no contexto da engenharia de produção. Também são discutidas as principais diferenças entre as classes de pesquisa quantitativa (axiomática e empírica, descritiva e normativa), utilizando-se exemplos ilustrativos, e são descritas as etapas envolvidas no processo de modelagem (definição do problema, construção do modelo, solução do modelo, validação do modelo e implementação da solução), assim como os principais métodos e técnicas de solução de problemas.

O Capítulo 9 foi incluído na presente edição. É apresentada a abordagem por processos, considerando a visão de Cambridge no Reino Unido, trazida por pesquisadores brasileiros. Esta abordagem considera um método para a concepção e desenvolvimento de processos de operacionalização de *frameworks* conceituais, auxiliados por um conjunto de instrumentos e coordenados por procedimentos de gerenciamento. A validação e teste do processo criado a partir da abordagem por processos são realizadas através de estudos de caso e fazendo uso da pesquisa-ação (apresentados nos Capítulos 6 e 7, respectivamente).

O Capítulo 10 vem preencher uma lacuna importante associada a elaboração de monografias. São apresentados os princípios para a adoção de métodos e técnicas em monografias, mais especificamente voltadas para trabalhos de conclusão de cursos de graduação e também de especialização, no nível de pós-graduação *lato sensu*. Também são

discutidos aspectos da formulação da oportunidade do desenvolvimento da monografia, construção da fundamentação teórica, definição de objetivos, etapas do trabalho e métodos e técnicas a serem adotados. Este capítulo veio de uma necessidade premente na engenharia de produção que não pôde ser atendida na edição anterior.

Cabe destacar que existem outras abordagens de pesquisa e nem todas são detalhadas neste livro, como no caso de experimento, *grounded theory*, entre outras. Outro ponto que merece destaque é que as abordagens metodológicas de pesquisa apresentadas têm características próprias e são, em geral, empregadas individualmente. A Tabela 1, adaptada do trabalho de Corrêa (1992), apresenta requisitos importantes de algumas dessas abordagens metodológicas de pesquisa e de outras não detalhadas nesta obra. Como pode ser visto na tabela, cada um dos tipos de pesquisa apresenta características diferenciadas, que são retomadas mais à frente em cada capítulo específico. Embora essas abordagens sejam geralmente utilizadas individualmente, uma proposta de pesquisa pode ser caracterizada como multimétodo, ou seja, pode envolver a adoção de mais de uma abordagem metodológica de pesquisa, o que, hoje em dia, é extremamente bem-vindo.

Tabela 1 – Métodos, Requisitos e Características Principais (adaptada de CORRÊA, 1992)

Requisitos/Características	Experimento	Survey	Estudo de Caso	Pesquisa-ação
Presença do pesquisador na coleta de dados	Possível	Não usual Difícil	Usual	Usual
Tamanho pequeno da amostra	Possível	Não usual	Usual	Usual
Variáveis difíceis de quantificar	Possível	Possível	Possível	Possível
Mensurações perceptivas	Possível	Possível	Possível	Possível
Os <i>constructs</i> não são predefinidos	Não usual	Difícil	Adequado	Possível
A causalidade é central na análise	Adequado	Possível	Adequado	Possível
Necessita construir teoria – responder a questões do tipo “como”	Possível	Difícil	Adequado	Possível
Necessita de entendimento profundo do processo de decisão	Difícil	Difícil	Adequado	Possível
Participação não ativa do pesquisador	Possível	Possível	Possível	Impossível
Controle sobre as variáveis	Usual	Muito difícil	Praticamente impossível	Praticamente impossível

Com base no contexto anteriormente apresentado, tem-se a expectativa de que esta revisão venha contribuir ainda mais com a Engenharia de Produção e Gestão de Operações por meio da experiência de autores brasileiros e do exterior nesse tema. A quantidade de autores foi ampliada, trazendo experiência internacional e ampliando os autores de outros estados do país. Cabe destacar que a introdução de novos autores é extremamente importante na expectativa que possa ser ainda mais ampliada no futuro próximo. Pretende-se ainda que a revisão proposta contribua mais para atender às necessidades atuais de aperfeiçoamento da metodologia de pesquisa na engenharia de produção, administração e outras engenharias, fornecendo suporte teórico e prático necessário para as disciplinas de graduação e de pós-graduação.

Referências

- BERTRAND, J.W.M.; FRANSOO, J.C. Operations Management Research Methodologies using Qualitative Modeling. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.
- CAUCHICK MIGUEL, P.A. *et al.* Desafios para a Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção. In: OLIVEIRA, V.F.; CAVENAGHI, V.; MÁSCULO, F.S. (Org.). *Tópicos Emergentes e Desafios Metodológicos em Engenharia de Produção: Casos, Experiências e Proposições*, v. II. Rio de Janeiro: Abepro (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), 2009.
- CORRÊA, H.L. *The Links Between Uncertainty, Variability of Outputs and Flexibility in Manufacturing Systems*. Tese de doutorado (Ph.D), Warwick, 1992.
- COUGHALAN, P.; COGHLAN, D. Action Research for Operation Management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- FORZA, C. Survey Research in Operations Management: a Process-based Perspective. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- VOSS, C. *et al.* Case Research in Operations Management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

Capítulo 1

Princípios da Pesquisa Científica

Roberto Antonio Martins

Este capítulo tem por objetivo apresentar ao leitor os princípios que regem a pesquisa científica. Antes de apresentar tais princípios, é importante distinguir ciência do senso comum, visto que ambos procuram de alguma forma gerar conhecimento útil para a solução de problemas da humanidade. Em seguida, são apresentados elementos fundamentais da pesquisa científica – modelos, fatos e teorias, e hipóteses. Por fim, de forma a ampliar os horizontes do leitor para além do positivismo, são apresentados os principais esquemas interpretativos da pesquisa científica. Pretende-se, assim, proporcionar um guia para se entender de forma simples e direta o que é uma pesquisa científica e como gerar um conhecimento válido dentro dos limites daquilo que se denomina ciência.

1.1. Introdução

Vários livros sobre filosofia da ciência, pesquisa científica ou metodologia científica trazem de alguma forma a discussão sobre a diferenciação entre senso comum e ciência. Não existe aqui a pretensão de discutir com profundidade esse tema, mas apenas contextualizá-lo para o leitor.

Alves (1995) argumenta que a necessidade de distinção entre ambos nasce muito mais da ciência que do senso comum, uma vez que a primeira surge como prática depois do segundo. Logo, pode-se começar a diferenciação como uma situação prática. Como uma pessoa normalmente procederia para planejar a viagem de férias?

De forma simplificada, antes de qualquer coisa, é preciso escolher um local (praia, montanha, por exemplo), porém a escolha provavelmente será feita a partir de algumas restrições, como orçamento e tempo disponíveis, e conhecimento sobre o local para o qual se pretende viajar. A partir dessa informação preliminar, pode-se definir o local para o qual se viajará para passar as férias.

Após a escolha do local, é preciso levantar informações detalhadas sobre o destino escolhido de forma a se apropriar de informações atualizadas, por exemplo, sobre os trajetos possíveis, meios de transporte, opções de lazer e gastronomia, e previsão do

tempo para o período de estada. Isso permitirá planejar cuidadosamente a viagem a ser feita. Caso toda essa informação não seja coletada antes da viagem, provavelmente parte dela será obtida durante o trajeto e após a chegada ao local de destino, o que, para muitas pessoas, não é uma prática aconselhável.

Essa gama toda de informação coletada antes servirá de base para o planejamento da viagem. Certamente, as escolhas serão condicionadas a diversas restrições que podem ser aquelas citadas anteriormente (orçamento, tempo), mas também a outras, como, por exemplo, necessidade de dieta ou paladar para a escolha da alimentação.

Parte-se, então, para o destino escolhido seguindo o plano traçado. Durante a execução do plano, as hipóteses contidas nele vão sendo testadas. Por exemplo, com a chegada ao local escolhido, e a partir das impressões sobre as instalações escolhidas e a realização dos passeios e das refeições, será possível verificar se o planejado estava correto ou não.

Ao final da viagem, acumularam-se informações suficientes para poder contribuir de alguma forma com o conhecimento existente, que serviu de ponto de partida. A forma de compartilhamento desse conhecimento poderá ser desde verbal até por meio de um vídeo postado num *site* da internet.

Cabe aqui uma pergunta: será que a sequência de passos descrita anteriormente difere muito daquela que alguém pode seguir a fim de realizar uma pesquisa científica para elaborar o relatório final de iniciação científica, monografia de graduação ou especialização, dissertação de mestrado ou tese de doutorado ou livre-docência?

Ambos partem de um problema. Depois, eles obtêm informações gerais sobre o problema para delimitar o tema e o objeto. Isso permite criar foco para concentrar os esforços e recursos. Em seguida, ambos procuram se apropriar do estado da arte pela consulta a referências sobre o tema e objeto escolhidos. Isso serve de base para vislumbrar a solução do problema – elaboração das hipóteses. A seguir, as hipóteses são levadas a teste com a execução do plano estabelecido. Os fatos geram impressões que servem de base para validar ou não as hipóteses estabelecidas *a priori* na forma de planejamento da solução. Por fim, um relato é preparado para compartilhar o conhecimento gerado, podendo vir a corroborar ou não o conhecimento existente sobre o assunto.

Qual é, então, a diferença entre um pesquisador que está realizando uma pesquisa científica e uma pessoa preparando uma viagem? Em termos de método para resolução de problema, aparentemente nenhuma.

Ainda sobre o exemplo da viagem, suponha que alguém seguiu os passos sugeridos, fez a viagem para o mesmo local que você pretende ir e disse que foi ótimo. Ou, se você lesse isso num fórum da internet ou numa revista sobre turismo, quais seriam os seus critérios para julgar se esse conhecimento transmitido a você é passível de uso para a solução de seu problema? Em que você fundamentaria os seus critérios? Com quem você compartilha tais critérios?

A Figura 1.1 resume o que aconteceu na situação utilizada como exemplo até aqui. O ponto de partida foi um problema, no caso realizar a viagem. Um método foi utilizado para desenvolver uma solução. A aplicação da solução proposta teve como resultado a

solução do problema. Por fim, os resultados gerados foram compartilhados de forma a complementar ou negar o conhecimento existente. Isso é a aplicação do senso comum na resolução de um problema.

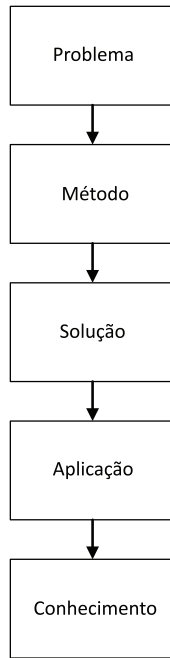


Figura 1.1 – Fluxo de resolução de problema.

Alves (1995: 14) prefere não definir o senso comum, uma vez que a ciência é que pretende se diferenciar dele. “A ciência é uma metamorfose do senso comum. Sem ele, ela não pode existir.” Sem dúvida, essa é uma afirmação polêmica, mas ela revela a relação estreita existente entre senso comum e ciência, ilustrada na Figura 1.2. A ciência se desenvolveu a partir do senso comum e depende dele para continuar se desenvolvendo. Um exemplo disso é que os problemas escolhidos pela ciência como relevantes muitas vezes têm suas origens no senso comum.

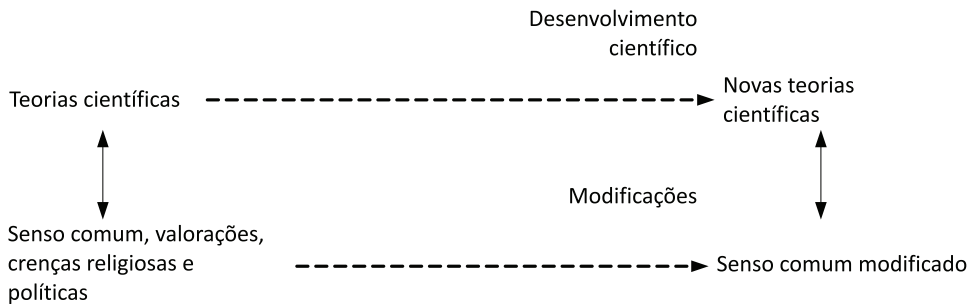


Figura 1.2 – Relacionamento entre senso comum e ciência (Matallo JR., 2000: 18).

Refletindo sobre o relacionamento ilustrado na Figura 2.1 na engenharia de produção, observa-se que o senso comum é representado pelos atores organizacionais, que direta ou indiretamente atuam nas organizações ou se relacionam com elas, e a academia formada pelos pesquisadores da área. Essa interação é forte porque muitos problemas tiveram a solução primeiramente testada na prática e depois se tornaram interesse da comunidade científica pelos resultados apresentados. Um dos maiores exemplos disso é o Sistema Toyota de Produção. Entretanto, isso não quer dizer que o desenvolvimento científico da área esteja atrelado ao senso comum.

Pode parecer contraditório porque, apesar de procurar se distinguir do senso comum, a ciência não só tem grande semelhança como também mantém um relacionamento estreito com ele. Isso tem implicações interessantes para a pesquisa científica. Uma delas é o critério de demarcação.

Para Alves (1995), a ciência não é uma forma de conhecimento diferente do senso comum, mas apenas uma especialização dele e com um controle disciplinado do seu uso. Os termos “especialização” e “controle disciplinado do uso” podem prover indicativos para o estabelecimento de um critério de demarcação entre ciência e sendo comum.

Geralmente, a palavra *rigor* é utilizada para demarcar a diferença entre ciência e senso comum. De acordo com Houaiss (2001), a acepção da palavra rigor é “exatidão extremada, precisão”. Isso, então, implica que a aplicação rigorosa, exata, precisa do senso comum é o critério de demarcação. Isso remete à especialização e ao controle disciplinado do uso, os quais Alves (1995) destacou como diferencial entre ambos.

A especialização requer que o pesquisador seja um especialista num assunto ou tema de pesquisa. Já o controle disciplinado do uso se refere à aplicação rigorosa do método de solução de problema. Isso explica a necessidade do rótulo “científico” ao problema de pesquisa e ao método para destacar a distinção. Todavia, Alves (1995) alerta para a mitificação da ciência e do uso indiscriminado do rótulo “científico” como distinção entre coisas.

Com relação ao rigor como critério de demarcação, é interessante vê-lo como forma de assegurar que o produto, o conhecimento, atenda ao critério de universalidade. Contudo, o foco não é um novo processo para garantir o produto, mesmo que a universalidade das soluções encontradas com a aplicação do método científico não seja um requisito exclusivo da ciência. O senso comum também, por vezes, procura e proporciona soluções universais. A diferença é que a ciência sempre procura esse tipo de conhecimento, enquanto o senso comum nem sempre, pois depende do interesse de quem procura a solução.

No sentido de diferenciar-se do senso comum, a ciência ao longo dos anos, desde a Renascença, passou a estabelecer critérios para que o rigor seja aplicado à pesquisa científica. Naturalmente, esse rigor foi criado a partir da prática dos ditos cientistas e aceito por aqueles que praticam a ciência, ou seja, a comunidade científica.

O movimento da ciência mudou muito nos últimos 100-150 anos. O modelo de ciência que se tem ainda nos dias atuais é uma herança da prática daqueles que, no passado, se envolveram na solução de problemas nas ciências naturais. Todavia, isso vem se alterando desde o final século XIX. A pesquisa nas ciências humanas e o aumento do número de pessoas na pesquisa científica vêm contribuindo para alterar o critério de demarcação entre ciência e senso comum. Hoje existem concepções diferentes sobre o que é metodologia científica.

Um exemplo pode ajudar a ilustrar isso. Um candidato a mestre ou doutor aplica o método de estudo de caso com todo o rigor possível e, ao final da pesquisa, fica em dúvida se pode ou não generalizar os resultados para propor um modelo. Se o faz, pode ser que a banca ou um avaliador do artigo, produzido a partir da pesquisa realizada, questione a validade dos resultados. Essa situação fictícia ilustra a falácia do rigor como critério de demarcação? Provavelmente não. Ela somente atenta para a existência de formas diferentes de distinguir ciência do senso comum. Isso será tratado mais adiante neste capítulo, mais especificamente no item 1.4.

Para finalizar a diferenciação aqui brevemente apresentada entre ciência e senso comum será deixada uma afirmação de Alves (1995: 20) para reflexão: “O senso comum e a ciência são expressões da mesma necessidade básica, a necessidade de compreender o mundo, a fim de viver melhor e sobreviver.”

A seguir serão apresentados elementos importantes de uma pesquisa científica, mas que também podem estar presentes no senso comum.

1.2. O papel dos modelos

Uma pessoa pode resolver o problema de viajar de férias escolhendo um destino de forma genérica (praia ou montanha) e partir para lá da forma como for possível (pegando uma carona, comprando uma passagem de ônibus, trem ou avião, ou dirigindo um automóvel). Vale observar que essa solução, sem ao menos definir previamente o lugar, reservando um local para estada, por exemplo, assemelha-se a resolver um problema por tentativa e erro, principalmente se as escolhas não forem boas.

Geralmente, ao resolver um problema, uma pessoa ou um pesquisador precisa ter claro qual é o problema e as implicações que ele traz. Alves (1995) argumenta que o que é problemático é pensado. Aquilo que não é problemático não atrai a atenção das pessoas para procurar uma solução.

O ser humano procura sempre a ordem. A ordem proporciona bem-estar e conforto à humanidade. O problema é uma manifestação da desordem – algo fora do lugar. Contudo, para notar a desordem é preciso ter uma referência da ordem, da organização. Tudo aquilo que está fora da ordem está desorganizado e causa desconforto. Essa é a manifestação do problema. O pesquisador precisa ter a capacidade de notar a desordem, formulá-la de forma clara e conhecer a ordem para procurar estabelecer a solução do pro-

blema. Vale ressaltar que esses passos são comuns à ciência e ao senso comum. O critério para a escolha da desordem a ser escolhida é que pode mudar.

Para organizar a viagem e proporcionar momentos de lazer e prazer, é preciso ter conhecimento do significado disso e como pode ser obtido. Naturalmente, a ordem pode ser diferente para pessoas diferentes. Contudo, como se representa a imaginação da ordem?

A ordem é representada em um modelo. O modelo é uma construção mental da ordem. A partir dele é possível vislumbrar como deveria ser. Isso auxilia o desenvolvimento da ação por parte do solucionador do problema. Inclusive o entendimento da desordem, do problema de pesquisa, acontece a partir da existência do entendimento da ordem, o modelo (ALVES, 1995).

O modelo é constituído de conceitos que podem ser obtidos no conhecimento existente com conhecedores de modelos ou a partir da própria experiência do pesquisador. Na ciência, os conceitos que constituem os modelos, que representam a ordem, são obtidos no conhecimento existente nas referências bibliográficas. Naturalmente, o conhecimento dos pesquisadores ou de pessoas envolvidas com o problema no senso comum, como ilustra a Figura 1.2, pode ser importante também na construção dos modelos. Isso acontece tanto no senso comum quanto na ciência, porém nesta última é exigido mais rigor ao se construir o modelo.

Nesse ponto, cabe destacar que o rigor requer da ciência a especialização e esta, por sua vez, faz com que o pesquisador tenha de, criteriosamente, revisar todo o conhecimento existente sobre o assunto ao qual o problema está relacionado. Isso torna a delimitação do problema a ser pesquisado um ponto crítico no entendimento e busca da ordem.

Na construção de modelos para representar a ordem, a imaginação tem um papel importante (ALVES, 1995). Não basta ter contato com o conhecimento existente sobre a ordem, lendo inúmeras referências sobre o assunto. Isso é necessário, mas não suficiente. Faz-se necessário articular os conceitos pertinentes de forma a fazer sentido para estabelecer a ordem no modelo. Assim, o pesquisador precisa lançar mão da imaginação.

A simples observação de um problema não oferecerá ao observador a ordem. Como a solução passa pelo vislumbre da ordem, representada pelo modelo, os dados somente não permitem chegar à solução. De forma análoga, a existência dos tijolos e a observação deles não permitem a construção da casa. Isso somente acontece quando se tem um projeto da casa a ser construída. O mesmo vale para a ciência e o senso comum.

Desde crianças, as pessoas constroem e utilizam modelos. Um menino, ao tomar nas mãos um carrinho simples, pode imaginar-se um piloto e partir, correr e ser campeão. Uma menina, de posse de uma boneca, se torna mamãe e cuida de seu bebê. Qual é a diferença de um pesquisador que utiliza uma equação matemática que representa uma função produção e procura otimizá-la? Ou de outro pesquisador que escolhe os conceitos que considera importantes sobre o comportamento do trabalhador e os articula em um

modelo para olhar a realidade? Na essência, nenhuma. Talvez alguém considere o rigor na construção do modelo, mas todos – pesquisadores ou crianças – precisam de referências sobre a ordem para construir seus modelos.

Segundo Alves (1995: 47), “modelos são *construções intelectuais, palpites, apostas* baseados na *crença* de que existe uma relação de *analogia* entre aquilo que conhecemos e aquilo que desejamos conhecer”. Esse mesmo autor argumenta que os modelos são constituídos de conceitos e não de materiais sólidos. Geralmente, os conceitos guardam uma semelhança com as coisas visíveis, mas nem sempre. Faz-se necessário, então, lançar mão da linguagem matemática. Um modelo matemático famoso é a equação proposta pelo físico Albert Einstein:

$$E = m.c^2 \tag{1.1}$$

em que E é energia, m é a massa e c é a velocidade da luz. Na engenharia de produção, existem modelos representados por equações matemáticas e por símbolos. Os primeiros são muito comuns na área de pesquisa operacional, e os outros na área de estratégia de operações, por exemplo.

Naturalmente, o desejo é de que os modelos sempre sejam cópias fiéis da realidade. Vale observar que os brinquedos atualmente procuram cada vez mais ser reais, mas não é isso que tornará a brincadeira da criança melhor. É preciso que a criança saiba manipular o modelo e que ele permita fantasiar (simular) as situações. O mesmo vale para a ciência. Se o modelo é tão complexo que o pesquisador não consegue manipulá-lo, o modelo perde em utilidade na busca da solução do problema.

Todavia, isso não diminui a importância do modelo. Aliás, o modelo pode não estar explícito para o pesquisador, mas ele sempre estará presente e será uma muleta para o pesquisador caminhar.

Assim como a criança brinca com seus brinquedos, o pesquisador também precisa brincar com os seus modelos. A brincadeira acontece de forma semelhante – a manipulação. No caso da ciência, essa manipulação não se dá fisicamente, mas mentalmente.

A forma mais comum de manipulação de modelos nas ciências naturais, com as quais a engenharia de produção tem uma ligação, é a variação dos níveis das variáveis de um modelo matemático. O pesquisador estabelece os valores das variáveis independentes, aquelas do lado direito da igualdade da equação, e verifica o comportamento da variável dependente, aquela do outro lado da igualdade.

Já nas ciências humanas, que também têm uma ligação com a engenharia de produção, os modelos são de natureza diferente. Eles não são, na sua maioria, constituídos por equações matemáticas, mas por conceitos, e a manipulação acontece de forma diferente. Por exemplo, a organização burocrática pode ser um modelo de organização elaborado a partir da teoria da burocracia de Max Weber. Ele pode proporcionar ao pesquisador o entendimento do funcionamento de uma organização, e o pesquisador pode, a partir disso, manipular mentalmente o funcionamento e os comportamentos de uma organização.

O que é mais importante é que, ao manipular o modelo, o cientista passa a simular. Isso pode lhe proporcionar um entendimento melhor da ordem. Ele pode passar a prever como será o futuro ao solucionar o problema com o restabelecimento da ordem. A manipulação do modelo permite ao pesquisador apropriar-se da realidade sem, no entanto, manipulá-la. Dessa forma, é possível ensaiar a solução antes de implantá-la.

Portanto, a construção e a manipulação de modelos têm um papel importante tanto na ciência quanto no senso comum. Mais uma vez, o que diferenciará a complexidade e a qualidade dos modelos é o rigor na forma da especialização requerida na ciência. O tipo de problema geralmente influencia a linguagem que será utilizada para a construção do modelo.

Todavia, a construção de um modelo pelo modelo não tem valia. A construção de modelos só faz sentido se eles forem colocados à prova na elaboração de hipóteses para a desordem encontrada pelos pesquisadores. Um modelo só é útil se ele permitir ao pesquisador a solução do problema. Ele também é útil quando falha. A falha do modelo requer a sua substituição por um que resolva o problema. Isso proporciona o progresso ao conhecimento, seja ele científico ou não.

Nesse ponto, os dados exercem um papel importante porque são eles que julgam os modelos. As teorias também são importantes porque fornecem os conceitos para a construção dos modelos.

1.3. Teoria e fatos

Se alguém, ao pesquisar para a elaboração do roteiro de viagem, após o local escolhido, conversasse com uma pessoa experiente no assunto, poderia ouvir: “Para se ter uma boa viagem, eu tenho uma teoria.” A pessoa então passaria a explicar a teoria dela de como fazer uma boa viagem. É muito comum ouvir das pessoas que elas têm teorias para resolver problemas ou explicar a razão de as coisas acontecerem. Qual seria um critério para adotar essa teoria?

Geralmente, essas pessoas conhecem muito bem o assunto sobre o qual elaboraram tais teorias (SAMPLERI *et al.*, 2006). Se elas não conhecessem, os possíveis usuários dessas teorias duvidariam da capacidade delas. Todavia, isso não basta. Faz-se necessário verificar a validade dessa teoria, ou seja, se ela realmente funciona.

Na ciência, não é diferente. De acordo com Alves (1995: 92), a citação de Novalis (“Teorias são redes; somente aqueles que as lançam pescarão alguma coisa”) está na epígrafe do livro *A Lógica da Investigação Científica*, de Karl Popper. As redes só pescarão alguma coisa se os pescadores conhecerem bem aquilo que desejam pegar. Além do tamanho da rede, é preciso saber os hábitos e onde encontrar aquilo que se deseja pegar.

Os cientistas só construirão boas redes se souberem bem o que desejam capturar com elas. Depois é fundamental conhecer bem o hábito, os costumes daquilo que dese-

jam pegar, ou seja, é preciso prever os movimentos para adiantar-se e lançar a rede. Por se concentrar naquilo que desejam capturar, as teorias acabam por deixar outras coisas passar, da mesma forma que as redes que não capturam todos os peixes. Isso fornece uma medida da qualidade da teoria. Se uma teoria é considerada boa pela sua capacidade de funcionamento, então uma teoria é boa não pelo que ela pega mas pelo que ela deixa passar (ALVES, 1995).

Por ser desenvolvida em boa parte pelo conhecimento que o cientista tem daquilo que deseja capturar, uma teoria tem um estreito relacionamento com seu objeto. Nesse ponto, as ciências naturais levam vantagem sobre as ciências humanas em termos de facilidade de observação e experimentação com os seus objetos. Os objetos das ciências naturais seguem uma ordem muito mais fácil de capturar que os objetos das ciências humanas. Uma árvore é mais fácil de acompanhar para apreender os seus hábitos que uma bailarina? Mais: enquanto uma árvore representa bem sua espécie, a bailarina não, porque ela assume diferentes papéis. Assim, é preciso vê-la no coletivo, nas diferentes classes das quais ela participa na sociedade (ALVES, 1995).

Não obstante, ao pesquisar os elementos componentes da matéria, os pesquisadores das ciências naturais se deram conta do princípio da incerteza de Heisenberg. Ao tentarem observar os elementos dos átomos, acabaram por perturbar o ambiente e interferiram na posição dos elementos observados. Algo que os pesquisadores das ciências humanas já conhecem bem desde os experimentos de Elton Mayo na fábrica da Western Electric Company, localizada no bairro de Hawthorne em Chicago, nos Estados Unidos.

Isso tem muitas implicações para a pesquisa científica em engenharia de produção, uma vez que ela se encontra entre as engenharias, com forte ligação com as ciências naturais, e a administração, a economia e as ciências sociais, com forte ligação com as ciências humanas. Dependendo da área da engenharia de produção, o impacto do objeto de estudo será diferente na construção de teorias.

Mas o que é teoria, afinal? Na busca para essa resposta, especificamente na área de ciências sociais, Sutton e Staw (1995) elencaram o que não é teoria: referências, dados, variáveis, diagramas e hipóteses. Esses elementos são parte da teoria, mas isoladamente cada um deles não é teoria.

“A teoria trata das conexões entre o fenômeno, uma história sobre a razão de atos, eventos, estrutura e pensamentos. A teoria enfatiza a natureza das relações causais, identificando o que vem primeiro, bem como o tempo de ocorrência dos eventos. Uma teoria bem articulada, na nossa visão, aprofunda os processos essenciais de modo a entender as razões sistemáticas para uma particular ocorrência ou não” (SUTTON e STAW, 1995: 378).

Goode e Hatt *apud* Lakatos e Marconi (1995) arrolam alguns papéis da teoria. São eles:

- orientar os objetivos da ciência, restringindo a amplitude dos fatos a serem estudados e definindo os principais aspectos de uma investigação, apontando os dados que devem ser abstraídos;

- servir como um sistema de conceitualização e de classificação dos fatos, sendo o fato não somente uma observação, mas também uma afirmação empiricamente verificada;
- resumir o que já se conhece sobre o objeto de estudo por meio de generalizações empíricas e das inter-relações entre afirmações comprovadas;
- prever novos fatos e relações com base naqueles já conhecidos; e
- indicar lacunas no conhecimento que carecem de pesquisa para elucidar novos fatos e as relações.

Os dados comprovam a eficácia de uma teoria. Eles a colocam à prova porque representam os fatos. Vale ressaltar que uma teoria só será útil se puder ajudar o entendimento e a resolução de problemas (ALVES, 1995).

Naturalmente, não é qualquer fato, ou seja, qualquer tipo de dado que possibilitará que uma teoria seja testada. A própria teoria condiciona a coleta dos dados, como apresentado anteriormente. Mesmo assim, os dados podem não corroborar uma teoria e, desse modo, forçam uma revisão da mesma. Nem sempre é isso o que acontece. A dúvida é lançada sobre a coleta dos dados ou sobre a situação estudada. Por vezes, uma tentativa de manter uma teoria é restringir as situações que não corroboram com ela, mas uma teoria restritiva não é o que a ciência busca.

A interação do pesquisador com o objeto de estudo determina as possibilidades de coleta de dados. Caso o pesquisador possa manipular e controlar o objeto de estudo, ele provavelmente o provocará e este reagirá emitindo sinais para o pesquisador. Esse é o caso da experimentação que é muito comum nas ciências naturais. Já na situação em que o pesquisador não pode manipular o objeto de estudo e apenas observa ou interage com ele, o experimento não pode ser realizado. Nessa situação, a saída é a observação e a interação por meio de entrevistas. Isso é muito comum nas ciências humanas.

Mais uma vez o fato de a engenharia de produção se situar entre essas duas áreas das ciências tem uma implicação para a pesquisa na área. Dependendo da proximidade com as ciências naturais ou as humanas, o pesquisador deve lançar mão de formas diferentes de coleta de evidências. Essa é uma peculiaridade da engenharia de produção perante as demais grandes áreas da engenharia. O pesquisador da área precisa, dessa forma, conhecer os diferentes métodos e técnicas de pesquisa. A metodologia de pesquisa ganha muita importância.

Lakatos e Marconi (1995) apresentam alguns papéis que os fatos assumem na pesquisa científica. São eles:

- um fato novo pode dar início a uma nova teoria pela falta de explicação do fenômeno pelas teorias existentes;
- os fatos podem provocar a rejeição ou a reformulação de teorias já existentes, porém isso pode não ocorrer imediatamente porque as teorias podem ser alteradas;
- os fatos podem redefinir e esclarecer uma teoria previamente estabelecida afirmando em pormenores o que a teoria afirmava em termos mais gerais; e

- os fatos descobertos e analisados na pesquisa empírica exercem pressão para o esclarecimento dos conceitos contidos na teoria.

Cabe aqui ressaltar que somente a coleta de dados não permitirá que eles exerçam os papéis listados. Um exemplo histórico é a proposição da órbita elíptica dos planetas proposta por Johannes Kepler a partir da teoria elaborada por Nicolau Copérnico. Só que os dados utilizados por Kepler foram exaustivamente coletados durante anos por Tycho Brahe. Kepler, que fora auxiliar de Tycho, adotava a teoria de Copérnico e não tinha a habilidade de observador de Tycho, que, por sua vez, adotava a visão ptolomaica de que a Terra é o centro do universo.

Esse exemplo revela que os mesmos dados que aparentemente não relevam nada a Tycho, nas mãos de Kepler tornaram-se a base de um achado que modificou toda a astronomia. O que tornou isso possível foi a capacidade de interpretação de Kepler guiado pela teoria de Copérnico. Para Alves (1995: 110), “na verdade, dados são entidades que só fazem sentido dentro das malhas da teoria, mas não se prestam a construir teorias”.

O ideal positivista da ciência construída a partir somente da observação pode impor uma paralisia ao desenvolvimento do conhecimento. A observação disciplinada dos dados não permite o salto da explicação de forma natural. Faz-se necessário a imaginação, a capacidade criativa do homem em construir explicações. “Fatos não dizem coisa alguma a não ser quando são trabalhados pela imaginação” (ALVES, 1995: 140). Você vê sempre a mesma imagem na Figura 1.3? Observe bem. Você vê um pato ou um coelho?

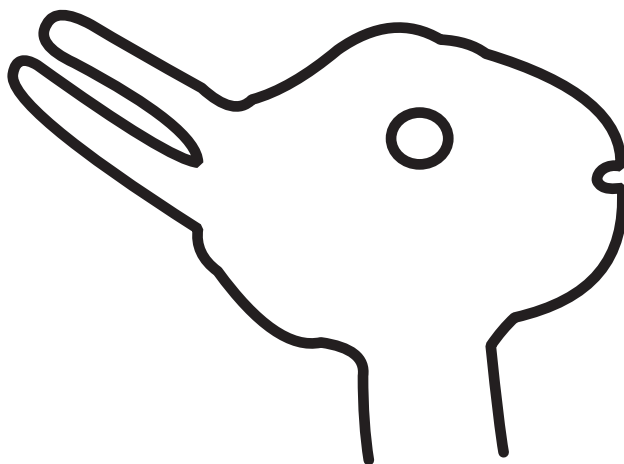


Figura 1.3 – Falácia da observação desprovida de conceito.

A observação disciplinada dos dados pode conferir ao observador, no máximo, as supostas e esperadas relações causais. Isso pode lhe proporcionar um conhecimento instrumental do tipo *se isto, então aquilo*, de caráter prático poderoso. Ele não dirá coisa alguma sobre a razão de acontecer aquilo. Todavia, isso é o que importa na teoria, de acordo com Sutton e Staw (1995), a capacidade explicativa e preditiva.

Pode parecer que os dados não têm importância na prática da ciência. Na verdade, eles têm um poder limitado. Eles podem ou não corroborar aquilo que a imaginação do pesquisador (teoria) pode explicar. Nesse sentido, os dados exercem um papel importante ainda que limitado na pesquisa científica. O mais importante é que os dados não sejam acessíveis a um único pesquisador ou cientista. Eles devem ser passíveis de reprodução ou observação por outros cientistas devido ao papel que exercem na ciência.

Logo, a coleta de dados, seja pela observação ou pela experimentação, é realizada com um propósito em mente. Não existe coleta de dados desprovida de razão porque serão coletados tantos dados quanto possível e raramente eles servirão para algo. Entretanto, a teoria por vezes não permite uma captura daqueles dados que o pesquisador necessita, por ser ampla demais.

Por vezes, as teorias são amplas demais para guiar os olhos do pesquisador para os dados em que ele está interessado. Então, é preciso lançar mão de hipóteses.

1.4. Hipóteses

O primeiro passo para a realização de uma pesquisa, como visto anteriormente, é a definição de forma clara do problema de pesquisa, a desordem. A partir daí um modelo deve ser montado para que o pesquisador vislumbre a ordem. O modelo é um artefato do pesquisador que tem forte relação com a teoria. Algumas vezes, e dependendo do problema de pesquisa, o modelo, que contém a representação da ordem, é suficiente para se estabelecerem os passos para a solução do problema. Em outras situações, é necessário lançar mão de hipóteses para direcionar os esforços para o restabelecimento da ordem, ou seja, resolver o problema. A Figura 1.4 ilustra o papel exercido pela hipótese na solução de problemas.

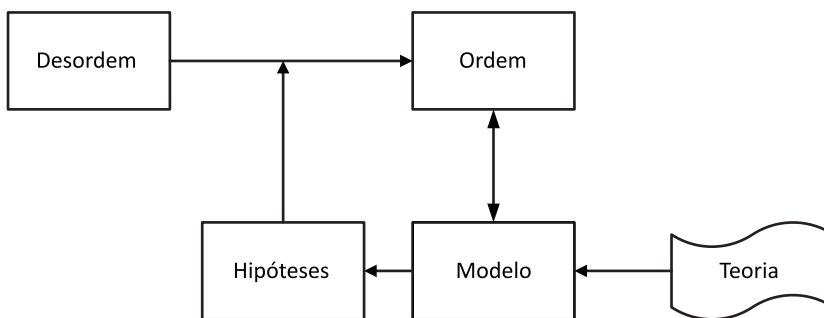


Figura 1.4 – Papel da hipótese na resolução de problema.

A hipótese é o resultado da operacionalização da pesquisa. Os constructos ou conceitos existentes no modelo e extraídos da teoria são transformados em relações causais com vistas a prever a ordem. De forma mais metafórica, Alves (1995: 84) afirma que “usualmente chamamos de *hipóteses* às perguntas que os cientistas propõem à natureza”.

Vale observar que, ao formular um plano para sair de férias, o que está em jogo são hipóteses formuladas. Elas são como representantes da ordem que se espera com um grau de detalhe tal que permite a ação. A formulação de hipóteses não é um diferencial da ciência. As pessoas no seu cotidiano formulam hipóteses para as mais diversas situações em que se espera que algo aconteça. O mesmo ocorre com um pesquisador que se depara com uma desordem.

Para Sampieri *et al.* (2006), as hipóteses são tentativas de explicação do fenômeno pesquisado, não os fatos em si. A coleta de dados a partir dos fatos é que confirmará ou não as hipóteses formuladas. Lakatos e Marconi (1995) argumentam que hipóteses são uma solução provisória para determinado problema compatível com o conhecimento científico existente, com caráter explicativo ou preditivo e passível de verificação empírica de suas consequências. Segundo Alves (1995), as hipóteses contêm já a resposta (ordem) para o problema de pesquisa (desordem).

Isso ocorre porque as hipóteses são formuladas com base no modelo e na teoria previamente consultada pelo pesquisador. Vale lembrar que, para elaborar um plano de viagem, é importante consultar pessoas com conhecimento ou publicações ou *sites* na internet sobre o assunto. O mesmo acontece com o pesquisador que estabelece um marco teórico na busca da ordem a partir de uma revisão bibliográfica. Com certeza, não se pode desprezar a capacidade de criação do pesquisador ao formular as hipóteses.

Tanto a natureza do modelo quanto a da teoria influenciam a formulação das hipóteses. Existem modelos passíveis de ser representados ou não pela linguagem matemática. Comumente, o uso da linguagem matemática ocorre em problemas de ciências naturais – na engenharia de produção, os problemas são, por exemplo, de engenharia econômica, gerência de riscos, pesquisa operacional, controle estatístico da qualidade.

As hipóteses, nesses casos, são representadas da forma *se x , então y* ou *se x_1, x_2 e x_3 , então y* , em que x e y são variáveis, respectivamente, independente e dependente. Essas variáveis nessas situações são mensuráveis, e o relacionamento entre elas pode ser ou não expresso por uma equação matemática. Essas hipóteses podem representar relações causais e correlacionais. Outra maneira de formulação é a hipótese nula (do inglês, *null hypothesis*). Nessa situação, a forma é *se p , então não q* . Esse tipo de hipótese é muito utilizado quando se deseja provar que algo não é efetivo. Geralmente, formula-se uma hipótese alternativa em caso de a hipótese nula ser rejeitada. Existem ainda hipóteses que comparam grupos com ênfase na diferença entre eles (LAKATOS e MARCONI, 1995; SAMPIERI *et al.*, 2006).

Nas hipóteses de problemas cujos modelos são matemáticos, as variáveis precisam ser bem-definidas de forma a serem mensuradas com precisão. Isso depende da boa definição dos constructos ou conceitos envolvidos. Isso é denominado definição conceitual. Por exemplo, um constructo como integração é muito mais difícil de medir que o constructo tempo de processamento. No entanto, também é importante prover uma definição operacional da variável de forma a facilitar a sua observação e a mensuração na pesquisa (SAMPIERI *et al.*, 2006).

Quando os modelos não são passíveis de representação matemática, em geral os modelos de ciências humanas, Sampieri *et al.* (2006) defendem que não existe necessidade de formulação de hipóteses para a realização dos estudos. Todavia, isso é contraditório com a utilidade e o papel que as hipóteses exercem na pesquisa científica. Certamente, é mais difícil definir as variáveis precisamente de forma a mensurá-las, mas isso não faz com que elas percam a sua função principal de conter as respostas para o problema de pesquisa e, portanto, guiar a ação do pesquisador.

De acordo com Sampieri *et al.* (2006), os estudos exploratórios de qualquer natureza não carecem de formulação de hipóteses devido à inexistência de conhecimento sobre o problema de pesquisa, a desordem encontrada pelo pesquisador. Isso é coerente com a visão positivista da ciência em que a observação é desprovida de qualquer pré-julgamento. As hipóteses surgiriam no momento seguinte após o acúmulo de informações das observações.

Entretanto, Alves (1995) contrapõe isso afirmando que, se fosse assim, Newton não poderia ter montado e desmontado o universo nem Freud dissecado a alma humana. A imaginação pode inventar modelos e teorias que permitiram, ainda que em estudos exploratórios, a formulação de hipóteses. O mesmo autor ainda pondera que nem todos os envolvidos com a ciência têm a mesma capacidade criativa.

A Figura 1.5 apresenta uma classificação das hipóteses de pesquisa.

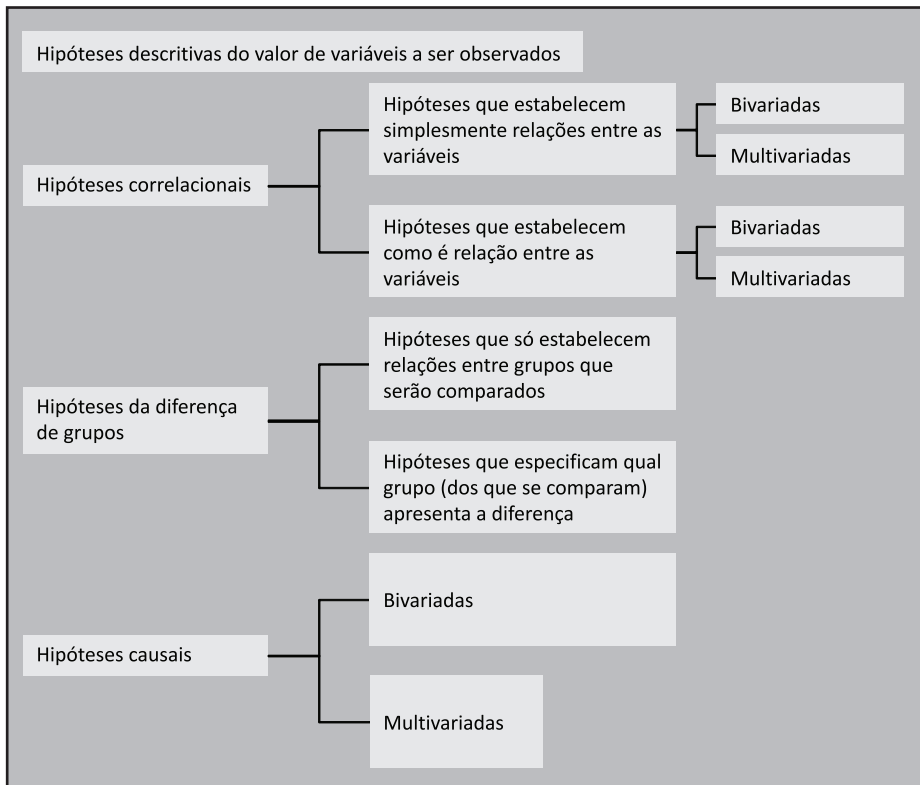


Figura 1.5 – Classificação das hipóteses de pesquisa (adaptada de Sampieri *et al.*, 2006).

1.5. Concepções metodológicas da ciência

Para começar este item é importante retomar uma situação fictícia apresentada anteriormente neste capítulo com mais detalhes. Trata-se do candidato a mestre ou doutor que aplicou o método de estudo de caso de forma rigorosa. Ao final da pesquisa, ficou em dúvida se podia ou não generalizar os resultados de alguns casos para propor um modelo. Mesmo em dúvida, ele fez a proposição do modelo, mas a banca questionou a validade dos resultados por causa do número pequeno de casos estudados. Quem nunca vivenciou tal situação? Também poderia acontecer o questionamento ao submeter o artigo da pesquisa a um periódico. Por que isso acontece?

Demo (2000: 173) apresenta uma pista para o entendimento dessa situação fictícia. Para esse autor, a questão mais comprometedora de uma tese é a cientificidade, o estilo de argumentação, a coerência categorial, a condição explicativa dela. Vale ressaltar que isso pode ser estendido a outros trabalhos científicos.

“(…) nem sempre se trata de escancarar declarações metodológicas, mas de, implicitamente, deixar claro que tipo de paradigma explicativo [concepção metodológica] está em jogo e onde o autor se aloca. No mínimo, é fundamental evitar contradições performativas gritantes, como declarar-se dialético e seguir caminho tendencialmente positivista... quem é capaz de tecer explicações bem argumentadas deve poder decifrar como faz isso, ou seja, a metodologia” (DEMO, 2000: 173).

Da transcrição feita, pode-se notar que existe mais de uma concepção metodológica para ciência. Para muitos pesquisadores isso pode ser uma surpresa, dada a hegemonia da concepção positivista de ciência e, conseqüentemente, de suas formas válidas de gerar conhecimento científico. Para muitos pesquisadores, a validade dos resultados de uma pesquisa está fortemente associada à base empírica em que se realizou a pesquisa, ou seja, o tamanho da amostra é um critério imperativo. Tal critério de avaliação tem suas raízes não somente no positivismo, que aceita a indução como forma de generalização, mas na própria forma do ser humano de fazer o julgamento dos conhecimentos que absorve. Você nunca perguntou a uma pessoa sobre quantas vezes aplicou com sucesso uma receita? Todavia, o próprio ser humano também aceita como válido um conhecimento desde que este tenha passado por um teste crucial.

Antes de prosseguir, vale esclarecer que existem diferentes denominações para esse tema. Adotou-se a denominação “concepções metodológicas” de Carvalho (2000) porque o substantivo “concepção” significa, numa de suas acepções, “ponto de vista”, de acordo com Houaiss (2001).

Para Chalmers (1995), Matallo Jr. (2000) e Carvalho (2000) existem quatro concepções metodológicas:

- indutivismo;
- falsificacionismo;
- paradigmas de pesquisa; e
- programas de pesquisa.

A seguir, essas concepções serão sucintamente apresentadas. Não se trata de firmar posição sobre esta ou aquela concepção de ciência, mas alertar para a existência de correntes e de apresentá-las sem a pretensão de esgotar o assunto.

1.5.1. Indutivismo

A música *Esses Moços*, de autoria de Lupicínio Rodrigues, demonstra bem como o indutivismo está presente no nosso cotidiano:

“Esses moços, pobre moços
Ah se soubessem o que eu sei
Não amavam, não passavam
Aquilo que eu já passei.”

Muitos de nós somos indutivistas ou utilizamos o indutivismo provavelmente sem nos darmos conta. Isso pode ter se manifestado ao procurarmos dar validade a um conhecimento ou afirmação acerca de algo. Quanto maior a experiência, maior a certeza de aceitação de algo como verdade.

Após o sucesso de pioneiros como Galileu e Newton, durante a revolução científica do século XVII, Francis Bacon (1561–1626), um filósofo da ciência inglês, procurou estabelecer um método legítimo para a prática da ciência (ALVES, 1995; CHALMERS, 1995). Segundo Alves (1995), as bases eram: o pensamento é um espelho dos fatos; a imaginação está subordinada à observação; o cientista trata apenas daquilo que a natureza lhe revela. De acordo com Chalmers (1995: 24), no indutivismo “(...) a ciência começa com a observação”. Essa observação deve ser desprovida de qualquer preconceito, pois os fatos observados mostrarão o caminho para a elaboração de leis e teorias.

Então, a partir de um conjunto particular de observações de determinado fenômeno de interesse, se passaria seguramente para a generalização, desde que satisfeitas certas condições: o número de observações deve ser grande; as observações realizadas em ampla variedade de condições; nenhuma observação pode estar em conflito com a lei universal derivada (CHALMERS, 1995).

Logo, a partir de um conjunto particular de observações rigorosas e variadas, é possível estabelecer uma afirmação universal na forma de lei ou teoria desde que nenhuma observação entre em conflito com a indução feita. Esse processo de geração de conhecimento é denominado indutivismo (ALVES, 1995; CHALMERS, 1995; CARVALHO, 2000). Vale observar, neste ponto, que a ciência procurou se diferenciar do senso comum com o rigor e a especialização. O rigor aqui toma forma no tamanho da amostra e na sua variedade.

A partir de leis e teorias universais, o cientista pode derivar consequências a partir desse conhecimento, que permitirá elaborar explicações e previsões. Isso é obtido a partir da dedução, e o processo é o dedutivismo. A lógica é a forma pela qual a dedução é realizada. A partir das premissas é possível deduzir implicações (CHALMERS, 1995). Um exem-

plô clássico da indução é a premissa de que todos os homens são mortais; a constatação é de que Sócrates é homem; a dedução é de que ele é mortal. A dedução só será verdadeira se a premissa for verdadeira. Veja que o processo não garante o resultado.

A combinação do indutivismo com o dedutivismo forma o método científico tradicional. A Figura 1.6 ilustra isso.

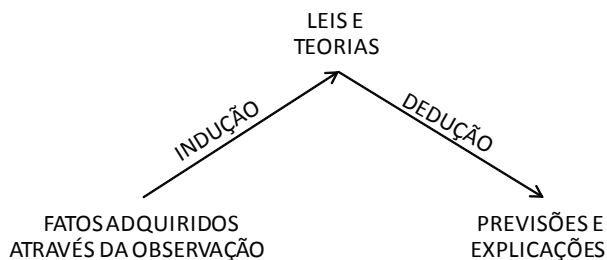


Figura 1.6 – Indutivismo e dedutivismo combinados (CHALMERS, 1995: 28).

O filósofo e historiador escocês David Hume foi quem apresentou a crítica mais contundente ao indutivismo ao colocar em xeque a passagem da parte (o conjunto de observações criteriosas) para o todo na geração de leis e teorias – o princípio da indução.

Se alguém observa exaustiva e criteriosamente um fato no tempo, ou a parte de um todo, não é lógico esperar que isso se repita no futuro ou no todo, respectivamente. Por exemplo, após observar o Sol nascer inúmeras vezes e em diferentes épocas do ano, pode-se deduzir que o Sol nasce todos os dias. Ou, ao se observar um número grande de gansos brancos em diversos lugares, pode-se afirmar que todos os gansos são brancos (ALVES, 1995). Pode parecer lógico que o Sol nascerá amanhã e que todos os gansos são brancos, mas não é. Foi justamente nesse salto para o futuro ou para o todo que Hume concentrou sua crítica. Não existe lógica. O que existe é uma expectativa derivada da experiência advinda da observação. Não há garantias de que o futuro será igual ao passado nem que o todo será igual à parte (ALVES, 1995). O problema é que a indução precisa dela própria para se justificar. Isso ficou conhecido como o “problema da indução” (CHALMERS, 1995).

Outra falácia do indutivismo é o número grande de observações. Chalmers (1995) argumenta que não foi necessária outra bomba atômica para que se induzisse a capacidade de destruição da bomba despejada sobre a cidade de Hiroshima, no Japão, durante a Segunda Guerra Mundial. Uma observação, nesse caso, bastou.

Uma tentativa de salvação do indutivismo foi apelar para aproximações probabilísticas. Em vez de garantir que sempre o Sol nascerá, argumenta-se que tem grande possibilidade de acontecer isso. Novamente, algumas críticas põem por terra essa tentativa. Alves (1995) apresenta o argumento de que a probabilidade só pode ser usada quando se conhece o todo. O que se almeja na aplicação da indução é o conhecimento do todo, mas ele não é conhecido ainda.

A saída para o problema da indução, conforme Alves (1995), é admitir que os dados não dizem nada ao observador se este não tiver a centelha criadora da imaginação e um referencial. Isso, porém, dificulta a diferenciação entre a ciência e o senso comum. Chalmers (1995), por sua vez, apresenta três respostas possíveis. A primeira é semelhante à de Alves (1995), que admite que a ciência não pode ser justificada racionalmente – posição semelhante à de Hume. A segunda é diminuir a exigência de que todo conhecimento não lógico seja derivado da experiência e argumentar pela racionalidade do princípio da indução em outra base. Só que esse argumento ainda não surgiu. A terceira é não utilizar a indução na ciência. O filósofo austríaco Karl Popper tentou fazer isso.

Antes de apresentar a proposta de Popper é válido refletir um pouco sobre a presença inconsciente do indutivismo na prática dos pesquisadores e a implicação disso. O indutivismo sempre vem à tona quando se argumenta acerca do tamanho e da variedade da amostra. Ele também é reforçado pela crença positivista de que os fatos só podem ser capturados pela mensuração das variáveis, e o uso da estatística é a forma de análise das evidências e captura da mensagem da natureza – elaboração de leis e teorias. Por essas razões é que se torna importante deixar claro, como sugere Demo (2000), qual é a concepção metodológica que está em jogo. Assim, pode-se ter argumento porque se está induzindo ou generalizando a partir de um caso e não de uma amostra representativa.¹ Nesse sentido, Chalmers (2000) alerta que a necessidade da existência de uma teoria previamente justifica tal indução.

1.5.2. Falsificacionismo

O falsificacionismo abandona algumas premissas do indutivismo, como: a ciência começa com a observação dos fatos e é desprovida de qualquer preconceito e de que é possível atingir dessa forma teorias verdadeiras.

Para evitar o problema da indução, Popper propõe o falseamento. Ele está baseado no fato de que a “falseabilidade de afirmações universais [leis e teorias] pode ser deduzida de afirmações singulares disponíveis” (CHALMERS, 1995: 65). Uma afirmação singular disponível é suficiente para refutar uma teoria. O falseamento é um critério marcante na proposta de Popper.

Segundo Chalmers (2000), Popper considera as teorias como conjecturas ou suposições criadas pelo intelecto humano para superar teorias anteriores que enfrentaram

¹ Vale esclarecer que o argumento aqui não é contra a utilização de amostras representativas e a estatística em pesquisas científicas. Elas são muito úteis quando se deseja fazer generalizações ou induções para uma população de estudo – algo comum nas pesquisas em engenharia de produção. Só que, nessas situações, o conhecimento da população é possível e, portanto, passível de se trabalhar com uma amostra probabilística. Por outro lado, é insustentável o uso de amostra não probabilística para generalizações sobre o objeto de estudo do tipo “indústria brasileira” em *surveys* ou estudos de caso.

problemas e falharam em prover uma solução. O conhecimento passa a ter, assim, um caráter provisório e dinâmico, uma vez que uma falha de uma teoria implicará a necessidade de proposição de outra com maior condição explicativa.

As teorias são, na verdade, conjecturas na forma de um conjunto de hipóteses ou uma hipótese de alto conteúdo informativo e de longo alcance que precisa ser falsificável. Esse é o primeiro desafio no falsificacionismo. A proposição de hipóteses falsificáveis não é fácil. Por exemplo, pode-se afirmar que “quando uma máquina não está trabalhando, ela está parada”. Não existe nenhuma situação dedutível dessa afirmação passível de ser refutada porque ela é sempre verdadeira. As afirmações que indicam o comportamento ou funcionamento das coisas são preferíveis àquelas que indicam como elas poderiam funcionar.

“Uma teoria muito boa será aquela que faz afirmações bastante amplas a respeito do mundo e que, em consequência, é altamente falsificável e resiste à falsificação toda vez que é testada” (CHALMERS, 1995: 69).

Vale observar que o intento aqui não é refutar, mas sim propor teorias que resistam à refutação. Assim sendo, a observação dos fatos e a experimentação assumem um papel diferente daquele que exerciam no indutivismo. Elas são responsáveis pelo teste crucial pelo qual uma teoria precisa passar. Elas não fornecem as leis e teorias, mas refutam-nas ou não. A importância recai exatamente na refutação e não na confirmação. Se as teorias não forem audaciosas, elas simplesmente serão refutadas no primeiro teste. Corre-se o risco de não haver progresso, mas esse é o preço a ser pago.

Isso não é diferente no senso comum. Pode-se aceitar uma situação ou pessoa que ofereça um teste crucial para uma teoria ou hipótese. Assim, aceita-se o resultado sem necessitar repetir o experimento e a observação.

A partir da sensibilização de um problema que pode advir da observação, hipóteses falsificáveis com alto conteúdo preditivo são deduzidas de uma teoria existente. Elas são propostas de solução para o problema encontrado e guiam a experimentação ou observação. Esse é o teste crucial para a teoria. Se a hipótese for refutada, falhar, então uma nova teoria terá de ser proposta e iniciar o processo novamente. Caso ela não falhe, não significa que não falhará da próxima vez. Nada se pode dizer sobre o futuro, mas somente sobre o presente. A teoria será válida até ser refutada. Por isso o teste crucial precisa ser realizado. A comprovação por meio de testes simples não contribui para o progresso da ciência (ALVES, 1995; CHALMERS, 1995; CARVALHO, 2000).

Neste ponto, vale uma observação. A falha de uma teoria em explicar e prever uma situação pode levar à proposição de uma modificação. Por sua vez, essas modificações não podem adicionar uma restrição à hipótese original de forma a diminuir o alcance da teoria. Esse reducionismo restringe o progresso da ciência (ALVES, 1995). Um exemplo é uma afirmação ser refutada para pequenas empresas e no novo enunciado esse campo de aplicação estar excetuado do postulado. Conforme Chalmers (1995), a tentati-

va de modificação deve ser feita no sentido de vislumbrar novos testes de refutação para as novas hipóteses.

Todavia, os falsificacionistas perceberam que existem graus de falseabilidade entre as teorias concorrentes. Uma conjectura audaciosa refutada não deve ser abandonada de imediato por outra mais cautelosa. O critério de falseabilidade precisa ser relativizado aqui. Pode-se aprender mais no primeiro caso do que no segundo. Dessa forma, a confirmação de uma conjectura audaciosa passa a ser bem-vinda imediatamente após ser proposta. Naturalmente perdem sentido as confirmações depois que uma teoria resiste a testes cruciais por muito tempo. Seria de pouca contribuição confirmar nos dias atuais o aumento de produtividade advindo da adoção da divisão do trabalho, como propôs Adam Smith. Vale aqui destacar a importância do conhecimento prévio existente e do contexto histórico do momento da proposição de novas teorias.

Outro problema do falsificacionismo é a dificuldade de garantir que os testes são cruciais. O teste, realizado por meio da observação ou da experimentação, exerce um papel vital na proposta de Popper. Ele é que julga a conjectura e as hipóteses dela derivadas. Todavia, não há garantia de que ele seja infalível. Existem na história inúmeras situações em que a teoria foi mantida, apesar da existência de uma evidência falível. Foi o que aconteceu com a teoria de Copérnico até Kepler confirmá-la. Isso pode levar a crer que “falsificações conclusivas, diretas, de teorias, não são realizáveis” (CHALMERS, 1995: 91).

Ciente disso, Popper argumentou sobre a importância de distinguir as hipóteses testáveis e abertas a modificações da rejeição das experiências perceptivas de observadores individuais dos pesquisadores. Estas últimas podem levar os observadores individuais a aceitar ou não uma hipótese testável, mas a decisão, em última instância, deve ser coletiva. Popper *apud* Chalmers (1995: 93) afirma: “As afirmações básicas [hipóteses testáveis] são aceitas como resultado de uma decisão ou acordo, e nesta medida elas são convenções.” Isso, para Chalmers (1995), derruba o falsificacionismo, uma vez que os testes são falíveis e, por decorrência, a sua aceitação aberta à revisão.

Para esse mesmo autor, a teoria científica, na realidade, não é constituída de afirmações como “todos os cisnes são brancos”. Ela é complexa e pode acontecer de mais de um teste ou de suposições auxiliares serem necessários. Assim, “(...) a teoria em teste pode estar errada, mas alternativamente pode ser uma suposição auxiliar ou alguma parte da descrição das condições iniciais que sejam responsáveis pela previsão incorreta. Uma teoria não pode ser conclusiva falsificada porque a possibilidade de alguma parte complexa da situação em teste, que não a teoria em teste, seja responsável por uma previsão errada não poder ser descartada” (CHALMERS, 1995: 95).

Essa afirmação revela que o ideal da problematização, proposição de hipóteses, teste e refutação, não é tão simples como possa parecer devido a complexidades das teorias e à falibilidade dos testes de refutação. Dessa forma, é preciso considerar as condições iniciais de conhecimento e os testes a serem realizados até se chegar à refutação de uma

teoria. O que não se pode é adicionar modificações restritivas ou clamar por infinitos testes para refutar uma teoria.

1.5.3. Paradigmas da pesquisa científica

No século passado, Thomas Kuhn, físico e filósofo norte-americano, alertou para a complexidade das estruturas das teorias científicas e que nem o indutivismo nem o falsificacionismo tratavam disso. Os pilares da concepção metodológica de Kuhn são o caráter revolucionário do progresso científico numa perspectiva histórica e as características sociológicas das comunidades científicas e da prática dos cientistas.

O progresso científico na visão de Kuhn pode ser visualizado na Figura 1.7. Ele pode ser apreendido se a atividade científica for acompanhada por um grande período de tempo.

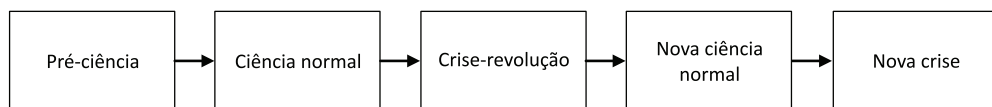


Figura 1.7 – Progresso da ciência na visão de Thomas Kuhn (adaptada de CHALMERS, 1995).

A pré-ciência ocorre quando a atividade científica está dispersa e não organizada em torno de um paradigma, com a existência de concorrência de diversas escolas ou tendências. Os cientistas não chegam a um acordo sobre o que pesquisar e como proceder na pesquisa. Com o estabelecimento do paradigma, a atividade científica gira em torno daquilo que Kuhn denomina ciência normal. Ela estabelece o que é relevante fazer e como desenvolver a pesquisa. Quando o paradigma começa a enfrentar dificuldades por falta de respostas ou explicações para situações novas, passa-se a um período de crise que clama por um novo paradigma. Tem-se, então, a revolução com o estabelecimento de uma nova ciência normal que perpetuará até uma nova crise acontecer (CHALMERS, 1995; CARVALHO, 2000; MATALLO, 2000).

A chave para entender o progresso da ciência, como ilustrado na Figura 1.7, é o conceito de paradigma de pesquisa. “Para Kuhn, o que chamamos de ciência é um processo que se compõe de uma tradição de formular problemas, de uma tradição de resolver problemas dentro de uma mesma teoria e mecanismos específicos de treinamento de novos cientistas, utilizando métodos e instrumentos consagrados pela comunidade científica, ou grupos dentro dela. A tudo isso Kuhn dá o nome de *paradigma*” (CARVALHO, 2000: 57). O paradigma de pesquisa coordena e dirige as atividades dos cientistas tanto em nível teórico quanto no metodológico. O mesmo autor alerta para a dimensão sociológica, além de cognitiva, do paradigma. Os cientistas que compartilham o mesmo paradigma fazem parte da mesma comunidade científica. Por isso, o paradigma é mais

do que uma teoria ou, como se verá no próximo subitem, um programa de pesquisa de Lakatos.

A ciência normal é a atividade de solução de problemas regida pelo paradigma vigente. A comunidade científica tem suas atividades legitimadas pelo paradigma atual. Vale observar que as atividades são direcionadas para reforçar e expandir o paradigma e não para refutá-lo. Caso aconteça alguma falha, geralmente ela é atribuída ao pesquisador e não ao paradigma, que não é uma construção de um cientista. Ele é uma propriedade coletiva que tem existência duradora e não perde a credibilidade facilmente (CHALMERS, 1995; CARVALHO, 2000).

Vale observar que o paradigma é uma estrutura totalmente diferente das conjecturas de Popper, atuando no plano cognitivo e social com um longo alcance sobre os cientistas. A visão da concepção de Kuhn é mais ampla que a de Popper e dos indutivistas.

Todavia, como observa Carvalho (2000), mesmo com todo o conservadorismo que en seja um paradigma, ele próprio acaba sendo a condição para o surgimento do novo na forma de uma revolução, como ilustra a Figura 1.6. Isso ocorre quando um paradigma começa a deixar de resolver alguns problemas considerados anomalias. A existência de seguidas anomalias começa a colocar em xeque o paradigma. Para que ele sofra um abalo e tenha sua credibilidade questionada é preciso que várias anomalias apareçam e exista uma insegurança ou descontentamento da comunidade científica. Esta é a instalação do período de crise. Diferentemente da ciência normal, na crise é permitido criticar abertamente o paradigma.

Para que haja a revolução, é preciso se articular um novo paradigma, algo que depende do surgimento e da adesão dos cientistas a um novo paradigma. Comumente, existe incompatibilidade entre o novo e o velho paradigma. Thomas Kuhn não acredita a um argumento lógico a mudança de paradigma por parte da comunidade científica. Isso ocorre mais por movimento social do que por motivos racionais. Apesar de ser uma decisão pessoal, existe forte influência da comunidade. Essa é a revolução científica.

De acordo com Chalmers (1995), engana-se quem pensa que a concepção metodológica de Kuhn seja um relato descritivo. Ela descreve a função dos cientistas dentro de cada uma das fases. Durante a ciência normal, os cientistas se aprofundam amparados pelo paradigma e desenvolvem trabalhos teóricos e empíricos rigorosos. Caso esse período não existisse, não haveria progresso por falta de trabalhos feitos com profundidade.

Por outro lado, se isso se perpetuasse não haveria progresso. Assim, os cientistas, ao se depararem com seguidas anomalias, começam a delinear um novo paradigma de forma a substituir o antigo. Assim, abre-se a possibilidade de novas descobertas e do progresso da ciência.

1.5.4. Programas de pesquisa

No século passado, Imre Lakatos, um filósofo húngaro radicado na Inglaterra, observou que o indutivismo e o falsificacionismo não tratavam bem a complexidade das

teorias, assim como observara Thomas Kuhn. Devido a essa característica, elas devem ser vistas como estruturas. O estudo da história da ciência revela que as teorias são, na realidade, estruturas complexas que engendram programas de pesquisa. Outro argumento é a dependência que a observação tem da teoria. A observação será mais precisa quanto melhor for a definição de um conceito. Isso só acontecerá se for feito que Chalmers (1995) denomina *definição ostensiva*. Com o desenvolvimento, essa definição será mais bem compreendida. Por fim, o processo de desenvolvimento da ciência será mais eficiente se as teorias forem estruturadas de modo a manter conceitos e receitas bem claros de como devem ser desenvolvidos e estendidos.

Lakatos propôs que a pesquisa científica se estruturasse a partir de programas de pesquisa. Eles forneceriam a orientação necessária para a pesquisa futura. A Figura 1.8 ilustra um programa de pesquisa.

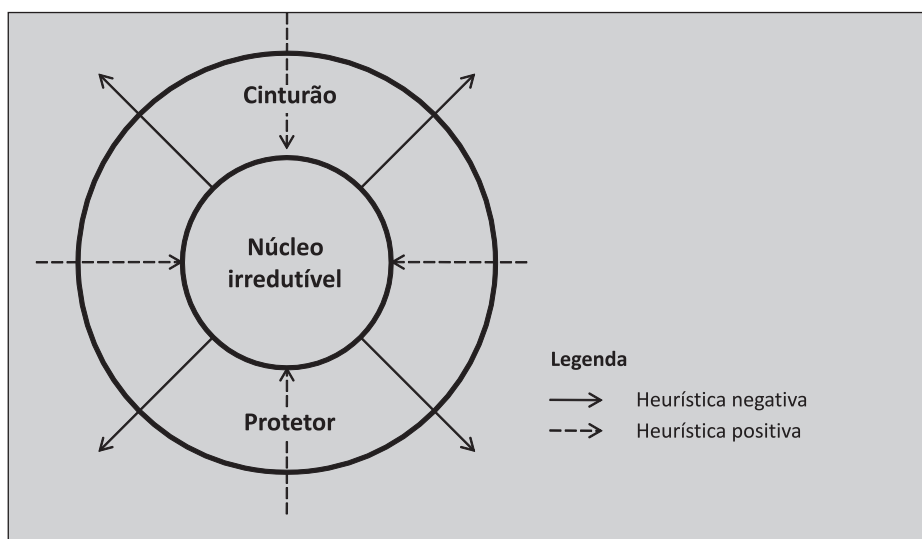


Figura 1.8 – Programa de pesquisa de Lakatos (adaptada de CHALMERS, 1995).

O programa de pesquisa é composto de uma heurística negativa e outra positiva. A heurística negativa é composta de um núcleo irredutível que contém as suposições básicas subjacentes ao programa. O núcleo é protegido da falsificação por um cinturão protetor de hipóteses auxiliares, condições iniciais etc. A heurística positiva estabelece de maneira geral como o programa de pesquisa pode ser desenvolvido de forma a orientar modificações no cinturão protetor. Isso poderá requerer a proposição de suposições suplementares ao núcleo irredutível e até mesmo o desenvolvimento de técnicas experimentais adequadas.

No início do desenvolvimento de um programa de pesquisa, a falsificação não tem papel importante até que o núcleo irredutível e o cinturão protetor estejam bem-definidos. É preciso dar chance ao programa para realizar todo o seu potencial. Quando os

testes começam, as confirmações são preferíveis às refutações para que o desenvolvimento ocorra e o programa evolua para fazer novas previsões.

Existem duas formas de avaliar a evolução de um programa de pesquisa. Uma delas é a extensão pela qual o programa leva a novas predições confirmadas. A outra forma é engendrar novos programas a partir dele próprio. A heurística positiva deverá ser suficientemente coerente de forma a guiar a pesquisa futura pelo mapeamento de um programa (CHALMERS, 1995).

O desenvolvimento do programa se dá pela expansão e modificação do cinturão protetor com adição e articulação de várias hipóteses, de forma a oferecer oportunidade de novos testes e possibilidade de novas descobertas. Qualquer adição é aceita desde que não seja *ad hoc* ou hipóteses não independentemente testáveis. De forma a evitar o labirinto teórico do falsificacionismo, com a dificuldade de identificar a origem da refutação, o núcleo deve se manter irredutível para que o programa de pesquisa não perca a sua coerência inicial.

A decisão de reter ou não uma hipótese no cinturão protetor é determinada pelos testes a que a hipótese foi submetida. Aqui o papel do teste não é tão crucial quanto no falsificacionismo, dado que o núcleo irredutível e a heurística positiva servem para definir uma forma estável de experimentação e observação.

Lakatos também admite na sua concepção metodológica a existência de programas de pesquisa concorrentes. A comparação entre eles se dará de forma relativa pela capacidade de um deles prover respostas e fazer predições. Dessa forma, um programa pode ser classificado como progressivo ou regressivo. Não é estabelecido um tempo para que um programa de pesquisa possa vigorar. Isso dependerá da adesão que ele vier a ter e da capacidade de gerar novos programas.

1.6. Considerações finais

Ao final deste capítulo, é esperado que o leitor tenha tomado um contato inicial com a filosofia da ciência, a epistemologia do conhecimento científico e a metodologia científica. Certamente, inúmeros conceitos foram apresentados de forma sucinta e a leitura das referências citadas e de outras é recomendável para o desenvolvimento no assunto.

Cabe uma breve reflexão sobre a utilidade para um pesquisador do conteúdo deste capítulo. A hegemonia da concepção indutivista e positivista da ciência é um dado. Ela é reforçada pelo nosso senso comum. Isso, como foi mostrado, tem implicações, principalmente, na hora de finalizar um trabalho científico, no momento de discorrer sobre as contribuições feitas para o conhecimento existente na área.

Nesse momento, a demarcação da condição explicativa do trabalho, como sugere Demo (2000), é crucial para que se possa fazer a contribuição em bases sólidas. Vale observar que as generalizações para ocorrências de frequências de variáveis para uma po-

pulação de estudo deve seguir a estatística. O que foi apresentado aqui trata do trabalho com o intuito de contribuir para que o conhecimento teórico existente possa ser feito, dependendo da concepção adotada. Espera-se que as alternativas de concepções metodológicas possam ajudar os pesquisadores a trilhar condições explicativas melhores para os seus trabalhos científicos. Contudo, tudo isso só será possível quando feito no início do trabalho, na fase de projeto.

Por fim, vale alertar a razão de este conteúdo, aparentemente ligado à filosofia, ser importante para os pesquisadores da área de engenharia de produção. A peculiaridade da área, que se situa entre as outras engenharias e a administração, a economia e as ciências sociais, requer dos pesquisadores um conhecimento da metodologia da pesquisa científica para poderem – em função de seus objetivos de pesquisa, temas e objetos de estudo, que por vezes se assemelham a árvores, mas outras a bailarinas – fazer escolhas mais adequadas para gerar conhecimento válido para o desenvolvimento da área.

Referências

- ALVES, R. *Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras*. 21. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.
- CARVALHO, M. C.M. A construção do saber científico: algumas proposições. In: CARVALHO, M. C.M. (Org.). *Construindo o saber*. 2. ed. Campinas: Papyrus, 2000. p. 63-86.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1995.
- DEMO, P. *Metodologia do conhecimento científico*. São Paulo: Atlas, 2000.
- HOUAISS, A. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- MATALLO JR., H. A problemática do conhecimento. In: CARVALHO, M. C. M. (Org.). *Construindo o saber*. 2. ed. Campinas: Papyrus, 2000. p. 13-28.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. *Metodologia de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- SUTTON, R. I.; STAW, B. M. What theory is not. *Administrative Science Quarterly*, v. 40, p. 372-378, September 1995.

Capítulo 2

Planejamento do Projeto de Pesquisa e Definição do Modelo Teórico

Afonso Fleury

“Só sei que nada sei.”

(Frases atribuídas a Sócrates)

“Se eu soubesse o que estou fazendo, não seria pesquisa.”

(Frases atribuídas a Albert Einstein)

Essas duas citações não são fortuitas. Eu as escolhi porque são importantes para refletir a minha experiência como pesquisador, orientador e professor de uma disciplina denominada Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção. Creio também que elas sejam importantes para preparar o leitor, candidato a pesquisador nesse campo de conhecimento.

Com elas eu não pretendo desencorajar ninguém. Meu objetivo é apenas alertar para algumas peculiaridades do processo de pesquisa. Por um lado ele vai exigir de você sincero autoconhecimento e profunda autodisciplina para ser levado a cabo com sucesso. Por outro, como é natural da pesquisa *a priori*, nem sempre se sabe aonde e quando se vai chegar. Dizem que é a diferença entre o velejador e o lancheiro. O lancheiro quer chegar o mais rápido possível ao porto de destino, enquanto o velejador curte o processo de navegar. Pesquisar tem um quê de velejar; curtir o processo de pesquisa.

Uma outra característica, nem sempre evidente, é que pesquisar é uma atividade social. Ninguém faz pesquisa sozinho ou para si mesmo (aquela imagem do cientista isolado no laboratório cercado de tubinhos fumegantes é enganosa!). Você, como pesquisador, vai ter de achar a “sua turma”, aquele grupo de pesquisadores com o qual vai interagir antes, durante e depois, talvez para sempre. Entender as características desse processo social é fundamental para que o pesquisador e a pesquisa cheguem a bom termo.

Entre os inúmeros campos da pesquisa, você foi escolher justo a engenharia de produção e gestão de operações. Concordamos que é uma área fascinante, mas a pesquisa

é um tanto mais complicada do que as demais por ser esta uma área reconhecidamente interdisciplinar. Com certeza é engenharia, mas trabalha assuntos de fronteira com outras disciplinas.

A definição clássica é: a engenharia de produção trata do projeto, aperfeiçoamento e implantação de *sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia* para a produção de bens e serviços, de maneira econômica, respeitando as condições sociais, culturais, éticas e ambientais. Tem como base os conhecimentos específicos e as habilidades associadas às ciências físicas, matemáticas e sociais, assim como os princípios e métodos de análise da engenharia de projeto para especificar, prever e avaliar os resultados obtidos por tais sistemas.

A característica da interdisciplinaridade salta aos olhos e tem levado alguns a confundir interdisciplinaridade com indisciplina; como as fronteiras do campo são nebulosas, vale tudo. Isso não é correto. A engenharia de produção e gestão de operações tem temas e métodos de pesquisa que são próprios, o que está refletido na própria concepção deste livro.

Com as frases que abrem este capítulo, pretendo também colocar os limites desta minha contribuição. Em primeiro lugar, não sou filósofo da ciência nem um “metodólogo juramentado”. Comecei a fazer pesquisas em 1972, quando entrei no programa de mestrado. Confesso que nos 20 anos seguintes fui aprendendo a pesquisar aos trancos e barrancos. Mas essa era a regra geral para a área de engenharia de produção; não havia “jurisprudência” estabelecida.

O ano de 1996 foi um ponto de inflexão. Nesse ano, em Indianápolis, Estados Unidos, foi realizada a Production and Operations Management Conference com o tema “Teaching and Researching Production and Operations Management”. Até onde eu sei, foi uma importante tomada de posição de que seria necessário estruturar melhor o processo de pesquisa e geração de conhecimento em nossa área para aproximá-la do que se considera conhecimento científico. Foi também nesse ano que decidimos, no Departamento de Engenharia de Produção da Politécnica da USP, iniciar uma disciplina de metodologia de pesquisa em engenharia de produção. Foi o que me levou a refletir mais sistematicamente sobre o assunto.

Assim, o objetivo deste capítulo é apresentar uma proposta de planejamento do projeto de pesquisa. Na prática, ela está orientada para uma subárea da engenharia de produção e gestão de operações que tem sido denominada gestão de produção e operações. A outra área típica é a pesquisa operacional, que segue um outro procedimento metodológico em pesquisa.

Trata-se de um roteiro comentado dos passos a serem trilhados no desenvolvimento de uma dissertação ou tese. Em alguns círculos isso é carinhosamente denominado de “cozinha da pesquisa”: é tudo o que ocorre antes de você apresentar aquele lindo volume de 200 páginas encadernado em azul (a imagem da cozinha é muito apropriada, mas não

chega a situações tão drásticas quanto aquelas apresentadas no seriado *Hell's Kitchen*). O objetivo é levá-lo por esse caminho, procurando explicitar o que está implícito em várias passagens desse ritual que é a preparação da dissertação ou tese. Mas não pense que isso vai evitar sangue, suor e lágrimas.

2.1. Pesquisa e geração de conhecimento em engenharia de produção e gestão de operações

Existem várias profissões que estão envolvidas com geração de conhecimento. Por exemplo, os jornalistas que analisam os mercados – financeiro, de trabalho, de produtos, de filmes de cinema – estão gerando conhecimento. Os consultores, ao exercerem sua profissão, estão gerando conhecimento sobre uma empresa ou sobre uma situação de trabalho. Você está iniciando um projeto cujo objetivo é gerar conhecimento numa área peculiar chamada engenharia de produção e gestão de operações.

O que é específico, no nosso caso, é que o conhecimento gerado é classificado como científico ou acadêmico. Ou seja, somos geradores de conhecimento científico ou acadêmico. Para que ele seja aceito nessa categoria, o processo de geração do conhecimento tem de seguir uma série de regras, de procedimentos.

Como estamos no campo da engenharia de produção e gestão de operações pode ser interessante fazer uma analogia entre a lógica do processo de transformação que resulta em bens ou serviços e a lógica da transformação que resulta em teses ou dissertações.

A Figura 2.1 representa o ciclo da produção de bens e serviços. É uma figura comum nos livros-texto e reflete a definição da engenharia de produção antes apresentada.

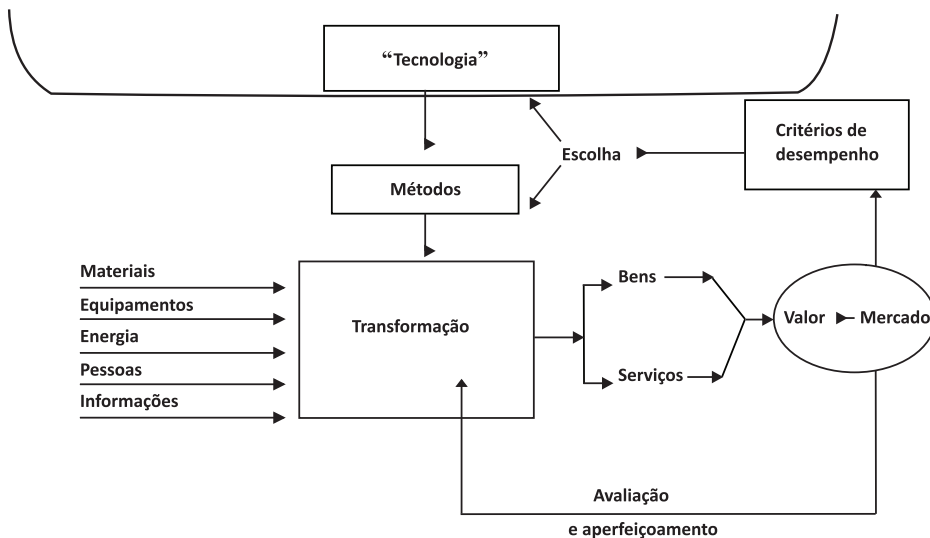


Figura 2.1 – O ciclo da produção de bens e serviços.

Já a Figura 2.2 utiliza a estrutura da Figura 2.1 para apresentar a lógica do processo de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. A missão do(a) pesquisador(a) é *transformar conhecimentos existentes* usando equipamentos e recursos (financeiros, de tempo) em novos conhecimentos que tenham valor para o “mercado”. A princípio, esse mercado é o acadêmico, mas isso vai ser mais bem qualificado no decorrer deste capítulo.

Para que o resultado final seja classificado como científico ou acadêmico, o pesquisador precisa tomar uma série de decisões. Grifei a expressão *transformar conhecimentos existentes* porque o que se espera de uma pesquisa é avançar o conhecimento e não criar conhecimento descolado do que já se sabe e já foi comunicado através da literatura especializada. Os métodos vêm de um campo de conhecimento que é denominado epistemologia ou teoria do conhecimento. A escolha do método, como veremos, é uma das decisões fundamentais na condução do processo de pesquisa. Mas é uma delas, não é a única; depende de uma série de características do projeto de pesquisa.

Além de escolher um método de transformação, como um engenheiro de produção escolhe uma tecnologia de produção, precisa estar seguro de que aquilo que ele está transformando vai gerar um produto que agregue valor para os clientes.

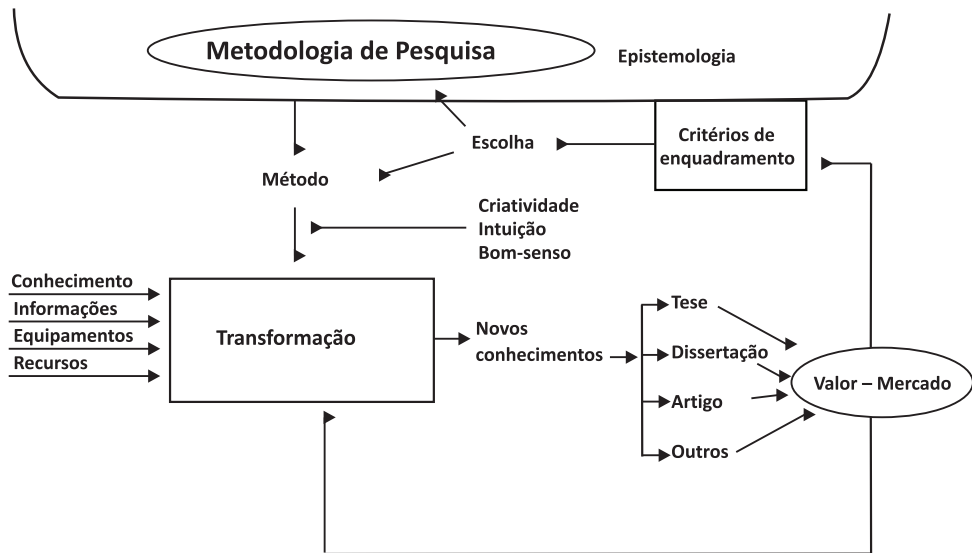


Figura 2.2 – O ciclo da produção de novos conhecimentos.

Temperando todas as decisões estão as características do pesquisador, aquelas que dão a chance de se revelar: criatividade, intuição e bom-senso. O maior desafio do pesquisador é, ao mesmo tempo que segue o método, tentar sempre “subverter o *status quo*”. Como explica Whetten (2003: 71), o objetivo último é mudar os mapas mentais da comunidade que está estudando um determinado fenômeno.

Uma última observação, neste tópico, diz respeito ao mercado. Não são poucos os ingressantes que pretendem desenvolver pesquisas em engenharia de produção e gestão de operações para resolver um problema do Brasil ou um problema da empresa, ou de uma comunidade rural, e assim por diante. Por mais que o argumento seja socialmente relevante, ele pode ser um complicador do projeto de pesquisa. O cliente-alvo preferencial da tese ou dissertação é sempre a comunidade acadêmica, representada pela banca ou júri de avaliação do trabalho, ou os pareceristas da revista à qual você vai submeter um artigo ou livro. O problema do Brasil ou o problema da empresa, ou de uma comunidade rural podem ser considerados como inspiradores para a pesquisa ou inquietações, como definirei à frente, não como eixos de desenvolvimento do projeto de pesquisa, e podem ser retomados depois de você chegar aos resultados de interesse para a comunidade acadêmica.

2.2. Um pouco da evolução da pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações

A nossa área nasceu com *practitioners*. Na minha modesta opinião, Frederick Taylor, o nosso primeiro guru, era excelente também em marketing porque seu livro *Princípios de Administração Científica* pouco tem de científico. Mas o termo “científica”, do título, era politicamente correto em seu tempo. Por muito tempo depois de Taylor, a cultura de nossa área valorizava muito mais os resolvedores de problemas complexos do que os geradores de teorias sobre engenharia de produção e gestão de operações.

Como já mencionei, a virada foi em 1996. Um artigo apresentado pelo professor William Lovejoy na POM Conference de 1996 e publicado no *POM Journal* de 1998 procura um referencial teórico para o nosso campo de pesquisas. Ele representa esse campo como a parte superior de uma pirâmide triangular cujas três arestas seriam campos de conhecimento já estabelecidos e consolidados (Figura 2.3).

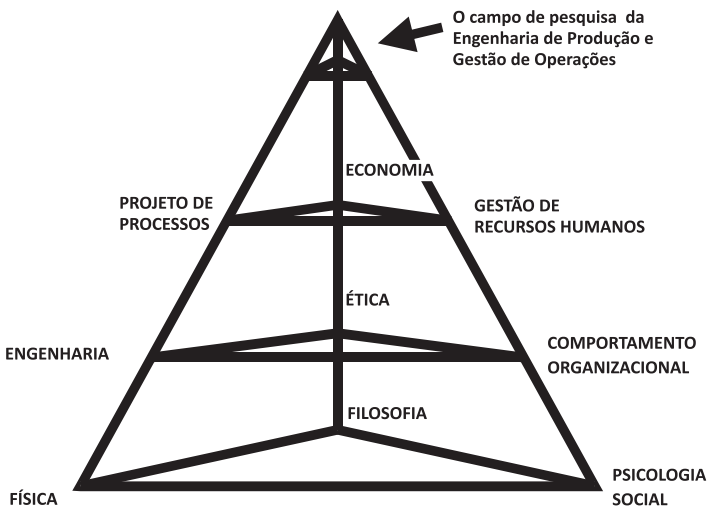


Figura 2.3 – O campo de pesquisa na engenharia de produção.

A proposta de Lovejoy reforça a ideia do caráter interdisciplinar da engenharia de produção e gestão de operações, e apela para sermos científicos no trabalho de pesquisa.

2.3. O processo de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações: visão geral

A Figura 2.4 ilustra uma visão geral do processo de pesquisa na gestão da produção e operações.

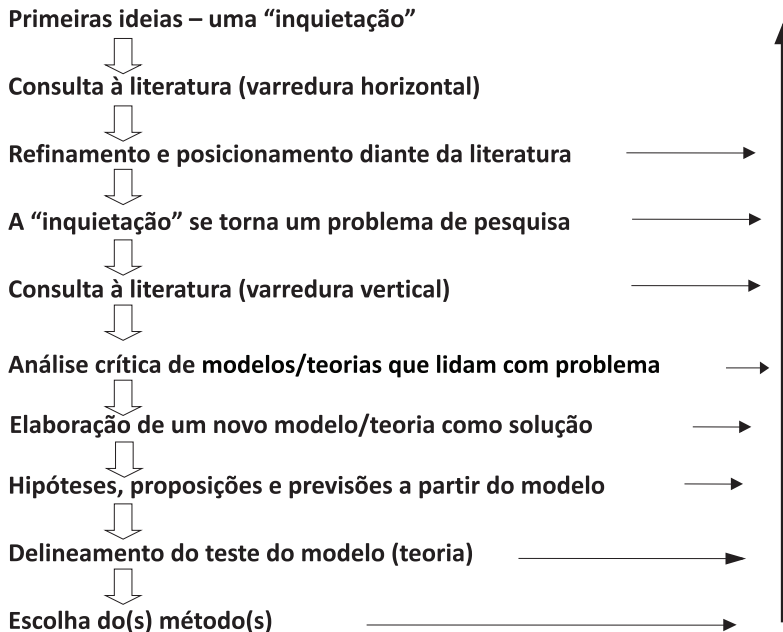


Figura 2.4 – Processo de pesquisa na gestão da produção e operações – visão geral.

2.4. Começando a jornada: da inquietação à definição do problema de pesquisa

Todos nós começamos com uma vaga ideia de qual será o nosso tema de pesquisa. É sempre algo que nos chamou a atenção, que nos intrigou, que nos estimulou. Sabemos que o assunto pede pesquisa. Mas, antes de iniciar o projeto de pesquisa, é fundamental lembrar que o resultado final deve agregar valor para a comunidade acadêmica em primeiro lugar. Foi por isso que você escolheu um programa acadêmico de mestrado ou doutorado. Não fosse por isso, você poderia fazer uma pesquisa jornalística e resolver a sua angústia.

Assim, a primeira tarefa a realizar é descobrir para quem a sua vaga ideia preconcebida, a sua inquietação, faz sentido como tema de pesquisa. Por exemplo, você pretende começar uma pesquisa porque trabalhou num banco e observou que as pessoas eram

muito motivadas por recompensas monetárias. Depois trabalhou numa ONG e observou que as pessoas eram pouco motivadas por dinheiro. A necessidade e a oportunidade de fazer uma pesquisa sobre motivação no trabalho surgem de maneira clara.

Mas será que ninguém nunca escreveu sobre esse assunto? É evidente que já existe farto material sobre ele. Assim, a sua primeira incumbência é estudar o que há de conhecimento sobre motivação no trabalho. No jargão da pesquisa, você vai fazer uma varredura horizontal. Mas – surpresa! – você acha várias teorias sobre motivação. Esse ponto requer melhor explicação.

Em qualquer área do conhecimento, há diferentes grupos gerando conhecimento sobre um mesmo fenômeno. Podemos dizer que existem tribos, cada qual com a sua teoria, os seus gurus, seus rituais (conferências, associações etc.), seus veículos de comunicação (*journals*, *newsletters* etc.). Por exemplo, uma área pródiga em tribos é a de estratégia. A tribo do posicionamento competitivo, de Michael Porter, é, sem sombra de dúvida, uma das maiores e mais influentes. Mas existem outras tribos que estão em permanente conflito com a tribo de Porter, entre elas a das estratégias emergentes, de Henry Mintzberg, e a tribo que defende a *Resource-based view of the firm*, de Gary Hamel e C. K. Prahalad, entre outros.

Esse conflito de ideias é uma característica básica da academia e da pesquisa. E não há nada de errado nisso. Ocorre que um fenômeno pode ser analisado a partir de diferentes perspectivas. São os chamados “cortes epistemológicos” que resultam em distintas abordagens para um mesmo fenômeno. Alguns livros procuram organizar essas diferentes abordagens, mostrando a diversidade que pode existir. Em nossa área, dois exemplos interessantes são os livros *Imagens da Organização*, de Gareth Morgan, e *Safári Estratégia*, de Henry Mintzberg.

Trocando em miúdos, você vai precisar escolher aquela tribo, cacique, guru, conferência etc. que mais lhe parece apropriada para o estudo do fenômeno que observou, dadas as suas especificidades. Ou seja, a partir da sua inquietação, você deve fazer uma varredura horizontal na literatura (*literature review*) para identificar de quais teorias você poderia partir para, ao estudar o “seu fenômeno”, transformar o conhecimento existente, gerar conhecimento novo. Entre elas você vai ter de escolher a mais promissora.

Nesse processo de identificar a tribo cujo interesse e abordagem sejam alinhados com os seus, o(a) seu(sua) orientador(a) deve ser a primeira referência. A princípio, ele(a) já deve ter feito essa escolha. Aliás, o(a) seu(sua) orientador(a) será sempre a referência.

Na prática, o estilo de orientação varia muito, de instituição para instituição e de professor para professor. Há aqueles que dizem que orientam qualquer assunto e deixam o orientando solto (postura arriscada e muitas vezes inconsequente) até aqueles que já enquadram o aluno desde o início, estruturando todos os estágios do processo de pesquisa. Um caso muito interessante foi revelado pela professora Ruth Cardoso, pesquisadora da USP na área de ciências sociais, esposa do professor Fernando Henrique Cardoso. Na

primeira entrevista com o seu orientador, este a informou que o tema a ser desenvolvido seria movimentos migratórios e que ela poderia escolher entre japoneses ou alemães. Mas há bons orientadores que se posicionam melhor entre esses dois extremos.

Em síntese, a primeira atividade do seu projeto de pesquisa é (re)definir a pergunta de pesquisa a partir de um referencial teórico já existente. Só assim você poderá vir a produzir um resultado que tenha valor, que seja uma contribuição.

2.5. A elaboração do modelo ou a contribuição teórica

Você já fez uma varredura horizontal (revisão de literatura), identificou uma tribo e (re)definiu a sua pergunta de pesquisa em função do interesse e dos desenvolvimentos por ela publicados.

A segunda parte da jornada implica você construir a sua teoria para responder à pergunta de pesquisa. Para desenvolver a sua teoria você deve voltar à literatura. Só que você deve fazer uma varredura vertical (*literature review*) e não repetir a varredura horizontal (*literature search*) a partir da qual você identificou a tribo. O objetivo agora é ir fundo, é mergulhar e se apropriar dos modelos e conceitos já desenvolvidos e publicados pelos autores da tribo que você escolheu. É a partir deles que você vai construir a sua teoria, o seu modelo. Por exemplo, se você vai fazer uma pesquisa sobre estratégia e escolheu a abordagem da estratégia emergente da tribo liderada pelo Henry Mintzberg, é necessário dominar os pressupostos, os conceitos e constructos fundamentais que eles utilizam na construção de teorias/modelos para então vir a construir o seu. O seu objetivo nesse segundo estágio é desenvolver o seu modelo, como Einstein desenvolveu a teoria $E = mc^2/2$ e Michael Porter desenvolveu o modelo diamante para responder à questão de pesquisa “Por que algumas nações são mais competitivas do que outras?”.

Teorias ou modelos são simplesmente conceitos inter-relacionados. Na nossa área, esses dois termos são utilizados de maneira intercambiável. Peter Warr (1978) nos ensina que usamos “lentes, peneiras e moldes” ao fazer pesquisa. A lente seria a abordagem utilizada por um grupo de pesquisa para analisar um fenômeno. É a ideia do corte epistemológico antes mencionado. Os modelos ou teorias agem como peneiras na medida em que permitem que alguns itens passem e desabilitam outros, assim rearranjando os elementos. Os moldes conceituais dão forma ao pensamento, estabelecendo sistemas de significados e criando padrões familiares que permitem a manipulação e o trabalho.

Todos os pesquisadores que vieram antes de você seguiram essa receita. Portanto, para chegar ao seu modelo você vai ter de entender, em detalhe, os outros modelos que já foram desenvolvidos para tratar do fenômeno no qual está interessado e avançar em relação a eles. Para isso, postura crítica é fundamental. Duvide de tudo e de todos: de Einstein, de Fleury, de Porter. Onde é que eles estão errados? O que é que eles não explicam em relação ao fenômeno no qual você está interessado? Não aceite o que lê sem assumir postura crítica.

A questão fundamental é o que diferencia uma pesquisa interessante de uma pesquisa não interessante. Davis (1971) concluiu que uma pesquisa interessante procura *negar as premissas das teorias existentes*, enquanto as pesquisas não interessantes estão preocupadas apenas em confirmar as teorias existentes: “*All interesting theories, at least all interesting social theories, then, attack the taken-for-granted worlds of their audiences.*”

É nesse processo, intensamente interativo – você–teoria existente–fenômeno–pergunta de pesquisa–teoria a ser desenvolvida – que você vai demonstrar criatividade, intuição e bom-senso, que foram mencionados no início. É nessa hora que precisa ocorrer a eureka ou o “estalo do Vieira”.

De maneira intuitiva, fiz isso na minha tese de doutoramento, em meados da década de 1970. Eu estava estudando organização do trabalho. Antes de começar o doutoramento trabalhei na linha de montagem da Volkswagen e na operação química da Rhodia. Naquela época, o modelo Taylorista de organização do trabalho era absolutamente hegemônico. A partir da minha experiência, eu “sentia que alguma coisa não encaixava”. Procurei então entender o modelo Taylorista e a administração científica do trabalho nos seus mínimos detalhes. Mas só entendi como construir a minha pesquisa quando, por acaso, participei de uma conferência sobre administração de recursos humanos. Numa das palestras, foi apresentado o resultado de um estudo que constatou que apenas 23% das empresas utilizavam a gestão por pontos, uma das principais técnicas de administração salarial, que era um dos pilares da administração científica do trabalho. Caiu a ficha! Entendi que as outras 77% não aplicavam a administração científica do trabalho. A pergunta de pesquisa foi redefinida: por que as empresas não utilizam administração científica do trabalho (ACT)? Como elas organizam o trabalho na prática? A partir daí voltei para a literatura e elaborei um modelo para responder à pergunta: se as empresas não escolhem a ACT, então que modo de organização do trabalho elas escolhem, por que, como implantam? Esse modelo foi então submetido a teste numa pesquisa de campo. Como os resultados contrariaram o conhecimento que então prevalecia na área de engenharia de produção, a tese recebeu notas menores dos dois avaliadores que eram da nossa área.

O mais importante de tudo é você definir o seu modelo antes de fazer a pesquisa de campo. Como revisor de periódicos, já recebi muitos manuscritos para avaliação nos quais o autor fazia uma extensa revisão da literatura (horizontal, não vertical) e descrevia vários modelos de diferentes autores: “Fulano pensa assim, sicrano fala assado.” Em seguida, partia direto para uma pesquisa de campo (que, em geral, era caracterizada como “exploratória”), onde analisava o fenômeno usando pedaços dos diferentes modelos. Concluía então que o fenômeno tinha uma característica igual à do modelo de sicrano, outra parecidíssima com a do modelo de beltrano, e assim por diante. Isso não tem valor na pesquisa acadêmica porque a contribuição teórica só pode ser aquilatada em termos de quanto ela contribuiu para avançar com o conhecimento preexistente. Se não for assim, não há com o que nem como comparar.

Uma linha de ação recomendada seria:

- escolher um autor como referência (ou fulano ou sicrano ou beltrano);
- entender o modelo desse autor nos mínimos detalhes, principalmente em termos das premissas, dos pressupostos que foram adotados;
- criticá-lo na medida em que ele não explica adequadamente o fenômeno que você observou;
- elaborar uma variante ou revisar a teoria/modelo de maneira a torná-la melhor para explicar o fenômeno, respondendo à pergunta de pesquisa; com isso, elaborar o seu modelo;
- derivar hipóteses ou proposições a partir do seu modelo;
- testar essas hipóteses, validando ou rejeitando o modelo que você construiu.

Não há demérito nenhum em se apoiar nos modelos dos outros; muito ao contrário, isso é o esperado. Novos conhecimentos devem ser gerados a partir da crítica do conhecimento existente e não revelados do azul. Numa das últimas conferências do Euroma (European Operations Management Association), Andy Neely, da Universidade de Cranfield, apresentou uma pesquisa na qual procurava explicitar quais eram os artigos e autores mais citados nos artigos publicados nos principais *journals* da área de produção e gestão de operações. O resultado foi decepcionante porque o número de referências era relativamente pequeno. Ele concluiu que “*the Production and Operations Management community has largely failed to engage with the policy community, not because the research undertaken by the P/OM community is irrelevant to the policy community, but because the P/OM community has failed to capitalize on its relevance*” (NEELY, 2005).

Na revisão de literatura e no desenvolvimento do seu modelo, mantenha sempre uma enorme atenção com os conceitos. Como conceitos são palavras, surgem dois problemas. Primeiro, você tem de manter o mesmo conceito durante todo o texto; e, segundo, garantir que a pessoa que vai ler tenha o mesmo entendimento, a mesma interpretação do conceito que aquela que você quer dar. Por exemplo, pode ser que um dos conceitos-chave do seu argumento seja inovação. Essa palavra tem muitas interpretações. A mais utilizada é aquela encontrada no *Manual de Oslo*, mas existem muitas outras. Qual é a que melhor se encaixa e transmite o que você quer dizer? Você tem de definir claramente, sempre fazendo referência a uma definição já existente, se possível uma das consagradas, e manter essa definição por todo o desenvolvimento do trabalho. Assim como inovação, há infinitos exemplos de palavras que precisam ser explicitadas como conceitos: qualidade, *just-in-time*, custo, lucro etc.

O artigo “*A theory of formal conceptual definitions: developing theory-building measurement instruments*”, de John Wacker, no *Journal of Operations Management*, é uma referência importante para instrumentalizar esse esforço. O autor “*defines concepts (who and what a conceptual definition is), defines domain (the when and where the conceptual definitions apply), it defines causal relationships (how and why the concep-*

tual definitions are related to measurements) and last it makes predictions (what should, could, and would happen when formal conceptual definitions are used for measurement” (WACKER, 2004: 629).

Depois de escolher a definição do conceito, mantenha a interpretação durante todo o texto. Não deixe flutuar de acordo com as necessidades. Seja sempre rigoroso. Isso exige disciplina, humildade, busca em várias fontes de informação, escolha inteligente. Mas esse esforço vai tornar a sua jornada mais simples e o produto final mais valioso.

Enquanto você estiver fazendo a revisão de literatura, *preste atenção aos métodos de pesquisa* que foram utilizados nos textos que são relevantes para a sua pesquisa. Eles vão sinalizar para o método que você vai ter de escolher.

Na nossa área, engenharia de produção e gestão de operações, se a tribo que você escolheu está localizada na América do Norte, é muito provável que precise usar um método quantitativo no desenvolvimento do seu projeto. Se a tribo está localizada na Europa, as chances de emplacar uma pesquisa qualitativa são bem maiores. Por exemplo, recentemente iniciei pesquisas na área de internacionalização da produção. Por motivos diversos, escolhi a tribo da Academy of International Business como a minha referência nesse assunto. Essa tribo se comunica através do *Journal of International Business Studies*, que reflete claramente a opção quantitativa para suas pesquisas. Para poder me comunicar com esse grupo eu mudei a forma de trabalhar, adotando a deles. Não adiantaria tentar dialogar utilizando outro método.

Em síntese, a pesquisa tem de ser nova, importante, interessante e teórica. Nova no sentido de ser original, revelar um conhecimento novo. Importante e interessante são atributos desejados como em qualquer outro produto. Finalmente, a pesquisa tem de ser teórica: os três anteriores têm de ser referenciados à teoria existente.

Mais importante ainda: *truly important research includes not only the theoretical dimension but also a practical dimension. A theory will be considered truly interesting only if it has repercussions on both levels.* É então, e só então, que você pode discutir o problema do Brasil, ou o problema da empresa ou o problema da comunidade rural. Se você conseguir, estará atendendo à expectativa de Weick (1995) para quem *“a good theory explains, predicts, and delights”*.

2.6. O delineamento da pesquisa

De posse do seu modelo, o estágio seguinte é a elaboração de hipóteses, proposições e previsões: “Se o meu modelo é válido, então...” Segue-se a escolha do método que você vai usar para testá-las. Ou seja, depois de todo o esforço para construir o seu modelo, você vai ter de duvidar que ele seja bom e colocá-lo à prova. Não é fácil!

Nas etapas anteriores você já deve ter colecionado um pacote de informações que vão auxiliar a tomar essas decisões. O que testar? Qual é o método a ser utilizado? É um único método ou é uma combinação de métodos?

Para ilustrar, vamos voltar à pergunta “o que motiva as pessoas no trabalho?” e como ela foi respondida. A célebre hierarquia de necessidades, de Maslow, foi testada no divã. Ele era terapeuta e elaborou o seu modelo a partir das informações colhidas em seu consultório. Anos mais tarde, Herzberg elaborou uma outra teoria e denominou-a “teoria da motivação e higiene no trabalho”. O método que Herzberg utilizou foi o do incidente crítico. Ele definiu uma amostra de trabalhadores (engenheiros, contadores e operários) e a cada pessoa solicitou: “Descreva uma situação de trabalho na qual você se sentiu muito motivado” e depois “Descreva uma situação de trabalho na qual você se sentiu pouco motivado”. Ele então analisou o conteúdo das respostas utilizando técnicas apropriadas e gerou uma nova teoria sobre motivação no trabalho.

Assim, para uma mesma pergunta de pesquisa pode haver diferentes métodos de pesquisa; a escolha depende de um conjunto de fatores, como tempo e recursos, possibilidade de acesso a dados, natureza do problema de pesquisa, entre outros.

A literatura costuma fazer distinção entre hipótese e proposição. A verificação de uma hipótese é feita com indicadores quantitativos: “Se o meu modelo é válido, então o nível de estoque ou o tempo de atravessamento ou o custo do produto...” O indicador pode ser medido. Por outro lado, uma proposição é verificada através de indicadores qualitativos: péssimo, regular, bom, muito bom etc. Por exemplo, pode ser que a proposição que você precisa testar tenha de ser enunciada como “a recompensa salarial motiva o trabalhador: pouco, regular ou muito?”.

Ao enunciar a sua hipótese ou proposição você tem de definir quais são os indicadores que vai observar e, para cada indicador, quais são as variáveis que vai medir. Pode ser que um indicador seja composto por mais de uma variável. Por exemplo, a famosa pesquisa de Rensis Likert sobre sistemas de administração previa quatro tipos de estilo administrativo: autoritário, benevolente-autoritário, consultativo e participativo. Cada empresa foi analisada em relação a sete dimensões: processo de decisão, sistema de comunicação, relações interpessoais, sistema de recompensas e punições etc. Cada uma dessas dimensões tinha vários indicadores. Para cada indicador foi construída uma escala que deu origem à famosa escala Likert.

Mas a operacionalização de sua pesquisa vai ser mais bem analisada nos próximos capítulos.

2.7. Considerações finais

Mais uma vez, relembando as frases que abrem este capítulo, deixe para o fim a elaboração da introdução e do *abstract*. Primeiro porque, quando você inicia a sua jornada, não tem certeza de onde vai chegar. O seu projeto de pesquisa vai ter uma série de mudanças de rumo e muito retrabalho. Assim, é altamente recomendável que você só escreva a introdução e o *abstract* depois da conclusão. Segundo, e mais importante, elas são o “lado marketing” do seu trabalho.

A introdução é absolutamente crucial para ganhar a atenção do leitor e precisa ser muito clara e objetiva. De acordo com recomendações de vários autores, a introdução deve seguir a seguinte sequência:

- 1) Descreva o fenômeno – de que se trata?
- 2) Relevância – por que é importante estudá-lo?
- 3) Questão de pesquisa – qual é o foco da pesquisa?
- 4) Conhecimento previamente existente – o que já se sabia?
- 5) Lacuna de conhecimento – o que não se conhece?
- 6) Contribuição – o que é novo?
- 7) Tese – qual é a revelação (*insight*)?
- 8) Método – como a pesquisa foi feita?
- 9) Estrutura do trabalho.

Ainda de acordo com esses autores, num texto de 30 páginas, a introdução deve ter em torno de três. Ou seja, aproximadamente 10% do texto final podem ser dedicados à introdução.

Finalmente, uma palavrinha sobre o *abstract*. Antigamente pouco valor era dado a ele. Hoje, com os modernos sistemas de busca de conhecimento, o *abstract* é a única parte do seu trabalho que é pública, sempre. Se o seu *abstract* não vender bem o seu trabalho, o impacto pode ser reduzido.

Em síntese, o propósito da pesquisa acadêmica é aumentar o entendimento de um fenômeno e avançar as teorias existentes. O indicador é sempre a contribuição para a teoria. Como os resultados modificam a teoria existente? Como essa contribuição vai mudar o modo como caras da tribo enxergam o campo de pesquisa? Adicionalmente, as conclusões podem ter um rebatimento para a prática da engenharia de produção e gestão de operações? Qual vai ser o impacto?

Assim, ao mesmo tempo que dou boas-vindas à nossa tribo de pesquisa, recomendo que você esteja seguro de que sua pesquisa seja nova, interessante, importante e teórica.

Boa sorte. Bons ventos, paciência e sangue frio.

Referências

- DAVIS, M. That's interesting. *Philosophy of Social Science*, v. 4, p. 309-340, 1971.
- NEELY, A. *What has 25 years of POM research taught us about productivity*. Euroma International Conference on Operations and Global Competitiveness, Budapeste, 19-22 de junho de 2005.
- WACKER, J. A theory of formal conceptual definitions: developing theory-building measurement instruments. *Journal of Operations Management*, v. 22, p. 629-650, 2004.
- WARR, P.B. (Ed.) *Psychology at Work*. Londres: Penguin, 1978.

WEICK, K. What theory is not, theorizing is. *Administrative Science Quarterly*, v. 40, p. 385-390, 1995.

WHETTEN, D. A. O que constitui uma contribuição teórica? *RAE (Revista de Administração de Empresas)*, v. 43, n. 3, p. 69-73, 2003.

Capítulo 3

Abordagens Quantitativa e Qualitativa

Roberto Antonio Martins

Este capítulo tem por objetivo apresentar ao leitor as abordagens de pesquisa quantitativa e qualitativa. Os princípios e a racionalidade de cada uma delas também serão apresentados, bem como os respectivos métodos e técnicas de pesquisa mais apropriados. Por fim, será tratada a combinação das abordagens. O termo “abordagem” será utilizado, ainda que exista na literatura o uso do termo “método”, por se considerar que a escolha da abordagem da pesquisa precede a escolha do método de pesquisa.

3.1. Abordagem quantitativa

Um primeiro contato do pesquisador com a prática da ciência acontece, em regra, com a aplicação do método de pesquisa das ciências naturais. Isso provavelmente acontece em um laboratório de ciências ou de uma das disciplinas que a compõe (física, química ou biologia), onde o pesquisador, seja um aluno de ensino fundamental, ensino médio ou superior, fará medições de algumas variáveis. Essa é a prática tradicional da ciência – estabelecer variáveis, mensurá-las e analisar os dados. Certamente um aluno de iniciação científica, mestrado ou doutorado também terá hipóteses, derivadas de um referencial teórico, associadas às variáveis.

A afirmação “quando pode medir aquilo sobre o que está falando, e expressá-lo em números, você tem algum conhecimento, afinal; mas quando você não pode medir ou expressar em números, seu conhecimento é escasso e insatisfatório; pode até ser um começo, mas pouco avanço houve em direção ao estágio da ciência”, de Lord Kelvin, é uma ilustração da visão positivista da ciência. Isso resume a importância que o ato de medir tem na prática tradicional da ciência.

Dessa forma, como vários autores afirmam, **o ato de mensurar variáveis de pesquisa é a característica mais marcante da abordagem quantitativa**. Isso, por vezes, é a única forma de justificar a adoção da abordagem. Contudo, é perfeitamente possível encontrar medições em uma pesquisa cuja abordagem alternativa não acredita somente na mensuração como forma de captar a realidade. O que significa isso? Mensurar, então, não é a característica distintiva da abordagem quantitativa?

Vale examinar um pouco mais o ato de mensurar na pesquisa científica. Como apresentado no item 1.1 do Capítulo 1 deste livro, a ciência, ou melhor, os cientistas procuraram distinguir ciência do senso comum por meio da aplicação rigorosa do método de solução de problema. Um dos elementos importantes do rigor é a objetividade da pesquisa científica. Uma forma de se atingir isso é pelo uso da linguagem matemática.

Logo, o pesquisador deve capturar as evidências da pesquisa por meio da mensuração das variáveis. Assim, nenhum subjetivismo estará influenciando a apreensão dos fatos no uso da indução para a geração de conhecimento. No caso da dedução, as variáveis a serem mensuradas são aquelas determinadas pela teoria que norteia a pesquisa. A mesma premissa de objetividade está presente implicitamente em outras concepções de ciência quando a conjectura, a ciência normal e o programa de pesquisa¹ estabelecem quais são as variáveis relevantes para o pesquisador se preocupar.

O pesquisador não interfere ou pouco interfere nas variáveis de pesquisa. Elas são oferecidas pela natureza ou derivadas de uma teoria consolidada ou provisória. Elas são definidas antes da realização da observação ou experimentação. Nesse sentido, a mensuração delas é uma consequência natural para garantir a objetividade da ciência distintamente do senso comum. Assim, a associação da abordagem à técnica de pesquisa pode ser falaciosa. A existência ou não da mensuração não é um critério bom para diferenciar as abordagens quantitativa e qualitativa. Isso ficará mais claro com a caracterização da abordagem qualitativa.

A Figura 3.1 ilustra a estrutura lógica da abordagem quantitativa.

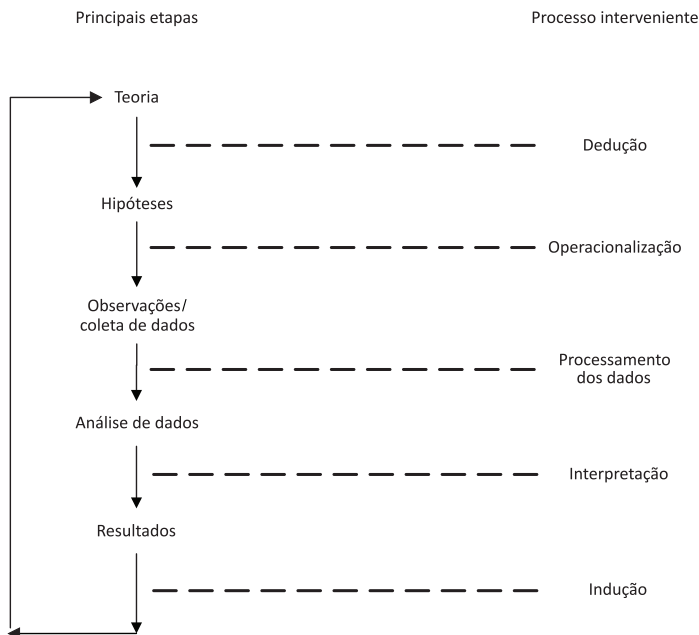


Figura 3.1 – Estrutura lógica da abordagem quantitativa (BRYMAN, 1989: 7).

¹ No Capítulo 1, o leitor encontra uma breve explicação sobre conjectura e hipóteses, a ciência normal e o programa de pesquisa, e também sobre indução e dedução.

O ponto de partida, na Figura 3.1, é a teoria que, com algum grau de precisão, explica e prevê o problema estudado. Na realidade, tudo começa com um problema, uma vez que o que não é problemático não é pensado. A partir da teoria são deduzidas hipóteses que são soluções provisórias para o problema de pesquisa. A teoria aqui pode ser uma conjectura, um programa de pesquisa ou aquilo que está estabelecido pela ciência normal. As hipóteses serão testadas e, para tanto, é preciso operacionalizar os conceitos contidos nelas em variáveis mensuráveis. Então, os dados serão coletados e posteriormente analisados, geralmente, com o uso da estatística. A interpretação dos resultados fornecerá uma base para a indução dos resultados, que se somará à base teórica existente, corroborando-a ou modificando-a.

De acordo com Bryman (1989), as principais preocupações da abordagem quantitativa são:

- mensurabilidade;
- causalidade;
- generalização;
- replicação.

A *mensurabilidade* é uma das principais preocupações da abordagem quantitativa por exercer um papel central no processo de realização da pesquisa. As hipóteses deduzidas da teoria contêm os constructos. Com a finalidade de testar as hipóteses, um conjunto de variáveis passível de ser mensurado precisa ser bem-definido. Esse processo é de extrema importância, e é denominado operacionalização. A partir disso, as variáveis podem ser medidas de forma a prover dados para a realização do teste das hipóteses.

Um dos problemas da operacionalização é a variável representar bem o constructo a ser medido. Por exemplo, constructos como “integração”, “parceria”, “motivação” em geral são difíceis de serem medidos por terem definição complexa ou apresentarem vários significados. Ao serem operacionalizados, eles precisam ser detalhados em outras variáveis. Isso impõe limitações ao estudo, devendo requerer atenção dos pesquisadores.

A escala de mensuração também merece muita atenção dos pesquisadores, uma vez que muitas variáveis, principalmente em pesquisas de levantamento, são opiniões dos respondentes. Sempre deverá haver a preocupação com a confiabilidade do instrumento de medição. Vale observar que um questionário é um instrumento de medição, assim como um cronômetro, por exemplo, precisa ser aferido e calibrado. Parafraseando Alves (1995), o tamanho do anzol limita a pesca.

A *causalidade* procura explicar como as coisas são. Em muitas pesquisas, as hipóteses expressam um relacionamento de causa e efeito (causal) entre a variável dependente (efeito) e as variáveis independentes (causas). A pesquisa procura, portanto, provar a existência de tal relacionamento entre as variáveis.

A habilidade em estabelecer relações causais reais é um dos maiores desafios para os pesquisadores. Isso é mais crítico em pesquisas de levantamento (*surveys*) porque o

pesquisador não pode manipular as variáveis diretamente. Já na experimentação ou quase-experimento, o pesquisador pode manipular diretamente as variáveis independentes e observar o comportamento da variável dependente. O pesquisador sempre precisa ter cuidado com as variáveis moderadoras, isto é, aquelas que medeiam o relacionamento causal mas não fazem parte do experimento. Elas podem mascarar os resultados, afetando o teste das hipóteses.

A *generalização* trata da possibilidade de os resultados obtidos serem generalizados para além dos limites da pesquisa. Essa preocupação não é exclusiva da abordagem quantitativa. Ela está presente, como se pode ver no Capítulo 1 deste livro, nas diferentes concepções metodológicas apresentadas. A tradição positivista do indutivismo requer uma amostra significativa, ou seja, de tamanho grande e variada para representar a população. Por outro lado, na concepção do falsificacionismo basta um ou mais testes tidos como cruciais para aceitar que uma teoria funciona. Naturalmente, para descrever ocorrências das variáveis em populações conhecidas de pesquisas de levantamento, pode-se lançar mão da estatística para ajudar a calcular o tamanho da amostra e a sua forma de constituição para garantir variedade.

A *replicação* trata da possibilidade de um pesquisador repetir uma pesquisa de outro e encontrar os seus resultados. Isso permite que um pesquisador reproduza a pesquisa de outro com a finalidade de verificar a validade inicial. Refazer a pesquisa significa fazer com a mesma população, o que não é de grande valia, mas também aplicar em outra população – variar cidade, região, país ou indústria ou setor ou processo da organização. A replicação tem uma ligação íntima com a preocupação da generalização. A replicação de uma pesquisa permite verificar a existência de viés ou predileção dos pesquisadores na coleta de dados.

Os métodos de pesquisa mais apropriados, na área de engenharia de produção, para conduzir uma pesquisa quantitativa são:

- pesquisa de avaliação (*survey*);
- modelagem/simulação;
- experimento;
- quase-experimento.

Na pesquisa de avaliação, o pesquisador não manipula os níveis das variáveis de pesquisa, podendo ter ou não proximidade com o objeto de estudo. As variáveis de pesquisa são avaliadas pelo respondente do questionário, que é o instrumento de pesquisa. Na modelagem/simulação, o pesquisador manipula as variáveis e os seus níveis, mas não na realidade. Isso é feito no modelo de pesquisa, que é uma abstração da realidade. Pode haver ou não o uso de computadores para manipular as variáveis do modelo. Detalhes sobre esses métodos são encontrados, respectivamente, nos Capítulos 5 e 8 deste livro.

No experimento ou quase-experimento, o pesquisador delinea um experimento de forma a testar o relacionamento entre as variáveis de pesquisa operacionalizada das hi-

póteses. Na realidade, o pesquisador manipula as variáveis independentes, estabelecendo níveis para elas, e observa o resultado na variável dependente. Segundo Martins (1998), para demonstrar a relação de causa e efeito é fundamental a ideia de controle porque, exercendo controle sobre as variáveis, é possível experimentar alternativas e verificar o efeito sobre a variável dependente. Esse fato leva a pesquisa experimental a ter forte validade interna.

O que diferencia o experimento do quase-experimento é que, no primeiro, o pesquisador isola as variáveis que não fazem parte do experimento. Isso pode ocorrer tanto no laboratório quanto no campo. Contudo, nem sempre é possível no campo isolar todas as variáveis. Nessa situação, Campbell e Stanley (1963) argumentam que o acompanhamento do efeito das variáveis não manipuláveis é tão importante quanto das manipuláveis. Na engenharia de produção, estratégia, políticas, motivação etc. são exemplos de variáveis que devem ser acompanhadas num quase-experimento.

Quando se investigam relações causais, uma das preocupações da abordagem quantitativa, é importante observar a influência do fator tempo, principalmente em pesquisas de levantamento e quase-experimentos. A demora em acontecer a relação entre causa e efeito investigada pode permitir a influência de outras variáveis não consideradas no efeito. Isso acontece, principalmente, quando o efeito é uma variável como competitividade, faturamento, motivação, competência, satisfação dos cliente etc. Essas variáveis dependentes são efeitos de inúmeras variáveis independentes que são difíceis de isolar. Isso pode afetar a validade interna da pesquisa. Já nos experimentos, isso não ocorre porque o pesquisador deve ter controle sobre todas as variáveis independentes e aquelas que não fazem parte do experimento. Assim, o fator tempo não é problema, mesmo que o efeito demore a aparecer.

Comumente, as fases iniciais da pesquisa quantitativa – até a coleta de dados na Figura 3.1 – são as mais demoradas e árduas para o pesquisador porque todo o delineamento da pesquisa acontece nelas. A análise de dados, geralmente guiada pelo uso de métodos estatísticos e as conclusões, é menos trabalhosa. Vale observar que a escolha dos métodos estatísticos deve ser feita nas fases iniciais e em harmonia com o objetivo da pesquisa.

Creswell (1994), Amaratung *et al.* (2002), Creswell e Clark (2006) e Sampieri (2006) sugerem que a abordagem quantitativa é mais apropriada para o teste de teoria. Isso pode parecer sensato, uma vez que as hipóteses são deduzidas a partir de uma teoria existente. Esses mesmos autores sugerem que a abordagem qualitativa é mais adequada para a geração de teoria quando os estudos são de caráter mais exploratório. As abordagens são complementares entre si; entretanto, é uma visão desses autores.

Para Bryman (1989: 22), “é um erro pensar toda pesquisa quantitativa como uma preocupação em testar hipóteses. Em muitos casos, a pesquisa é muito mais exploratória. Por exemplo, um pesquisador pode estar preocupado em verificar se duas ou mais variáveis são relacionadas, mas não tem expectativas específicas sobre a natureza do relacio-

namento que provavelmente aquelas variáveis possam exibir; ou um pesquisador pode ter coletado dados e subsequentemente acreditar que esses dados podem ter implicações para um tópico que não foi antecipado”. No mesmo sentido, Forza (2002) defende o uso de pesquisa de levantamento (*survey*) para pesquisas exploratórias, descritivas ou explanatórias.

Ao que parece, a escolha de uma abordagem de pesquisa para as diversas fases de desenvolvimento de uma teoria – exploratória, descritiva e explanatória – está mais relacionada à concepção de ciência que ao estágio de desenvolvimento, como defendem alguns autores.

3.2. Abordagem qualitativa

A partir dos anos 1970, cresceu o interesse pela abordagem qualitativa como uma alternativa à quantitativa (Bryman, 1989). Um dos marcos da divulgação da abordagem qualitativa foi a edição especial do periódico *Administrative Science Quarterly* sobre o tema, editada em dezembro de 1979.

Bryman (1989: 24) considera ser um erro afirmar que a diferença entre as abordagens quantitativa e qualitativa seja a ausência de quantificação na segunda. A abordagem qualitativa não tem aversão à quantificação de variáveis e, por vezes, os pesquisadores qualitativos quantificam variáveis. **“A característica distintiva, em contraste com a pesquisa quantitativa, é a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado.”**² A preocupação é obter informações sobre a perspectiva dos indivíduos, bem como interpretar o ambiente em que a problemática acontece. Isso implica que o ambiente natural dos indivíduos é o ambiente da pesquisa.

Na pesquisa em engenharia de produção, significa o pesquisador visitar a organização pesquisada fazendo observações e, sempre que possível, coletando evidências. O acesso às organizações e aos indivíduos que nela trabalham nem sempre é facilitado aos pesquisadores. Por indivíduos, aqui, entende-se desde trabalhadores até diretores e outros profissionais que não são empregados da organização, como fornecedores, por exemplo.

Na abordagem qualitativa, a realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é considerada relevante e contribui para o desenvolvimento da pesquisa. Essa realidade subjetiva pode interferir, no bom sentido, no desenvolvimento da pesquisa, na construção de uma realidade objetiva, um dos marcos da ciência.

De acordo com Bryman (1989: 24), “o pesquisador qualitativo tende a se esquivar da noção de que o investigador pode ser a fonte do que é relevante e importante em relação ao domínio [da pesquisa]”. Para tanto, a pesquisa que utiliza a abordagem qualitativa tende a ser menos estruturada para poder captar as perspectivas e as interpretações das pessoas pesquisadas. Isso não significa ser menos rigorosa, mas torna o controle da

² Negrito do autor.

pesquisa mais crítico. Van Maanen (1979) defende que as duas abordagens não são mutuamente exclusivas. Isso será tratado com detalhes no próximo item deste capítulo.

A pesquisa qualitativa é, segundo esse mesmo autor, um guarda-chuva que abriga uma série de técnicas de interpretação que procuram descrever, decodificar, traduzir, e qualquer outro termo relacionado com o entendimento e não com a frequência de ocorrência das variáveis de determinado fenômeno.

Outra diferença entre a pesquisa quantitativa e qualitativa é que a primeira tem como foco a estrutura e os elementos da estrutura do objeto de estudo, enquanto a segunda tem como foco os processos do objeto de estudo. O entendimento do processo pode resultar em um “mapa”, que é produto da reflexão do pesquisador sobre o “território” investigado (VAN MAANEN, 1979). A reflexão sobre a teoria acontece em vários momentos durante o desenvolvimento da pesquisa, inclusive durante a coleta de dados (BRYMAN, 1989). Por exemplo, o pesquisador pode se deparar com algum constructo que não fazia parte de seu referencial teórico, durante a pesquisa no campo, e incorporá-lo desse ponto em diante.

Segundo Bryman (1989), as características da pesquisa qualitativa são:

- ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos;
- delineamento do contexto do ambiente da pesquisa;
- abordagem não muito estruturada;
- múltiplas fontes de evidências;
- importância da concepção da realidade organizacional;
- proximidade com o fenômeno estudado.

Na abordagem qualitativa, as interpretações individuais são peças de um mosaico organizacional que o pesquisador qualitativo precisa capturar para entender a complexidade pesquisada. O pesquisador precisa estar consciente de que os diversos pontos de vista se complementam, mas também divergem. Exatamente desse caldo cultural é que evidências interessantes podem ser apreendidas para responder a questão de pesquisa. Isso significa que a abordagem quantitativa não tenha interesse nas interpretações individuais. A diferença é que ela utiliza essa perspectiva para validar ou não suas hipóteses.

De forma a complementar a visão dos indivíduos da organização, é necessário ao pesquisador delinear o contexto da pesquisa por meio da coleta de dados sobre a estratégia, políticas, estrutura organizacional, processos e atividades, sistemas de gestão etc. Assim, será possível construir o “mapa” citado por Van Maanen (1979).

Contudo, a ênfase da abordagem qualitativa não é na estrutura das organizações. Ela é um elemento importante para entender a preocupação do pesquisador, o processo. O interesse é desvendar o desenrolar de eventos que culminam nos resultados. Mais uma vez, o interesse não é só no resultados, mas como se chegou até eles. Isso possibilita explicar o como e não somente o quê.

Para capturar toda essa complexidade que os indivíduos no seu ambiente natural podem proporcionar ao pesquisador, faz-se necessário que a abordagem não seja muito estruturada em forma. Bryman (1989) cita como falta de estrutura pouca orientação teórica e ausência de hipótese *a priori*. Isso proporciona ao pesquisador flexibilidade para, dentro do possível, escolher caminhos para o desenvolvimento da pesquisa.

Cabem aqui algumas ponderações. A flexibilidade pode ser uma virtude ou um problema para a abordagem qualitativa. A falta de uma orientação teórica pode, por vezes, levar o pesquisador a se perder no emaranhado de evidências e, conseqüentemente, perder o foco da pesquisa, não atingindo a contribuição esperada. O referencial teórico se faz necessário em qualquer abordagem de pesquisa.

A abordagem qualitativa frequentemente é criticada como não sendo uma abordagem científica por causa dessa característica. A abordagem menos estruturada pode pôr em risco o rigor e o uso controlado do método científico, que diferencia a ciência do senso comum. O que se advoga aqui não é uma abordagem sem qualquer estrutura, mas que contemple um grau de liberdade que permita ao pesquisador, dentro dos limites da pesquisa científica, alterar o desenvolvimento da pesquisa de forma a atingir o objetivo estabelecido da melhor maneira possível.

De forma a capturar os diversos pontos de vista dos indivíduos em uma ou mais organizações, delinear o contexto e entender o desenrolar dos processos, a abordagem qualitativa trabalha com mais de uma fonte de evidência para evitar que opiniões pessoais e especulações sejam consideradas como verdades. A construção da realidade objetiva da pesquisa ocorre pela perspectiva do pesquisador, fundamentada na revisão bibliográfica, e pela realidade subjetiva dos indivíduos capturada de múltiplas fontes de evidências no ambiente natural da pesquisa. Isso não acontece na pesquisa quantitativa.

As formas de capturar toda essa complexidade são a entrevista semiestruturada ou não estruturada, a observação participante ou não participante, e a pesquisa a documentos. A entrevista estruturada não é adequada a essa abordagem porque, ao se estruturar a entrevista, o pesquisador acaba por impor sua visão do problema de pesquisa ao entrevistado. Isso dificulta a captura da perspectiva dos indivíduos – uma característica marcante da abordagem qualitativa. Vale observar que as entrevistas estruturadas e semiestruturadas devem ser desenvolvidas a partir de um referencial teórico. O roteiro da entrevista semiestruturada deve ser desenvolvido com base no modelo, sem impor necessariamente a visão do pesquisador ao entrevistado.

A entrevista deve ser complementada pela observação do ambiente natural da pesquisa e por documentos. Por sua vez, os documentos ou as observações podem ser reforçados com as perspectivas das pessoas envolvidas. Essa multiplicidade de fontes de evidências é vital para a confiabilidade dos dados coletados, pois as diversas fontes se reforçam ou não, aumentando assim a validade interna da pesquisa.

Alguns pesquisadores podem ter dificuldades para trabalhar com fontes múltiplas de evidências. Eles podem não ter acesso a indivíduos-chave, documentos importantes e locais da organização que tenham evidências relevantes. Dependendo do tema estudado na engenharia de produção, o sigilo requerido pela organização com relação a essas evidências pode tornar o estudo inviável. Contudo, isso pode ser contornado com ênfase maior no processo e não no resultado atingido ou com o sigilo das fontes e do nome da organização.

A concepção da realidade organizacional permite o entendimento da dinâmica organizacional que envolve o problema de pesquisa. Bryman (1989) apresenta um exemplo interessante de pesquisa. A cultura organizacional não é algo facilmente examinado, mas algo construído socialmente. A direção da organização é direcionada pela alta administração, podendo haver ou não conspiração contra ela por parte dos indivíduos da organização. Essa característica está intimamente relacionada ao delineamento do contexto.

Para capturar isso, o pesquisador qualitativo vai a campo, mantendo proximidade com o fenômeno. Ele precisa ter consciência de que, ao observar, também é observado e que, portanto, pode exercer alguma influência sobre os indivíduos pesquisados. Isso precisa ser administrado durante a execução da pesquisa de forma a evitar a ocorrência de vieses (tendências) na pesquisa ou omissão de fatos e dados.

Por vezes, em pesquisas na engenharia de produção, o pesquisador é membro da organização pesquisada. Nesse caso, ele deve lembrar que, apesar de ser um pesquisador, para os membros da organização sempre será um deles. Isso é o que se pode denominar “efeito crachá”.

O fato de os indivíduos pesquisados verem um membro da organização e não um pesquisador na frente deles é uma grande fonte de viés, principalmente em entrevistas. Os indivíduos podem omitir dados importantes por considerarem que isso pode prejudicá-los. Vale observar que isso pode ocorrer com o pesquisador que não é membro da organização. Já na observação, o “efeito crachá” atua de forma inversa. A experiência e a vivência do pesquisador na organização podem direcionar a observação do pesquisador para aqueles fatos que ele acredita serem os verdadeiros. Isso pode limitar a pesquisa e anular a validade interna dela.

Os métodos de pesquisa mais apropriados na área de engenharia de produção para conduzir uma pesquisa qualitativa são o estudo de caso e a pesquisa-ação.

O que distingue esses dois métodos é o grau de envolvimento do pesquisador com os indivíduos e a organização pesquisada, e a existência ou não de ação durante a pesquisa com participação da pesquisa com vistas à mudança organizacional.

No estudo de caso, o pesquisador tem baixo grau de envolvimento com os indivíduos e a organização pesquisada. A interação ocorre nas visitas em que são feitas as entrevistas, as observações e a consulta aos documentos. Isso pode ser mais profundo se o estudo de caso for único ou menor, se for realizado um estudo de caso múltiplo, sendo o

estudo replicado em várias organizações. Detalhes sobre esse método de pesquisa podem ser encontrados no Capítulo 6 deste livro.

Já na pesquisa-ação, em contraste com o estudo de caso, o pesquisador tem um envolvimento grande com os indivíduos e a organização. Ele faz parte da equipe que realiza uma mudança organizacional por meio da pesquisa. Vale destacar que ele não deve ser o ator principal da mudança a ser realizada, mas participa da equipe com papel bem definido. Detalhes sobre esse método de pesquisa podem ser encontrados no Capítulo 7 deste livro.

Para Bryman (1989), os problemas associados à pesquisa qualitativa são:

- acesso;
- interpretação;
- análise de dados.

Em pesquisas qualitativas, a primeira dificuldade, por vezes, é o acesso, primeiro, às organizações que têm dados relevantes para a pesquisa; e, segundo, aos indivíduos, locais e documentos. Por vezes, pode ocorrer a recusa da empresa ou, após o acesso a ela, a restrição de acesso, principalmente a documentos e locais da organização.

Essas dificuldades podem ser minimizadas tendo uma pessoa de contato dentro das organizações. Ela pode facilitar o acesso indicando pessoas a serem consultadas. Outra forma é a consulta a organizações de classe, de profissionais, redes de relacionamento profissional e organizações que têm relacionamento com o tema de pesquisa, como, por exemplo, a Fundação Nacional da Qualidade.

Em boa medida, as pesquisas qualitativas veem o problema de pesquisa pelos olhos dos indivíduos. A interpretação dessas evidências é um problema na abordagem qualitativa. O pesquisador precisa assegurar que as evidências foram corretamente interpretadas por ele. Para tanto, ele pode retornar a interpretação das entrevistas na forma de um relato para os entrevistados. Isso tem dois problemas: retenção do relato e falta de resposta. Uma alternativa é verificar a consistência das evidências com as coletadas de observações e documentos consultados. Por essa razão é que as fontes múltiplas de evidência são importantes na pesquisa qualitativa.

Ao contrário da abordagem quantitativa, que utiliza formas estruturadas como os métodos estatísticos para analisar os dados coletados, a abordagem qualitativa não tem formas estabelecidas para a análise de dados. O risco, nesse sentido, é o pesquisador se encontrar perdido em um emaranhado de dados. São inúmeras evidências, fruto das anotações de entrevistas, observações e documentos. Quando existe a quantificação de variáveis na pesquisa qualitativa, pode-se aplicar métodos estatísticos, mas quando isso não ocorre surgem dificuldades. Nos últimos anos, alguns métodos de análise vêm sendo aplicados, como *grounded theory*, análise de conteúdo, análise de discurso, para citar alguns (Bryman e Burgess, 1994). Inclusive vêm sendo desenvolvidos softwares para facilitar essa tarefa.

Em contraponto à abordagem quantitativa, a qualitativa tende a ter um início menos trabalhoso para o pesquisador na medida em que não se exige um trabalho grande para definir hipótese, operacionalizar os conceitos em variáveis e desenvolver e calibrar os instrumentos de coleta de dados. Apesar disso, quando começa a coleta de dados é que o pesquisador enfrenta os problemas discutidos anteriormente. Isso requer muito planejamento e controle do pesquisador sobre o desenrolar da pesquisa de campo, podendo evitar que, ao final da pesquisa, o pesquisador encontre uma dificuldade enorme para analisar os dados e elaborar as conclusões.

No entanto, pode-se ao abordar um problema de pesquisa utilizando o que há de melhor em cada abordagem, como propõem alguns autores.

3.3. Abordagem combinada

As primeiras tentativas de combinar as abordagens de pesquisa foram feitas sem a separação clara entre as abordagens, como foi apresentado nos dois itens anteriores. O foco, inicialmente, foi nos métodos e técnicas de coleta e análise de dados. Em 1978, Denzin cunhou o termo *triangulação* para argumentar a favor da combinação de métodos para estudar o mesmo fenômeno (CRESWELL, 1994).

“O conceito de *triangulação* está baseado na premissa de que qualquer viés inerente a um método, pesquisador e fonte de dados em particular poderia ser neutralizado quando usado em conjunto com outros métodos, pesquisadores e fontes de dados (KICK *apud* CRESWELL, 1994).

Mais recentemente, Creswell (1994), Amaratunga *et al.* (2002), Creswell e Clark (2006) e Sampieri (2006) se referem à combinação de métodos mais que ao uso conjunto de diferentes métodos e técnicas de coleta e análise de dados. Esses autores justificam a combinação pela complementaridade das concepções metodológicas de pesquisa científica. A combinação das abordagens possibilita um entendimento melhor dos problemas de pesquisa que cada uma das abordagens permitiria isoladamente.

Para Creswell e Clark (2006), as vantagens de combinar as abordagens quantitativa e qualitativa são:

- proporcionar vantagens que compensam os pontos fracos de ambas as abordagens;
- prover evidências mais abrangentes para o estudo de um problema de pesquisa do que cada abordagem isoladamente;
- ajudar a responder a questões que não podem ser respondidas por abordagem separadamente;
- encorajar os pesquisadores a colaborarem, superando relacionamentos contraditórios entre pesquisadores quantitativos e qualitativos;

- encorajar o uso de pontos de vista múltiplos ou concepções metodológicas mais do que uma simples associação típica das concepções dos pesquisadores quantitativos e qualitativos;
- ser “prática” no sentido de que o pesquisador é livre para usar todos os métodos possíveis para solucionar o problema de pesquisa.

A combinação de abordagens permite que a vantagem de uma amenize a desvantagem da outra. Por exemplo, a abordagem quantitativa é fraca em entender o contexto do fenômeno, enquanto a qualitativa não é. Por outro lado, a abordagem quantitativa é menos suscetível a vieses na coleta de dados que a abordagem qualitativa. Dessa forma, é possível fortalecer as abordagens combinando-as.

A possibilidade de usar todos os métodos e técnicas de coleta de dados disponíveis, em vez de ficar restrito aos de cada abordagem, pode prover evidências mais abrangentes do que seria proporcionado pelas abordagens separadamente.

Dessa forma, pode-se trabalhar com questões de pesquisa mais amplas que não seriam respondidas completamente usando uma das abordagens isoladamente. Cada uma das abordagens é mais apropriada para responder a determinadas classes de perguntas de pesquisa.

O uso combinado das abordagens quantitativa e qualitativa pode evitar a divisão dos pesquisadores em dois blocos que não colaboram entre si. Na realidade, todos são pesquisadores. Essa atuação conjunta de pesquisadores com diferentes concepções metodológicas pode, no futuro, unificar todas as visões.

Cada uma das abordagens de pesquisa tem sua própria visão de mundo ou fundamentos. Creswell (1994) e Creswell e Clark (2006) chamam de paradigma. Amaratunga *et al.* (2002) denominam escola do pensamento científico. Sampieri *et al.* (2006) fazem apenas menção ao indutivismo e dedutivismo associando-os, respectivamente, às abordagens qualitativa e quantitativa.

Essas visões de mundo apresentam visões particulares sobre ontologia, epistemologia, axiologia, método e retórica. A Tabela 3.1 apresenta uma síntese dessas visões.

Tabela 3.1 – Elementos Comuns de Visão do Mundo e Implicações para a Prática

Elementos da Visão de Mundo	Pós-positivismo	Construtivismo
Ontologia (qual é a natureza da realidade?)	Realidade singular (p. ex., os pesquisadores rejeitam ou falham em rejeitar hipóteses)	Realidade múltipla (p. ex., evidências são negociadas com os indivíduos)
Epistemologia (qual é o relacionamento entre o pesquisador e o que está sendo pesquisado?)	Distância e imparcialidade (p. ex., os pesquisadores coletam dados objetivamente com os instrumentos)	Proximidade (p. ex., os pesquisadores visitam os indivíduos no ambiente deles para coleta de dados)

(continua)

Axiologia (qual é o papel dos valores?)	Imparcial (p. ex., os pesquisadores usam verificações para eliminar qualquer viés)	Tendencioso (p. ex., os pesquisadores conversam ativamente sobre seus vieses e interpretações)
Método (qual é o processo de pesquisa?)	Dedutivo (p. ex., os pesquisadores testam uma teoria <i>a priori</i>)	Indutivo (p. ex., os pesquisadores começam com a visão dos indivíduos e constroem padrões, teorias e generalizações)
Retórica (qual é a linguagem do pesquisador)	Estilo formal (p. ex., os pesquisadores usam definições consagradas de variáveis)	Estilo informal (p. ex., os pesquisadores escrevem num estilo informal e literário)

Fonte: Adaptada de Creswell e Clark, 2006.

Antes de utilizar uma abordagem combinada, o pesquisador deve considerar se na visão dele existe uma visão de mundo predominante, se é possível aplicar cada uma das visões e valorizar cada qual ou se as visões de mundo e o tipo de combinação são intimamente relacionados.

Creswell e Clark (2006) procuram apontar algumas situações em que a abordagem combinada pode ser utilizada com êxito. Uma delas é quando o uso da abordagem combinada de pesquisa produzirá resultados melhores que uma delas isoladamente.

Contudo, em que situações isso acontece? Quando uma das abordagens, sozinha, pode não responder à pergunta de pesquisa. A combinação das abordagens quantitativa e qualitativa proporciona uma visão mais ampla e completa. Além disso, um tipo de evidência, obtida por uma das abordagens, não conta a história completa ou o pesquisador não tem confiança que esse tipo de evidência possa responder à questão de pesquisa. Essa é a situação em que as abordagens se complementam.

Outra situação citada por Creswell e Clark (2006) em que pode ser utilizada a abordagem combinada é quando existe a necessidade de melhorar a pesquisa com uma segunda fonte de dados. Por exemplo, num estudo de caso, pode ser feita uma pesquisa de levantamento (*survey*) para identificar alguma tendência de opinião entre os indivíduos. Ou, então, antes de realizar uma modelagem/simulação, o pesquisador realiza um estudo de caso para entender melhor a natureza das variáveis.

Uma terceira situação é quando existe a necessidade de explicar os resultados de uma pesquisa quantitativa. A perspectiva dos indivíduos enriquece e explica os resultados da pesquisa quantitativa. Num primeiro momento, quantificam-se e identificam-se comportamentos ou padrões. Depois, a explicação das razões de tais comportamentos ou padrões é obtida a partir da perspectiva dos indivíduos envolvidos com a problemática. Isso pode acontecer com a combinação de uma pesquisa de levantamento com estudos de caso.

Por fim, uma quarta situação é quando existe a necessidade de explorar primeiro qualitativamente. Essa situação acontece quando a abordagem qualitativa é utilizada primeiramente para identificar variáveis, constructos, taxonomias e até mesmo teorias a serem testadas, bem como para ajudar a identificar itens e escalas de medição para o desenvolvimento de instrumentos de pesquisa quantitativos. Isso pode acontecer quando primeiro é realizado um estudo de caso e depois uma pesquisa de levantamento ou uma modelagem/simulação.

Creswell e Clark (2006), a partir de um levantamento da literatura sobre as classificações de pesquisas de abordagens combinadas, propõem quatro tipos de estudos com abordagens combinadas. São eles:

- triangulação;
- incorporado;
- explanatório;
- exploratório.

A *triangulação* é o tipo de abordagem combinada mais conhecida e comum nas pesquisas. O propósito de utilizar a triangulação é combinar o que há de melhor de cada abordagem de forma a entender melhor um problema de pesquisa.

Os métodos de pesquisa e as técnicas de coleta de dados são utilizados simultaneamente e com o mesmo peso. Já a análise de dados é feita separadamente dentro de cada abordagem, mas o objetivo é utilizar os resultados conjuntamente para responder à questão de pesquisa.

Apesar de bastante utilizada, a triangulação apresenta alguns desafios. Muito esforço e especialização dos pesquisadores é necessário por causa da coleta de dados simultânea e do peso igual dado a cada abordagem. Isso pode ser resolvido com a formação de uma equipe com as competências necessárias nos métodos e técnicas de cada abordagem, o que nem sempre é possível ou fácil de obter.

Outro desafio é o que fazer se os dados coletados por métodos e técnicas de cada uma das abordagens não concordarem. Uma saída é coletar mais dados. Isso leva a outra questão: que tipo de dados é necessário nessa nova etapa?

O *incorporado* é um tipo de abordagem combinada em que uma das abordagens é dominante, ou seja, a outra abordagem complementar a abordagem dominante. Isso é necessário porque um tipo de abordagem somente não permite responder à questão de pesquisa. Os pesquisadores incluem dados da pesquisa qualitativa ou quantitativa para ajudar a responder uma questão dentro de um estudo predominantemente quantitativo ou qualitativo.

Um desafio da incorporação é o pesquisador especificar o propósito do uso da outra abordagem dentro do estudo dominante e quando fizer uso da abordagem menos dominante no estudo. Outra dificuldade é integrar os resultados. Nesse tipo, diferente da triangulação, a intenção não é convergir os resultados das análises das duas abordagens

para responder à questão de pesquisa. Por fim, existem poucas aplicações, e pouco foi escrito sobre isso.

O *explanatório* é outro tipo de abordagem combinada em que a abordagem qualitativa é aplicada depois da abordagem quantitativa. A isso denomina-se abordagem de duas fases. O objetivo de tal sequência é obter uma explicação sobre determinados resultados esperados ou inesperados da aplicação da abordagem quantitativa. A aplicação da abordagem quantitativa pode também ser feita para entender melhor ou seguir subgrupos da população estudada após o estudo qualitativo.

Pela própria natureza de aplicar as abordagens em tempos diferentes, o tipo explanatório requer um tempo longo para ser executado. Dependendo do propósito, a pesquisa qualitativa pode tomar mais tempo que a quantitativa. Outro desafio é a escolha da população de estudo para cada fase. Ela pode ser a mesma ou uma amostra da população da primeira fase. Isso dificulta o planejamento porque, geralmente, não se sabe nada sobre o objeto de estudo na segunda fase porque isso depende dos resultados da primeira fase.

O último tipo de abordagem combinada é o *exploratório*. Esse também é um estudo de duas fases, como o explanatório, porém a abordagem qualitativa é aplicada primeiro. O intento é explorar o tema de pesquisa de forma a prover subsídios para a fase quantitativa. As razões para tanto é que medidas e instrumentos de pesquisa não estão disponíveis, as variáveis relevantes da pesquisa são desconhecidas e/ou não existe modelo ou teoria para o desenvolvimento da pesquisa. O tipo exploratório também pode ser aplicado quando se deseja generalizar os resultados para diferentes grupos.

Da mesma forma que no tipo explanatório, o exploratório também requer muito tempo para a sua realização. A fase qualitativa é difícil de ser planejada na fase de projeto por causa da dependência dos resultados da aplicação da abordagem quantitativa. Outro desafio é decidir se os mesmos indivíduos participaram das duas fases da pesquisa.

Segundo Creswell e Clark (2006), os critérios para a escolha do tipo de abordagem combinada são:

- o tipo de estudo e de questão de pesquisa a ser respondida;
- a especialização e as habilidades do pesquisador em relação às abordagens porque pode ser necessário montar uma equipe;
- a disponibilidade de recursos;
- o tempo disponível para finalizar a pesquisa;
- a expectativa dos pesquisadores e dos financiadores.

Esses critérios devem ser, de acordo com os mesmos autores, considerados em conjunto com outros três:

- o tempo para a coleta de dados;
- o peso relativo das abordagens quantitativa e qualitativa;
- a abordagem para combinar os conjuntos de dados coletados.

De forma a guiar as decisões a serem tomadas na escolha do tipo de combinação de abordagens, a Figura 3.2 apresenta uma árvore de decisão para os três últimos critérios.

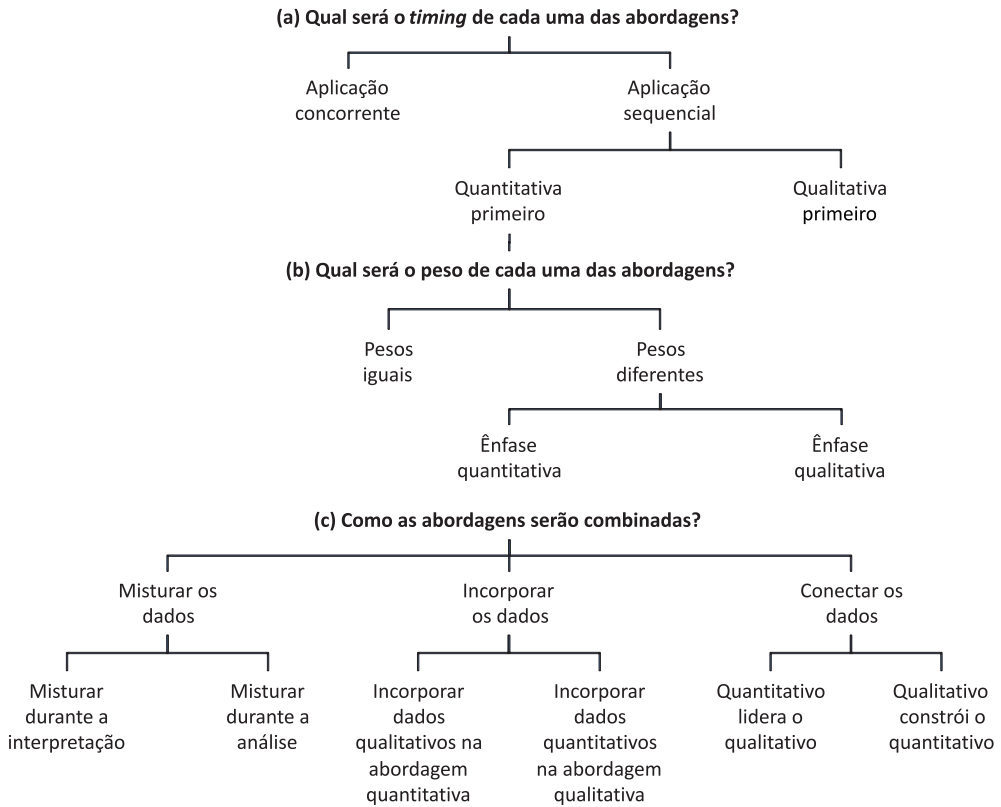


Figura 3.2 – Árvore de decisão para abordagem combinada (CRESWELL e CLARK, 2006: 80).

3.4. Considerações finais

A abordagem de pesquisa é um marco importante no desenvolvimento de uma pesquisa científica. Ela deve ser escolhida o mais cedo possível a fim de prover orientação para o pesquisador fazer as escolhas subsequentes de métodos e técnicas de pesquisa. Essa escolha precisa ser coerente com a concepção metodológica de ciência do pesquisador, com as características da pesquisa e com o perfil do pesquisador ou da equipe de pesquisa.

Cada abordagem de pesquisa traz no seu bojo um conjunto de características peculiares a ela própria. Isso a torna única, com suas virtudes e fraquezas. Dependendo da questão de pesquisa a ser respondida, uma abordagem, seja ela quantitativa ou qualitativa, poderá guiar o pesquisador na condução da pesquisa.

Entretanto, pode haver situações em que somente uma abordagem não seja suficiente. Então, o pesquisador deve considerar combinar as abordagens. A combinação não

é pura e simplesmente o uso de técnicas de coleta de dados ou análise de dados de uma abordagem quantitativa em uma pesquisa qualitativa ou vice-versa.

O uso de abordagem combinada é complexo e poderoso, mas ao mesmo tempo traz uma série de desafios aos pesquisadores. Certamente, a pesquisa de engenharia de produção no país teria avanços com a aplicação da abordagem combinada. No entanto, é preciso ponderar que nem sempre é uma abordagem apropriada para a iniciação científica e mestrado pelas razões expostas.

Referências

- ALVES, R. *Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras*. 21. ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D.; SARSHAR, M.; NEWTON, R. Quantitative and qualitative research in the built environment: application of “mixed” research approach. *Work Study*, v. 51, n. 1, p. 17-31, 2002.
- BRYMAN, A. *Research methods and organization studies*. Londres: Unwin Hyman, 1989.
- _____; BURGESS, R. G. Reflections on qualitative data analysis. In: *Analyzing qualitative data*. Londres: Routledge, 1994.
- CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally College Publishing Co., 1963.
- CRESWELL, J. W. *Research design – qualitative and quantitative approaches*. Londres: Sage, 1994.
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. *Designing and conducting mixed method research*. Londres: Sage, 2006.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- MARTINS, R. A. *Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do uso*. Tese. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. *Metodologia de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- VAN MAANEN, J. Reclaiming qualitative methods for organizational research. *Administrative Science Quarterly*, v. 24, p. 520-526, dez. 1979.

Capítulo 4

Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações

Davi Nakano

Este capítulo¹ dá continuidade à análise iniciada no início da década (BERTO e NAKANO, 2000), a respeito da utilização dos métodos de pesquisa nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. O objetivo continua a ser a avaliação quantitativa da aplicação das diversas alternativas metodológicas pelos autores que participam no Enegep, por considerar que os trabalhos publicados no encontro, pelo seu alcance, abrangência e relevância, constituem amostra representativa da pesquisa nacional em engenharia de produção. Os dados apresentados referem-se aos artigos publicados nos anais das edições do congresso realizadas de 1996 a 2004: os dados relativos aos anos de 1996 a 1998 foram recuperados da publicação anterior (BERTO e NAKANO, 2000), aos quais foram adicionados os dados relativos às edições de 1999 a 2004.

Qual é o grau de maturidade da pesquisa em engenharia de produção brasileira? Em artigo recente, Boyer e Swink (2008) lembram que o estudo na gestão de operações é uma ciência social, e a pesquisa a ele relacionada deve estudar os processos empresariais com o objetivo de desenvolver teorias para entendê-los. Por esse motivo, os autores defendem o exame de dados empíricos na pesquisa em operações. Nesse aspecto, o levantamento realizado mostra tendência animadora: nos nove anos cobertos por esse estudo, a quantidade de artigos com pesquisa de campo mostrou crescimento praticamente contínuo, como mostra a Figura 4.1. Se, por um lado, os dados são animadores, por outro, como será discutido a seguir, eles sugerem que deve haver atenção redobrada no treinamento dos pesquisadores brasileiros para que a produção nacional qualificada apresente crescimento.

¹ Os dados utilizados neste capítulo foram anteriormente apresentados em sessão dirigida do Enegep 2008, realizado no Rio de Janeiro, e foram publicados no livro correspondente às sessões dirigidas.

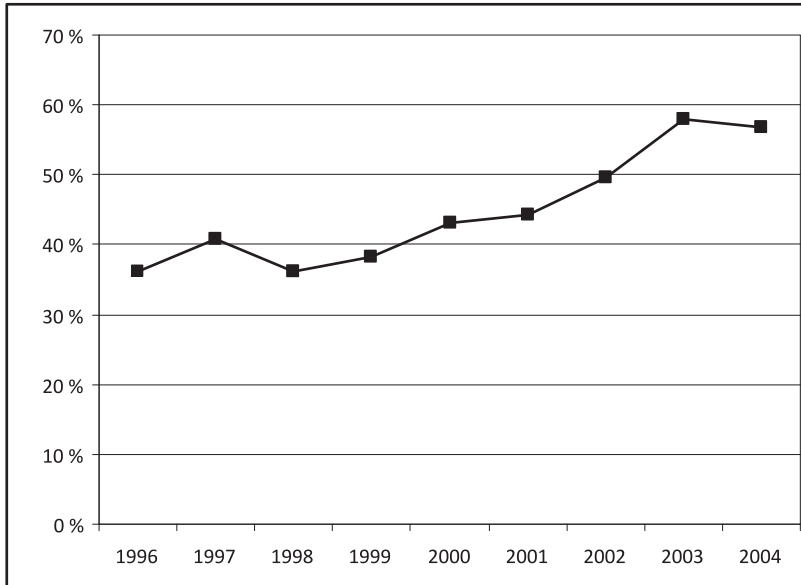


Figura 4.1 – Proporção de artigos com pesquisa empírica no Enegep.

4.1. Introdução

Para o levantamento dos métodos de pesquisa, foi utilizada a tipologia de Filippini (1997), como no estudo anterior (BERTO e NAKANO, 2000), para que as comparações fossem possíveis. A tipologia divide os artigos em sete categorias:²

- **Levantamento tipo *survey***: uso de instrumento de coleta de dados único (em geral um questionário), aplicado a amostras de grande tamanho, com o uso de técnicas de amostragem e análise e inferência estatística.
- **Estudo de caso**: análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), com o uso de múltiplos instrumentos de coleta de dados e presença da interação entre pesquisador e objeto de pesquisa.
- **Modelagem** (ou **modelamento**): uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou de parte de um sistema produtivo.
- **Simulação**: uso de técnicas computacionais para simular o funcionamento de sistemas produtivos a partir de modelos matemáticos.
- **Estudo de campo**: outros métodos de pesquisa (principalmente de abordagem qualitativa) ou presença de dados de campo, sem estruturação formal do método de pesquisa.
- **Experimento**: estudo da relação causal entre duas variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador.

² As quatro primeiras categorias são apresentadas em mais detalhes, respectivamente, nos Capítulos 5, 6 e 8.

- **Teórico/conceitual:** discussões conceituais a partir da literatura, revisões bibliográficas e modelagens conceituais.

Os dados apresentados aqui se referem a 4.755 artigos: 1.610 artigos do primeiro levantamento, aos quais foram acrescidos 3.145. O número não corresponde ao total declarado nos anais das edições do Enegep de 1996 a 2004 porque o levantamento foi realizado a partir dos anais em mídia digital, e em alguns (poucos) casos foram encontrados problemas, como artigos que só apresentavam o resumo nos anais ou arquivos corrompidos. Para a identificação do tipo de pesquisa, seguiu-se o mesmo procedimento anteriormente adotado: foram lidos os resumos e as seções introdutórias de cada artigo, procurando a declaração dos autores quanto à natureza da pesquisa e método empregado. Somente quando esse exame não foi suficiente, as demais seções dos artigos foram examinadas. Como no estudo anterior, não houve julgamento de mérito quanto à adequação do tipo de pesquisa e método declarado aos objetivos do trabalho.

O trabalho de identificação foi feito utilizando dois procedimentos: no primeiro lote (anais de 1996 a 1998, publicado em BERTO e NAKANO, 2000), os próprios autores fizeram o levantamento. No segundo lote (anais de 1999 a 2004), a coleta de dados foi feita por um assistente, e não pelo autor. Nesse caso, para garantir a confiabilidade dos resultados, foi adotado o seguinte procedimento: o assistente estudou um manual de metodologia de pesquisa, foi instruído sobre a classificação adotada e examinou o estudo anterior. O autor instruiu também o assistente sobre as principais dificuldades encontradas no primeiro levantamento. Uma amostra de aproximadamente 30 artigos dos anais a serem examinados foi então escolhida aleatoriamente e classificada independentemente pelo autor e pelo assistente. Os resultados foram comparados e as diferenças foram conciliadas. Após esse procedimento, o assistente iniciou a classificação dos artigos, tendo sido instruído a indicar todas as dúvidas encontradas, que foram examinadas e discutidas uma a uma com o autor. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.1 e na Figura 4.2.

Tabela 4.1 – Ocorrência dos Tipos de Pesquisa Utilizados nos Trabalhos dos Anais do Enegep 1996-2004

Ano	Número de Artigos	Método de Pesquisa						
		Modelagem	Simulação	Survey	Estudo de Caso	Estudo de Campo	Experimento	Teórico/ Conceitual
1996	599	76 12,7%	16 2,7%	18 3,0%	101 16,9%	89 14,9%	9 1,5%	290 48,4%
1997	473	78 16,5%	20 4,2%	23 4,9%	67 14,2%	92 19,5%	11 2,3%	182 38,5%
1998	538	67 12,5%	18 3,3%	26 4,8%	75 13,9%	89 16,5%	4 0,7%	259 48,1%
1999	398	19 4,8%	11 2,8%	8 2,0%	102 25,6%	35 8,8%	7 1,8%	216 54,3%

(continua)

2000	246	15 6,1%	13 5,3%	13 5,3%	65 26,4%	25 10,2%	3 1,2%	112 45,5%
2001	548	21 3,8%	28 5,1%	22 4,0%	161 29,4%	49 8,9%	10 1,8%	257 46,9%
2002	598	23 3,8%	19 3,2%	21 3,5%	176 29,4%	87 14,5%	12 2,0%	260 43,5%
2003	667	28 4,2%	36 5,4%	28 4,2%	216 32,4%	132 19,8%	10 1,5%	217 32,5%
2004	688	23 3,3%	67 9,7%	27 3,9%	225 32,7%	130 18,9%	9 1,3%	207 30,1%

Fonte: Dados adicionados pelo autor a Berto e Nakano (2000).

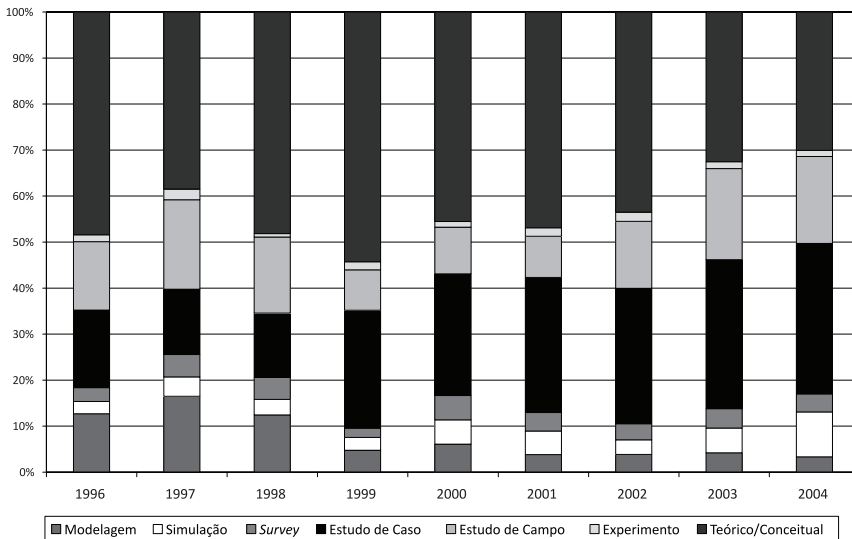


Figura 4.2 – Ocorrência dos tipos de pesquisa utilizados nos trabalhos publicados nos anais do Enegep 1996-2004 em valores percentuais.

Chama a atenção, especialmente quando comparado a resultados internacionais, a quantidade de estudos teórico-conceituais (revisões de literatura, desenvolvimento de modelos conceituais, discussões teóricas). Porém, deve-se notar que existe uma aparente tendência de diminuição desse tipo de artigo nos anais, observada a partir de 2001, embora uma afirmação mais conclusiva não seja possível, devido à limitada série histórica. Outra observação que se repete é a grande incidência da utilização do estudo de caso, que, diferentemente dos artigos teórico-conceituais, apresenta aparente tendência de crescimento. A proporção é elevada: nas edições de 2003 e 2004, um em cada três trabalhos apresentados utilizou o estudo de caso como método de pesquisa. Se somados, estudos teórico-conceituais e artigos empíricos que utilizam estudos de caso correspondem a cerca de 70% dos textos dos anais.

4.2. Tipos de pesquisa: comparação com resultados internacionais

Existem alguns textos na literatura com levantamentos de tipos e métodos de pesquisa empregados em gestão de operações. Gupta *et al.* (2006) analisaram os artigos empíricos publicados no periódico *Production and Operations Management*, no período de 1992 a 2005. Zhao *et al.* (2007) examinaram o periódico *Decision Sciences* e os principais periódicos em gestão de operações no período de 1995 a 2006, e identificaram os trabalhos empíricos sobre *supply chain management*, logística e gestão da qualidade cujo objeto de pesquisa tenha sido localizado na China, Hong Kong e Taiwan. A comparação dos resultados apresentados do Enegep com os dois trabalhos parece pertinente e razoável, porém é preciso guardar duas distinções: em primeiro lugar, os dois artigos citados examinaram textos publicados em periódicos de renome internacional, que não estabelecem limitação no número de páginas de texto, como faz o Enegep. Em segundo lugar, pode-se supor que o processo de seleção seja mais rigoroso e que, portanto, a qualidade e a profundidade dos trabalhos publicados nos periódicos examinados pelos dois textos sejam muito superiores aos publicados nos anais do encontro. Todavia, exatamente por esse motivo, a comparação pode levantar aspectos interessantes e indicar ações aos autores que submetem seus artigos ao Enegep, tendo em vista futuras publicações em periódicos de renome.

Gupta *et al.* (2006) encontraram, nos 14 volumes do *Production and Operations Management* examinados, 399 artigos, divididos em 56 números. Destes, 38,8% continham dados empíricos. Os autores classificaram o conjunto de 399 artigos em cinco categorias: pesquisa empírica (quando os artigos apresentaram algum dado de campo), modelagem e métodos analíticos (emprego de modelagem e simulação matemáticas), artigos conceituais (discussões e análises teóricas), revisões (revisões de literatura) e artigos sobre o ensino de gestão de operações. A Tabela 4.2 apresenta os resultados obtidos pelos autores.

Tabela 4.2 – Tipos de Pesquisa Utilizados nos Artigos Publicados no *Production and Operations Management*, 1992–2005

Tipo	Percentual
Pesquisa empírica	38,8
Modelagem e métodos analíticos	38,1
Artigos conceituais	9,8
Ensino em gestão de operações	6,9
Revisões de literatura	6,4

Fonte: Gupta *et al.*, 2006.

A primeira comparação possível é sobre os tipos de artigos, confrontando os resultados de Filippini (1997) – utilizados no levantamento anterior – com os de Gupta *et al.* (2006) e com os dos anais do Enegep. Como as classificações utilizadas são diferentes,

foi feito um ajuste simples, pois elas guardam semelhança. Apenas a categoria “Ensino em gestão de operações” utilizada por Gupta *et al.* (2006) não tem paralelo e será excluída da análise. A Tabela 4.3 confronta as classificações dos textos e a classificação ajustada, utilizada para a comparação.

Tabela 4.3 – Ajuste entre Classificações

Classificação de Filippini (1997), utilizada em Berto e Nakano (2000)	Classificação de Gupta <i>et al.</i> (2006)	Classificação Utilizada para Comparação	Observações
Modelagem	Modelagem e métodos analíticos	Modelagem e métodos analíticos	
Simulação			
<i>Survey</i>	Pesquisa empírica	Pesquisa empírica	
Estudo de caso			
Estudo de campo			
Experimento			
Teórico-conceitual	Revisões de literatura	Teórico-conceitual	
	Artigos conceituais		
	Ensino de gestão de operações		Excluído da análise

Utilizando a classificação ajustada, de três categorias, a comparação entre levantamentos é possível. A Tabela 4.4 apresenta os resultados, já com os dados de Gupta *et al.* (2006) ajustados, corrigindo as porcentagens com a exclusão da categoria “Ensino em gestão de operações”.

Tabela 4.4 – Comparação entre Resultados dos Diversos Periódicos e Congressos

	POM 1992-2005 Gupta <i>et al.</i> (2006)	DSI 1986-1987 Filippini (1997)	DSI 1996 Filippini (1997)	Enegep 1996-1998 Berto e Nakano (2000)	Enegep 1999-2004
Pesquisa empírica	41,7%	24,5%	35,3%	37,5%	51,7%
Modelagem e métodos analíticos	40,9%	66,0%	43,8%	17,1%	9,9%
Teórico-conceitual	10,5%	9,4%	20,9%	45,4%	38,3%

A comparação mostra que a proporção de pesquisa empírica no Enegep é comparável ao nível internacional, e cresceu, o que é ponto positivo, pois atende a uma antiga preocupação de maior adesão à pesquisa em gestão de operações à prática (GUPTA *et al.*, 2006) e ao chamado por mais pesquisas empíricas (BOYER e SWINK, 2008). Como já comentado, os dados dos anais do Enegep mostram um contínuo crescimento desse tipo de artigo (Figura 4.1), indicando que os pesquisadores brasileiros estão direcionando seus esforços cada vez mais para a pesquisa empírica, o que pode ser interpretado como sinal de amadurecimento e fortalecimento da área no âmbito nacional.

Por outro lado, chama a atenção a quantidade de artigos teórico-conceituais presentes na amostra brasileira, muito superior ao verificado nos dados internacionais. Como já comentado, embora exista evidência de decréscimo, sua incidência é de duas a quatro vezes maior do que nos levantamentos internacionais. Ao contrário, a proporção de artigos de modelagem e métodos analíticos é muito inferior. Se considerarmos que o uso de técnicas matemáticas para gerir operações é um dos princípios fundadores da engenharia de produção, o fato causa estranheza. Porém, ele poderia ser explicado, pelo menos em parte, pelo caráter multidisciplinar do Enegep, como já argumentado em Berto e Nakano (2000), pois trata-se de evento no qual áreas de pesquisa como ergonomia têm peso importante, nas quais modelagem e métodos analíticos não são utilizados.

4.3. Métodos de pesquisa

Quanto aos métodos de pesquisa empregados, os artigos empíricos identificados por Gupta *et al.* (2006) foram classificados em sete categorias: estudo de caso, pesquisa de campo, pesquisa qualitativa, *survey*, pesquisa com dados secundários e experimentos. Já o estudo de Zhao *et al.* (2007) encontrou um total de 109 artigos empíricos sobre *supply chain management*, logística e gestão da qualidade, que foram classificados em três categorias: estudo de caso, *survey* e outros. Por sua vez, o estudo que serviu de referência para este trabalho, Filippini (1997), utilizou a seguinte classificação: *survey*, estudo de caso, estudo de campo e experimento.

A classificação utilizada por Zhao *et al.* (2007) é muito mais simplificada, o que sugere uma comparação em dois estágios: em primeiro lugar serão comparados os estudos de Gupta *et al.* (2006) com os de Filippini (1997), Berto e Nakano (2000) e os dados levantados neste estudo. Em um segundo estágio, esses dados serão agregados para uma comparação final com o estudo de Zhao *et al.* (2007). Novamente, o ajuste entre as classificações utilizadas é pouco problemático: no primeiro estágio será utilizada a classificação de Filippini (1997) e, no segundo, a de Zhao *et al.* (2007). A Tabela 4.5 mostra as considerações realizadas para o ajuste das classificações.

Tabela 4.5 – Ajuste entre as Classificações dos Diversos Autores

Classificação de Gupta <i>et al.</i> (2006)	Classificação de Filippini (1997)	Classificação de Zhao <i>et al.</i> (2007)
Estudo de caso	Estudo de caso	Estudo de caso
<i>Survey</i>	<i>Survey</i>	<i>Survey</i>
Experimento	Experimento	Outros
Pesquisa de campo	Estudo de campo	
Pesquisa qualitativa		
Pesquisa com dados secundários		

A comparação entre os resultados de Gupta *et al.*, Filippini (1997), Berto e Nakano (2000) e os do Enegep de 1999 a 2004 encontra-se na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Ocorrência dos Métodos de Pesquisa

Método de pesquisa	POM 1992-2005 Gupta <i>et al.</i> (2006)	DSI 1986-1987 Filippini (1997)	DSI 1996 Filippini (1997)	Enegep 1996-1998 Berto e Nakano (2000)	Enegep 1999-2004
Estudo de caso	14%	30,7%	6,0%	40,2%	59,3%
Survey	28%	53,9%	75,9%	11,1%	7,8%
Experimento	2%	7,7%	2,4%	4,0%	3,1%
Pesquisa de campo	56%	7,7%	15,7%	44,7%	29,8%

A comparação mostra que o *Production and Operations Management* é muito mais eclético quanto aos métodos de pesquisa empregados porque, quando comparado aos anais do *Decision Sciences*, a proporção de métodos qualitativos (pesquisa de campo) e de uso de dados secundários no periódico é significativamente maior. Na comparação com os dados brasileiros destacam-se dois fatores: a baixa proporção de *surveys* e a alta incidência do estudo de caso. Mesmo nos dados do POM, no qual a incidência de pesquisa qualitativa é maior, a quantidade de *surveys* é duas vezes maior que a de estudos de caso. Já os dados do Enegep mostram uma participação baixíssima de *surveys*. Considerando a informação de Boyer e Swink (2008) de que o uso desse método teve crescimento significativo na pesquisa em operações desde 1990, o fato causa preocupação.

O mesmo fato já foi percebido por Berto e Nakano (2000), e naquela época conjecturou-se que o custo financeiro da realização de grandes levantamentos inibisse a escolha desse tipo de método. Por outro lado, Boyer e Swink (2008) apontam o baixo custo como uma das causas da crescente aplicação do método no âmbito internacional. A outra possibilidade aventada foi que o método exige o estabelecimento de relações causais rigorosas, operacionalização criteriosa de variáveis, e que a falta de treinamento dos pesquisadores pode inibir a maior utilização de *surveys*. Se essa for a causa, ela indicaria fragilidade da formação dos pesquisadores brasileiros no que se refere à metodologia de pesquisa.

Por outro lado, chama a atenção a grande incidência dos estudos de caso. À época do primeiro estudo, comentou-se que “a aparente flexibilidade desse tipo de pesquisa parece seduzir os pesquisadores” (p. 73), o que não só parece continuar a ocorrer quanto ter se intensificado. Quando comparados aos dados de Zhao *et al.* (2007), o desbalançamento é ainda mais evidente: a ausência de *surveys* e o excesso de estudos de caso é marcante (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Ocorrência dos Métodos de Pesquisa

Método de Pesquisa	Zhao, Flynn e Roth (2007)	POM 1992-2005 Gupta, Verma e Victorino (2006)	DSI 1986-1987 Filippini (1997)	DSI 1996 Filippini (1997)	Enegep 1996-1998 Berto e Nakano (2000)	Enegep 1999-2004
Estudo de caso	12,8%	14%	30,7%	6,0%	40,2%	59,3%
Survey	77,1%	28%	53,9%	75,9%	11,1%	7,8%
Outros	10,1%	58%	15,4%	18,1%	48,7%	32,9%

Embora a presença de estudos de caso em si não represente problema, a maior preocupação se refere ao correto emprego do método de pesquisa. No levantamento anterior já se registrava que “o uso incorreto do termo ‘estudo de caso’ foi, sem dúvida, a observação mais frequente no material analisado” (BERTO e NAKANO, 2000: 71). Embora não seja possível fazer a mesma afirmação no segundo levantamento, pelo processo como foi realizado, é razoável supor que ela seja ainda, ao menos em parte, verdadeira. Além disso, Boyer e Swink (2008) chamam a atenção para as limitações do método: alto custo e tempo exigido dos pesquisadores, limitação quanto à generalização dos resultados e a possibilidade de interpretações e conclusões tendenciosas.

Apesar de suas limitações, é o método mais frequente e causa apreensão o fato de que sua utilização apresenta tendência de crescimento: seu uso praticamente dobrou no período de 1999 a 2004. Cabe colocar novamente a advertência de que “sua utilização inconsequente e isenta de aporte metodológico adequado pode comprometer e invalidar esforços e resultados” (BERTO e NAKANO, 2000: 73). Esse é outro ponto que indica uma necessidade na formação dos pesquisadores brasileiros.

4.4. Considerações finais

A incidência dos tipos de artigo e dos métodos de pesquisa nos anais do Enegep é diferente dos dados disponíveis no âmbito internacional. Mesmo considerando a natureza do congresso, a diversidade de assuntos tratados e seu público, as diferenças são expressivas. Se, por um lado, o crescimento da pesquisa empírica deve ser saudado como fato positivo porque revela uma preocupação com a adesão das pesquisas à realidade das organizações, persiste a grande presença de estudos teórico-conceituais. O contraste entre a alta incidência desse tipo de artigo e o esforço envolvido em sua elaboração, que exige extensa revisão bibliográfica, análise e discussão aprofundada da literatura, e formulação de conceitos e proposições, sugere que parte dos artigos não atinja um nível mínimo de profundidade.

A inserção da pesquisa em engenharia de produção brasileira nos círculos internacionais é a preocupação atual dos pesquisadores e dos órgãos de controle e fomento da pós-graduação. Esse levantamento corrobora observações e comentários anteriores

(em BERTO e NAKANO, 2000), principalmente quanto à “necessidade da tomada de uma posição mais contundente e ativa no ensino, disseminação e na exigência de um maior rigor metodológico” (p. 73). A crescente adoção do estudo de caso deve ser acompanhada dessa preocupação e deve-se ainda observar que esse método de pesquisa tem ocorrência limitada nos círculos internacionais. A excessiva dependência desse método, especialmente em detrimento do *survey*, pode ser uma barreira de entrada para os autores nacionais aos periódicos internacionais de primeira linha, já que neles os métodos quantitativos ainda são em maior número.

Referências

- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D.N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. *Produção*, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.
- BOYER, K.K.; SWINK, M.L. Empirical elephants – Why multiple methods are essential to quality research in operations and supply chain management. *Journal of Operations Management*, v. 26, n. 3, p. 337-348, 2008.
- FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 17, n. 7, p. 655-70, 1997.
- GUPTA, S.; VERMA, R.; VICTORINO, L. Empirical research published in production and operations management (1992-2005): trends and future research directions. *Production and Operations Management*, v. 15, n. 3, p. 432-448, 2006.
- KARLSSON, C. Guest editorial. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 141-148, 2002.
- ZHAO, X.; FLYNN, B.B.; ROTH, A.V. Decision sciences research in China: current status, opportunities, and propositions for research in supply chain management, logistics, and quality management. *Decision Sciences*, v. 38, n. 1, p. 39-80, 2007.

Capítulo 5

Levantamento Tipo *Survey*

Paulo A. Cauchick Miguel e Linda Lee Ho

Este capítulo aborda os levantamentos tipo *survey*, que também são chamados pesquisa de avaliação. Nesse tipo de abordagem metodológica de pesquisa, o pesquisador geralmente avalia uma amostra significativa de um problema a ser investigado a fim de extrair conclusões acerca dessa amostra. Antes de apresentar a descrição e os tipos de *survey*, o capítulo discute a interação entre a estatística e a pesquisa científica. Em seguida, como fundamentação necessária, é feita uma distinção entre os diferentes tipos de variáveis geradas de dados, descrevendo-se como fazer o planejamento da pesquisa, apresentando os principais tipos de pesquisas existentes e sua classificação, como fazer uma análise descritiva de dados e, por fim, é apresentado um resumo e as diretrizes sobre as técnicas de análise de dados. **No seu fechamento, o capítulo apresenta os diferentes tipos de *surveys* (exploratórias, descritivas ou explanatórias)**, suas etapas de execução, e métodos e técnicas para a coleta e **análise dos dados**, com base nos princípios apresentados no início do capítulo.

5.1. Introdução

Como primeiro passo de qualquer abordagem de pesquisa, é preciso estabelecer os objetivos da sua realização para fazer o planejamento focado nesses objetivos. Na fase de planejamento, algumas decisões precisam ser tomadas, como: quando deverá ser conduzida a pesquisa, quantas pessoas participar da pesquisa, como selecionar os elementos participantes da pesquisa. No caso de utilizar um questionário como instrumento de coleta de dados, como perguntar, o que perguntar, quantas perguntas devem ter o questionário. Lembramos que um questionário não deve ser muito longo. Além disto, o questionário deve ser testado várias vezes com diferentes tipos de respondentes para calibrar as questões antes de começar a coleta de dados. Partindo do pressuposto de que o planejamento tenha sido feito adequadamente, a próxima etapa consiste na coleta de dados (não pode ser esquecido que os dados coletados podem apresentar inconsistências). Na fase seguinte, conduzir uma análise de dados. Daí o uso da estatística e das técnicas de análise, como

no caso de dados de natureza quantitativa (Capítulo 3), tal que se possa fazer inferências, ou seja, expandir ou generalizar os resultados para a população quando isso for possível ou, quanto não for, tirar conclusões apenas para os elementos participantes da pesquisa. Essas conclusões devem ser consideradas como novas sugestões para outras pesquisas a serem planejadas posteriormente. Toda essa interação entre a pesquisa científica e a estatística pode ser ilustrada pela Figura 5.1.

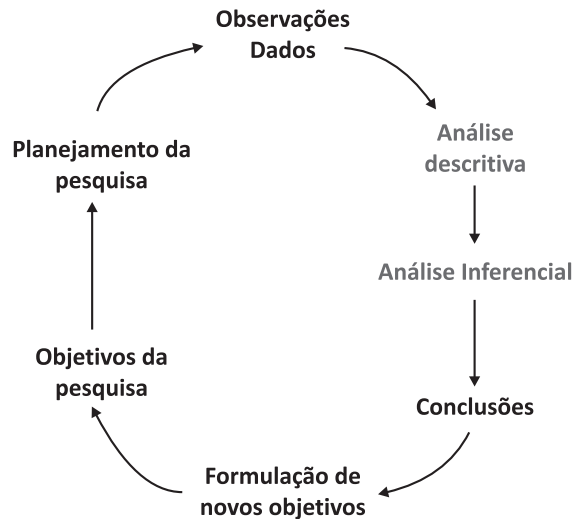


Figura 5.1 – Interação entre a pesquisa científica e a estatística.

5.2. Tipos de variáveis geradoras de dados

Antes de fazer qualquer análise de dados, é importante identificar que tipo de dados ou variáveis será gerado com a pesquisa. Tal identificação serve para uma escolha adequada das técnicas estatísticas. De modo geral, os dados podem ser classificados em dois grupos: *dados quantitativos* e *dados qualitativos*, como destacado no Capítulo 3.

Coerentemente, dados quantitativos vão quantificar algumas características de interesse. Os dados quantitativos ou numéricos podem ser classificados em dois tipos: *dados discretos* e *dados contínuos*. Os dados discretos são gerados através de contagens, como: número de filhos de uma família; número de viagens por ano; número de peças defeituosas num lote de 100 itens; número de automóveis que passam num posto de pedágio em um período de tempo. Os dados contínuos são geralmente gerados utilizando-se algum instrumento de medição, como altura, peso, pressão arterial, temperatura, diâmetro de peças, faturamento, lucro de uma empresa. Matematicamente pode-se dizer que os valores que os dados contínuos assumem pertencem ao conjunto dos números reais.

Os dados qualitativos ou categóricos podem ser classificados em dois tipos: *qualitativos nominais* e *qualitativos ordinais*. Respostas de dados qualitativos ordinais podem ser ordenadas, como o nome sugere. Por exemplo, o grau de satisfação no atendimento telefônico

pode receber as seguintes respostas ordenadas: muito satisfeito, satisfeito; nem satisfeito nem insatisfeito; insatisfeito ou muito insatisfeito. Em relação à intenção de compra de um novo produto, as respostas a uma pergunta sobre compra poderiam ser: certamente compraria; compraria; não sei se compraria ou não compraria; não compraria; ou certamente não compraria. Em relação ao grau de escolaridade, as respostas ordinais poderiam ser: sem escolarização; ensino fundamental; ensino médio; ensino superior; pós-graduação. Com relação ao porte de uma empresa, as respostas poderiam ser: pequena, média e grande.¹

Os dados qualitativos nominais são aqueles cujas respostas não podem ser ordenadas, como, por exemplo, a marca do último carro adquirido. As respostas possíveis poderiam ser: Fiat, Volkswagen, Ford, Chevrolet, Toyota e Honda, entre outros, por exemplo, que não podem ser ordenadas. Um outro exemplo de dados qualitativos: time de futebol para o qual o aluno pesquisado torce. As respostas possíveis podem ser dadas considerando apenas os times do estado de São Paulo: Corinthians, Palmeiras, Portuguesa, São Caetano, São Paulo, Santos, entre outros.

Em muitas situações práticas, é comum ver dados contínuos transformados em dados qualitativos ordinais ou nominais. Essa operação sempre é possível, no entanto o caminho inverso é impossível, ou seja, gerar respostas de dados quantitativos partindo de respostas de dados qualitativos. Por exemplo, ao coletar a idade de crianças menores do que cinco anos, ela estará agrupada em intervalos de zero até 12 meses; de mais de 12 até 24 meses, e assim por diante, até a última classe composta de crianças de mais de 48 meses até 60 meses. Se 100 crianças forem classificadas no estrato 1, apenas sabemos que são crianças com até 12 meses; idade com melhor precisão não será possível. Essa mudança ou transformação gera perda de informação. A Figura 5.2 ilustra alguns exemplos de dados de acordo com a classificação apresentada.

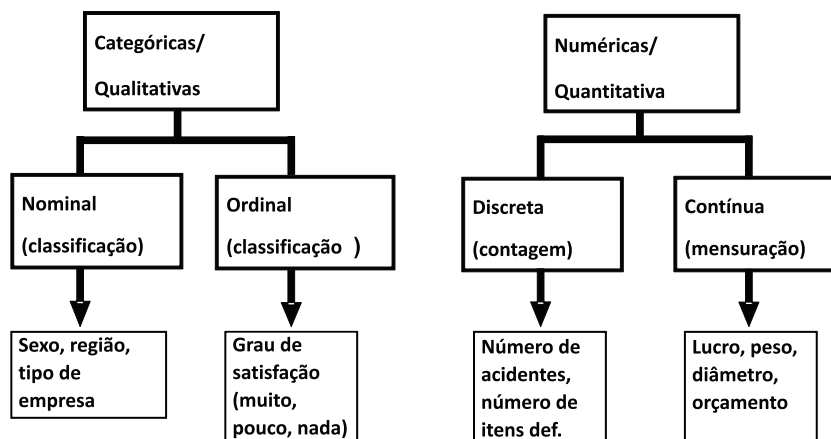


Figura 5.2 – Classificação das variáveis – alguns exemplos.

¹ Complementariamente a essas respostas, geralmente há uma escala que define o porte da empresa, como, por exemplo: a pequena empresa tem até 50 funcionários; a média empresa tem 51 a 500 funcionários; a grande empresa tem mais de 500 funcionários.

5.3. Planejamento da pesquisa

Nesta seção pretende-se abordar o planejamento de pesquisa. De modo sucinto, as pesquisas podem ser classificadas em duas categorias: as *pesquisas observacionais* e as *pesquisas experimentais*.

As pesquisas observacionais envolvem coleta de informações de dados qualitativos e quantitativos de interesse, em indivíduos de um ou mais grupos, mas *sem* intervenção (apenas observa-se). Quanto à forma de obtenção de dados: elas podem ser prospectivas (dados futuros); retrospectivas (dados passados) e transversais (dados referentes a um período). As pesquisas observacionais podem ser classificadas em *levantamentos populacionais* e *levantamentos amostrais*.

Destacam-se, primeiramente, os levantamentos populacionais. Esses levantamentos são muito importantes para o planejamento e geralmente devem nortear ações (por exemplo, governamentais) mais amplas. O principal provedor de levantamento populacional é o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e, nesse caso, toda a população é pesquisada. Os levantamentos populacionais podem ser classificados em *contínuos*, *periódicos* e *ocasionais*. Os levantamentos contínuos são aqueles que, conforme os eventos (de interesse) vão acontecendo, são registrados. Exemplos não faltam: são os registros de óbitos, nascimentos, casamentos, algumas doenças endêmicas do tipo da dengue, tuberculose, meningite, Aids, gripe H1N1 etc., que são continuamente monitoradas.

O *censo populacional* é um exemplo de levantamento populacional periódico, que acontece de 10 em 10 anos. Os levantamentos populacionais ocasionais são aqueles realizados sem a preocupação de continuidade ou periodicidade preestabelecida. Um exemplo desse tipo de pesquisa foi a recenseamento da população realizada em 1996 pelo IBGE. A análise estatística recomendada para esse tipo de pesquisa geralmente consiste na construção de tabelas e gráficos acompanhados de comentários, e uso de análise descritiva ou exploratória dos dados.

Em *levantamentos amostrais*, além de definir os objetivos, outros itens igualmente importantes precisam ser definidos. Por exemplo, definir a *população-alvo* e a *população amostrada*. Para ilustrar, considere um problema de pesquisa de mercado. O cliente quer lançar um produto para a classe A, com alto poder aquisitivo. Portanto, a população-alvo é a classe A. No entanto, não existe cadastro disponível com uma lista de pessoas com essa identificação. Assim sendo, em termos práticos, há necessidade de definir algumas características para estabelecer critérios para eleger os elementos da população amostrada. Por exemplo, só participam da pesquisa caso tenham adquirido certa marca de automóvel e morem em determinados bairros. Além disso, é importante identificar a *unidade amostral* e a *unidade de informação*. Em muitas pesquisas, a unidade amostral também é a unidade de informação. Porém, em alguns casos, a unidade amostral não é a unidade de informação. Por exemplo, casas são sorteadas (unidades amostrais), porém as unidades de informação são as pessoas que moram nessas casas. Quarteirões são sorteados (unidades

amostrais), e as unidades de informação são os domicílios que pertencem ao quarteirão. Essa distinção é de extrema importância na identificação do tipo de amostragem, assim como na hora de fazer estimativas para alguns parâmetros de interesse da população. Alguns tipos de amostragem serão discutidos a seguir. Outro aspecto a ser considerado é o instrumento de coleta de dados. Algumas alternativas conhecidas são: *entrevista com questionário*, *pesquisa por telefone*, *internet*, *mala direta*, entre outras. Como anteriormente destacado, o instrumento de coleta deve estar calibrado, ou seja, se for um questionário deve ser previamente testado, para evitar perguntas com interpretações dúbias. Quem já fez algum sabe o quanto é difícil criar um questionário. Em muitas pesquisas específicas há necessidade de fazer algumas pesquisas preliminares, como *entrevistas de profundidade* ou *discussões em grupo* com especialistas para levantar temas, assuntos, aspectos relevantes, termos relacionados à pesquisa de interesse para, daí, confeccionar o questionário propriamente dito.

Identificados todos esses elementos, é necessário escolher o tipo de *plano amostral*. Podemos ter planos *amostrais probabilísticos* e *não probabilísticos*. O primeiro tem a vantagem de poder fazer inferência dos resultados para a população, mas a desvantagem de ser caro, demandar mais tempo e a necessidade de construir *listas de referência* para fazer o sorteio aleatório dos elementos a serem amostrados. O plano amostral pode ser classificado de acordo com o número de estágio: *único estágio* (um único plano amostral que envolve fazer um único sorteio para escolher as unidades amostradas que são denominadas *unidades primárias*) ou *múltiplos estágios* (um tipo de plano amostral é definido para cada estágio).

Os principais tipos de planos amostrais probabilísticos (único estágio) são: *amostra casual simples*, *amostra estratificada*, *amostra sistemática*, *amostra por conglomerados*. A seguir, uma breve descrição de cada tipo de plano amostral.

A *amostra casual simples*, como o próprio nome diz, é o mais simples de todos os planos. Os elementos da população são listados e identificados, um sorteio aleatório é realizado e elementos sorteados são pesquisados. Os elementos da população devem ser homogêneos em relação à característica de interesse. Essa é a premissa para utilizar uma amostra aleatória simples.

Quando os elementos da população são heterogêneos em relação à característica de interesse, eles devem ser estratificados segundo algum critério estabelecido, de tal que modo que elementos do mesmo estrato devem ser homogêneos e elementos entre estratos devem ser heterogêneos. Feito isso, uma amostra aleatória (casual) simples deve ser extraída de cada estrato. Essa é a característica da *amostra estratificada*.

Na *amostra sistemática*, uma regra para selecionar o primeiro elemento é replicada para os demais elementos selecionados. Para exemplificar, considere uma população de cinco mil alunos, desejando-se escolher 100 alunos. Considerando que a lista dos alunos (identificados) esteja em ordem aleatória, um critério rápido de seleção seria escolher um aluno a cada 500. Se o décimo aluno fosse escolhido, a regra poderia ser repetida,

escolhendo o aluno 510, depois o aluno 1010, e assim por diante até esgotar a lista, totalizando 100 alunos.

Por fim, tem-se a *amostragem por conglomerados*. A população é dividida em conglomerados. Pode-se dizer que conglomerados são divisões “naturais”, não sendo impostas pelo pesquisador. Exemplos de divisões naturais: bairros, departamentos etc., tal que os conglomerados devem representar minipopulações, ser bastante heterogêneos. Existem planos de conglomerados de único estágio, em que uma amostra de conglomerados é selecionada e um censo nos conglomerados é feito. A outra possibilidade é fazer amostragem por dois estágios, em que unidades secundárias (segundo estágio) são selecionadas utilizando outro tipo de amostragem para os conglomerados selecionados (pode ser aleatória simples, sistemática etc.). Uma boa referência sobre planos amostrais pode ser encontrada em Kish (1965) e Levy e Lemeshow (1999).

A amostragem por conglomerados é bastante empregada em levantamentos amostrais realizados pelo IBGE. A Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílio (PNAD) utiliza esse tipo de amostragem, em que conglomerados são sorteados, sendo que cada conglomerado é constituído de grupo de domicílios de aproximadamente 300 domicílios. Essa pesquisa é anual, e um tema específico é abordado nela. Projeções da população brasileira são feitas a partir dos resultados dessa pesquisa, e calibrações são feitas quando o censo é realizado de 10 em 10 anos.

Uma ótima fonte de dados secundários encontra-se disponível no *site* do IBGE (www.ibge.gov.br). Vale a pena fazer uma visita e conhecer melhor o trabalho realizado. Ao planejar uma amostra probabilística, sempre se imagina que todos os elementos amostrados irão participar da pesquisa. No entanto, isso está longe de ser uma realidade. Mesmo em uma pesquisa bem planejada não há como evitar a recusa ou a não resposta de um elemento amostrado. Isso pode ser um problema, caso atinja grandes proporções, inviabilizando a extrapolação dos resultados para a população. Por exemplo, ao fazer um plano amostral para medir a satisfação do cliente, determinou-se o tamanho da amostra de 500 clientes. Os questionários foram enviados pela internet. No entanto, apenas 50 clientes responderam. Com esse nível de *não respondentes* não há possibilidade de extrapolar as respostas dos respondentes para a população de clientes. Pode-se, no entanto, analisar as respostas recebidas, mas recomenda-se que seja feito um esforço para atenuar o problema dos não respondentes. Mesmo órgãos como o IBGE também sofrem com esse tipo de problema. No caso do censo, são feitas até três tentativas para obter informações do domicílio fechado. A informação do não respondente deve ser levada em conta no caso de fazer extrapolação dos resultados para a população.

A *amostragem não probabilística* tem sido muito utilizada em vários segmentos, como, por exemplo, em pesquisa de mercado, apesar da impossibilidade de estender os resultados para a população. As pesquisas farmacêuticas constituem um bom exemplo prático desse tipo de amostragem. Geralmente, para testar a eficiência de novas drogas,

grupos de voluntários são recrutados para atender a certas especificidades. Em geral, essas amostragens são menos custosas e mais rápidas, apesar da limitação de inferência dos resultados obtidos. Além dos voluntários, as amostragens por cotas e por conveniência são exemplos de amostragens não probabilísticas.

Outro tipo de pesquisa são as *pesquisas experimentais*, que envolvem coleta de informações, como nas pesquisas observacionais, mas os resultados são influenciados pelo pesquisador *com intervenções*. Geralmente, é necessário ter um grupo-controle para avaliar os resultados experimentais. Esse tipo de pesquisa tem sido bastante utilizado na fase de desenvolvimento de novos produtos ainda sem escala de fabricação. Suas formas de obtenção são semelhantes às pesquisas observacionais, podendo ser prospectivas e longitudinais, e vários planos experimentais podem ser utilizados. As etapas de pesquisas experimentais são: estabelecer um objetivo; descrever as situações experimentais que serão comparadas (tratamentos); escolher os fatores e níveis, além de selecionar a variável resposta; descrever a população experimental; escolher as unidades experimentais e os planos experimentais. Realizado o experimento, deve-se fazer a análise dos resultados e com eles gerar novos experimentos. A Figura 5.3 ilustra as etapas de uma pesquisa experimental.

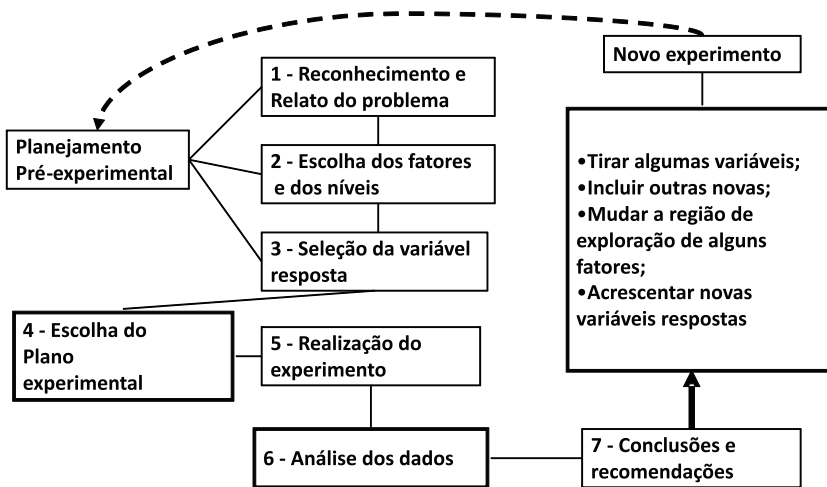


Figura 5.3 – Pesquisa experimental.

Existem muitas formas de conduzir uma pesquisa experimental. A seguir, são descritos alguns planos experimentais mais comumente utilizados na prática. Os planos experimentais podem ser classificados de acordo com a aleatoriedade de alocação entre as unidades experimentais e os tratamentos: alocação completamente aleatória ou com restrição na alocação. Os experimentos do primeiro grupo são os *experimentos completamente casualizados* e os do segundo grupo são os *experimentos em blocos completamente casualizados*. Na Figura 5.4 estão listados alguns experimentos completamente aleatorizados.

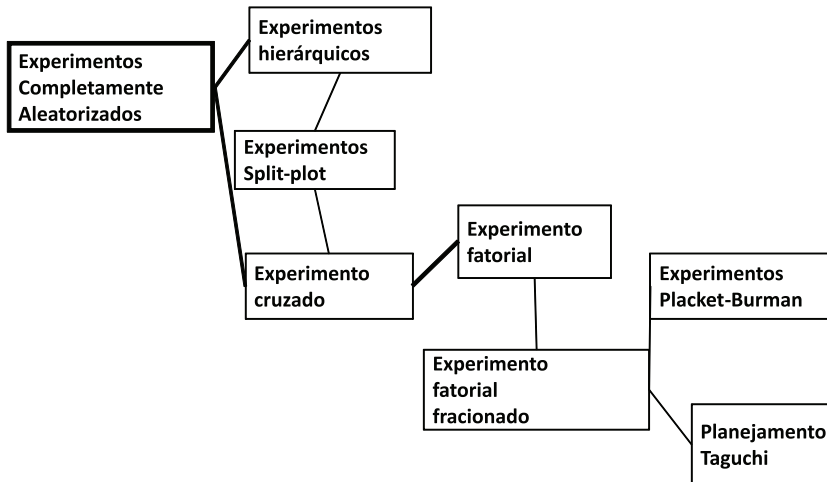


Figura 5.4 – Alguns experimentos completamente aleatorizados.

Uma suposição necessária para utilizar experimentos completamente aleatorizados é de que as unidades experimentais devem ser homogêneas. No Apêndice 1 deste capítulo é apresentado um conjunto de exemplos para ilustrar os diferentes tipos de experimentos.

Para encerrar esta parte referente às pesquisas experimentais será dado um exemplo de experimento *quadrado latino*, pretendendo-se avaliar um fator de interesse, um fator-bloco e o número de unidades experimentais igual ao número de níveis do fator de interesse. O *experimento quadrado greco-latino* é semelhante ao quadrado latino, porém há introdução de mais de um fator de interesse. Esse exemplo também é apresentado no Apêndice 1, no final deste capítulo.

O conteúdo do Apêndice 1 deste capítulo tem o objetivo de apresentar alguns planejamentos de experimentos mais utilizados na engenharia de produção. Entretanto, não tem a pretensão de esgotar esse assunto em tão poucas páginas. Para os leitores mais interessados em fazer planejamentos, sugere-se utilizar livros mais específicos sobre o assunto, como o escrito por Wu e Hamada (2000). Os autores abordam, além de experimentos clássicos (aqueles cuja resposta de interesse pode ser modelada através de uma distribuição normal), outros igualmente interessantes, porém não mais valendo a suposição de normalidade. Muitos exemplos apresentados neste livro são oriundos de experimentos de confiabilidade, cuja resposta deve obedecer a distribuições exponenciais ou Weibull ou, ainda, outros cujas respostas são resultados de contagens. A Figura 5.5 sintetiza alguns experimentos mais utilizados na engenharia.

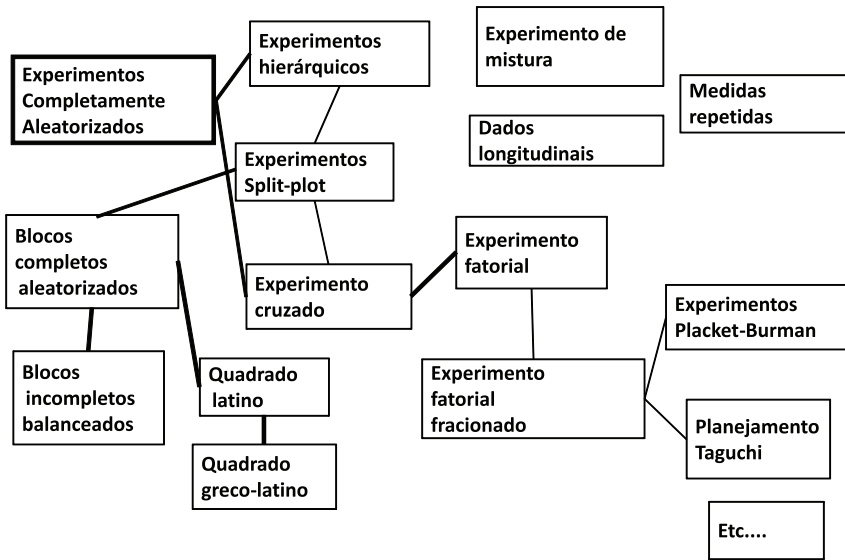


Figura 5.5 – Planejamento de experimentos mais utilizados na engenharia.

5.4. Análise exploratória dos dados

Supondo que os dados da pesquisa, seja experimental ou observacional, tenham sido coletados e devidamente consistidos e corrigidos, a próxima etapa será fazer uma análise exploratória dos dados antes de começar a fazer inferências dos resultados. Para dados quantitativos, medidas-resumo podem ser calculadas. As medidas-resumo podem ser classificadas em medidas de posição e medidas de variabilidade. Quando se deseja fazer descrição de quantidade de interesse de modo sucinto, *medidas de posição e variabilidade* são utilizadas, como média, mediana, quartis, variância, desvio-padrão, amplitude. Gráficos são empregados para verificar se a variável de interesse obedece a uma distribuição normal. Geralmente *histogramas* e *box-plot* são as representações gráficas mais comuns para dados quantitativos. Para dados qualitativos, a medida de posição usual é a moda, e gráficos de barras e diagramas circulares são as representações gráficas mais usuais. A Tabela 5.1 apresenta um breve resumo de algumas medidas de posição e de variabilidade.

Tablea 5.1 – Medidas de Posição e Variabilidade

Medidas-resumo	Notação e como Calcular	Leitura
Média amostral	$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$	Se todos os elementos coletados fossem homogêneos em relação à característica de interesse, todos os valores da característica de interesse seriam iguais à média amostral
Mediana (segundo quartil)	Md. Ordenam-se todos os dados em ordem crescente. Valor que ocupa a posição central	Pelo menos 50% dos dados são inferiores à mediana; pelo menos 50% dos dados são superiores à mediana

(continua)

Moda	Mo. Valor mais frequente	Valor mais frequente
Primeiro quartil	Q1. Ordenam-se todos os dados em ordem crescente. Valor que ocupa a posição 25%	Pelo menos 25% das observações são inferiores ao Q1; pelo menos 75% dos dados são superiores ao Q1.
Terceiro quartil	Q3. Ordenam-se todos os dados em ordem crescente. Valor que ocupa a posição 75%	Pelo menos 25% das observações são superiores ao Q3; pelo menos 75% dos dados são inferiores ao Q3
Amplitude amostral	$R = \text{Máx}(X_i) - \text{Mín}(X_i)$	Quanto menor o valor de R, menor a dispersão dos dados
Variância amostral	$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$	Desvio quadrático médio
Desvio-padrão amostral	$DP = S$	Quanto menor for o desvio-padrão, mais homogêneas são as observações
Intervalo interquartilico	$IQ = Q3 - Q1$	Pelo menos 50% dos dados estão entre o primeiro quartil e o terceiro quartil. Quanto menor o IQ, menor a dispersão

Para ilustrar as medidas de variabilidade em dados quantitativos, o Apêndice 2 apresenta os exemplos 1 e 2, enquanto o exemplo 3 ilustra medidas de variabilidade em dados qualitativos.

A seguir serão apresentados alguns conceitos essenciais da análise estatística inferencial: *erro amostral* e *nível de confiança*. Para isso, será utilizado um exemplo. Considere uma população de itens representada por uma variável numérica (diâmetro). Queremos estimar, por meio de uma amostra de tamanho n , a média populacional μ . Vamos supor que tenha sido utilizada uma amostra probabilística casual simples. É razoável pensar que, para qualquer tamanho de amostra n , a média da amostra é sempre diferente da média μ da população; a distância entre a média da amostra e a média da população é chamada de erro amostral (EA), dado por $EA = |\bar{X} - \mu|$; além disso, é intuitivo pensar que:

- Para uma população com uma determinada variância, quanto **maior for o tamanho de amostra, menor será o EA**

EA ↓ ⇐ n ↑ inversamente proporcionais

- Fixado um determinado tamanho de amostra **quanto maior a dispersão da população em torno da média (variância), maior será o EA**

EA ↑ ⇐ DP ↑ diretamente proporcionais

Reunindo essas duas observações, podemos escrever o erro amostral (EA) proporcional ao desvio-padrão e inversamente proporcional ao tamanho da amostra como:

$$EA = \infty \frac{DP}{\sqrt{n}} \quad (5.1)$$

Substituindo o símbolo de proporcional por uma constante c e isolando n , o tamanho da amostra aleatória simples n necessária para estimar uma média fixando um erro amostral é dado por:

$$EA = c \frac{DP}{\sqrt{n}} \Rightarrow n = \left(\frac{cDP}{EA} \right)^2 \tag{5.2}$$

Para variáveis quantitativas, o desvio-padrão é dado por:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \tag{5.3}$$

Para dados qualitativos, o desvio-padrão é dado por:

$$DP = \sqrt{p(1-p)} \tag{5.4}$$

Os valores mais comuns da constante c associados ao nível de confiança são mostrados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Valores de Nível de Confiança

c	Confiança
1,00	68,00%
1,64	90,00%
1,96	95,00%
2,00	95,40%

É importante ressaltar que essa determinação do tamanho da amostra tem sido utilizada equivocadamente. Sua utilização está restrita apenas para amostra casual simples. Para outros tipos de amostra probabilística, a determinação do tamanho de amostra para atingir determinado erro amostral e um desejado nível de confiança é mais complicada. Leitores interessados devem consultar literatura mais específica sobre o assunto (KISH, 1965; LEVY e LEMESHOW, 1999). Outro equívoco bastante comum é a utilização da expressão do tamanho da amostra para amostras não probabilísticas. Infelizmente, não é possível determinar erros amostrais de amostras não probabilísticas.

Geralmente, quando uma pesquisa é realizada, dificilmente é coletada uma única variável de interesse; muito pelo contrário, de um elemento amostral será coletado muitas variáveis, ou seja, são multivariáveis. Para fazer análise dessas muitas variáveis serão descritas a seguir algumas diretrizes de como escolher a técnica de análise dos dados. Novamente é necessário ressaltar que não temos a pretensão de esgotar o assunto. Conforme for a exposição, novas bibliografias são sugeridas ao leitor interessado.

5.5. Diretrizes para a análise dos dados

Diante de uma coleção de variáveis, muito provavelmente o pesquisador ficará em dúvida sobre como conduzir uma análise de dados adequadamente. Não deve dispensar de modo algum a análise exploratória de dados como o primeiro passo. Isso, geralmente, dá uma visão global dos principais resultados. No entanto, muitas vezes o pesquisador tem interesse em testar várias hipóteses. É importante que o pesquisador identifique, entre as várias hipóteses a serem testadas, se quer estudar as relações de dependência ou de interdependência (Figura 5.6).

Entende-se que as relações de dependência devem gerar como resultado um modelo em que o valor de uma variável resposta de interesse pode ser estimado ou previsto em função de um conjunto de variáveis (variáveis independentes, auxiliares ou preditoras); relações de interdependência quando quer identificar estruturas de associações entre as variáveis coletadas.

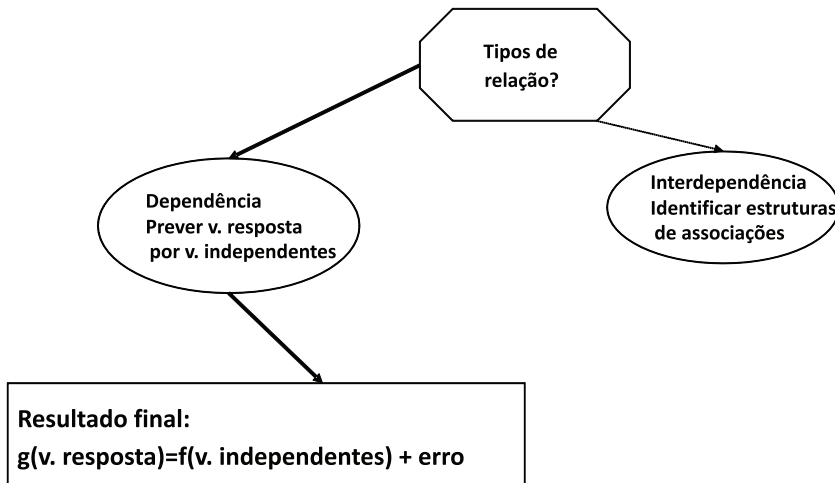


Figura 5.6 – Análise de dados: relação de dependência *versus* interdependência.

5.5.1. Relação de dependência

Caso tenha verificado que quer identificar uma relação de dependência, modelos de regressão podem ser utilizados com essa finalidade. A escolha vai depender do tipo da variável resposta de interesse (quantitativa ou qualitativa) e do número de variáveis respostas (que pode ser uma ou várias). Apenas para exemplificar, alguns *modelos de regressão* são apresentados na Figura 5.7: Regressão de Mínimos Quadrados, Regressão Poisson; Regressão Logística, Regressão de Weibull, Regressão Exponencial, Regressão Beta. Modelos lineares, modelos lineares generalizados, modelos log-lineares agregam um conjunto de modelos de regressão. Entre os vários modelos

citados, o mais utilizado (no caso de uma única variável resposta), sem dúvida alguma, é a *regressão de mínimos quadrados* pela sua simplicidade, facilidade e disponibilidade. É um *modelo linear*, e recebe essa denominação porque os parâmetros desconhecidos são estimados pelo *método dos mínimos quadrados* (MMQ). Outros modelos requerem programas computacionais especiais nem sempre acessíveis. Apesar da facilidade, algumas suposições no seu uso devem ser observadas: a variável resposta deve ter *distribuição normal*, sua variância deve ser constante (*homocedasticidade*), as *observações* devem ser *independentes* e as variáveis auxiliares não devem ser fortemente correlacionadas (problemas de *multicolinearidade*).

Seu uso em situações em que as suposições não válidas podem levar a resultados equivocados, principalmente quando a suposição de homocedasticidade não for válida e quando as variáveis auxiliares apresentarem forte correlação (problemas de multicolinearidade). Na presença de heterocedasticidade, uma solução é recorrer às transformações na variável resposta de modo que estabilize a variância, e propor modelos de regressão com a variável transformada. As transformações mais usuais são logaritmo, raiz quadrada, recíproca etc.

Na presença de multicolinearidade, as estimativas dos coeficientes podem apresentar inconsistências com altos valores de erro-padrão. Uma solução é criar um número igual de novas variáveis independentes como combinações lineares das variáveis originais através do método das *componentes principais*. Esse assunto é visto mais adiante.

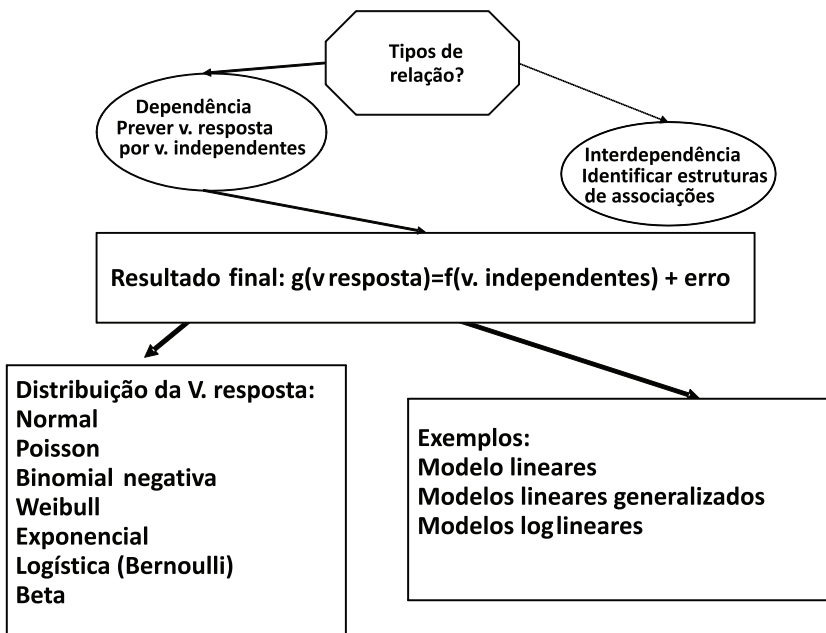


Figura 5.7 – Modelos de regressão.

Além da regressão de mínimos quadrados, outros modelos de regressão para dados quantitativos podem ser ajustados; por exemplo, a **Regressão de Poisson**, que, como o próprio nome, requer que a variável resposta obedeça a uma distribuição Poisson, assim como outros modelos de regressão: *Regressão de Weibull*, *Regressão Exponencial*, *Regressão binomial negativa*, *Regressão Beta* etc. O Apêndice 3 considera um exemplo de aplicação do modelo de regressão de mínimos quadrados.

A Figura 5.8 mostra algumas técnicas de análise de dados no caso de haver uma variável resposta qualitativa.

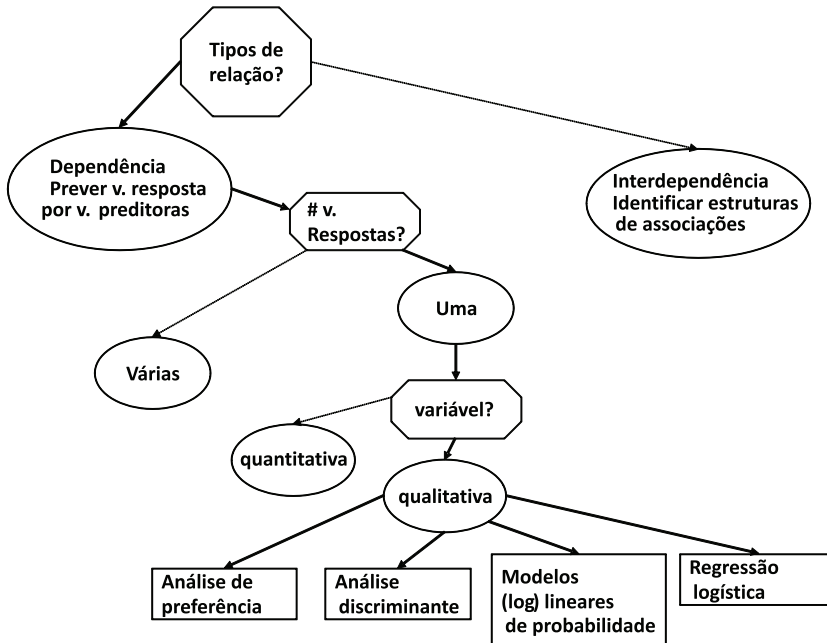


Figura 5.8 – Modelo de regressão: variável resposta qualitativa.

Alguns dos modelos para análise de dados com variável resposta qualitativa são sintetizados a seguir.

Análise de preferência (conjoint analysis) ou *preferência declarada* é utilizada quando a variável resposta é qualitativa ordinal. É bastante empregada em estudos de marketing e lançamento de produtos. Planejamentos experimentais como os descritos anteriormente e detalhados no Apêndice 1 são geralmente utilizados na análise de preferência.

Análise discriminante e *regressão logística* podem ser utilizadas quando a variável resposta for qualitativa nominal. No entanto, as variáveis auxiliares na análise discriminante devem ser normalmente distribuídas. A classificação de espécie de animais ou plantas

em grupos distintos baseados em medidas físicas é um exemplo de análise discriminante. Maiores detalhes sobre análise discriminante podem ser encontradas em Anderson (2003); Johnson e Wichern (2007); Mingoti (2005). No caso de regressão logística, ver Hosmer e Lemeshow (2000). Um exemplo de modelo de regressão logística é mostrado no Apêndice 3.

No caso de haver mais do que uma variável resposta de interesse, na Figura 5.9 estão indicadas algumas técnicas de análise. Pode-se observar que a escolha baseia-se no tipo de variáveis respostas, ou seja, todas devem ser de uma única categoria – todas qualitativas ou todas quantitativas. Não foi identificado se há alguma técnica de análise de dados que admita misturas de tipos de variáveis diferentes como resposta, embora seja uma situação plausível. É muito provável em casos práticos que todas sejam transformadas em qualitativas.

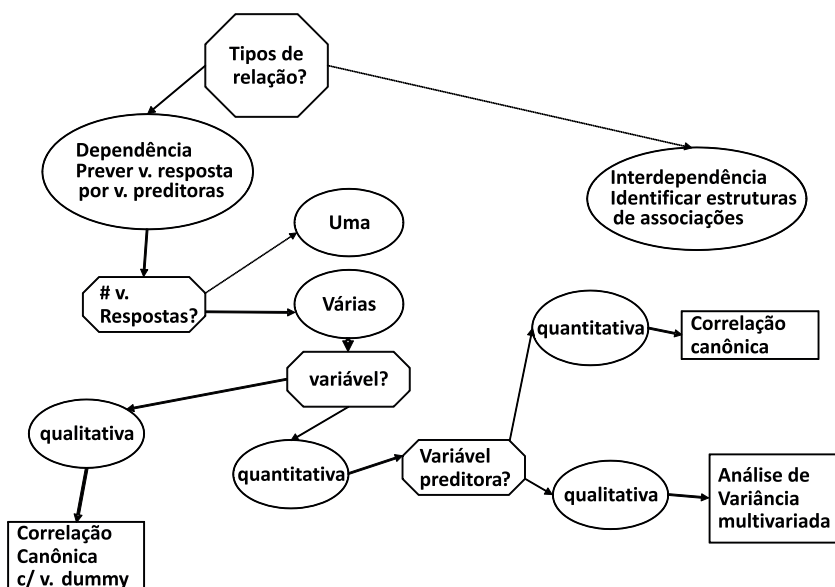


Figura 5.9 – Correlação canônica e MANOVA.

Análise de variância multivariada (MANOVA) é a versão multivariada da conhecida análise de variância, quando as respostas são quantitativas (normalmente distribuídas) e as variáveis auxiliares são qualitativas. As pesquisas experimentais anteriormente apresentadas podem ser usadas no seu planejamento.

A *correlação canônica* pode ser utilizada quando envolve um vetor de resposta (com distribuição normal multivariada) e um vetor de variáveis auxiliares. Para detalhes sobre MANOVA e correlação canônica, ver Johnson e Wichern (2007) e Anderson (2003).

A Figura 5.10 reúne as alternativas de análise até agora apresentadas para determinar as relações de dependência entre variáveis respostas e variáveis preditoras.

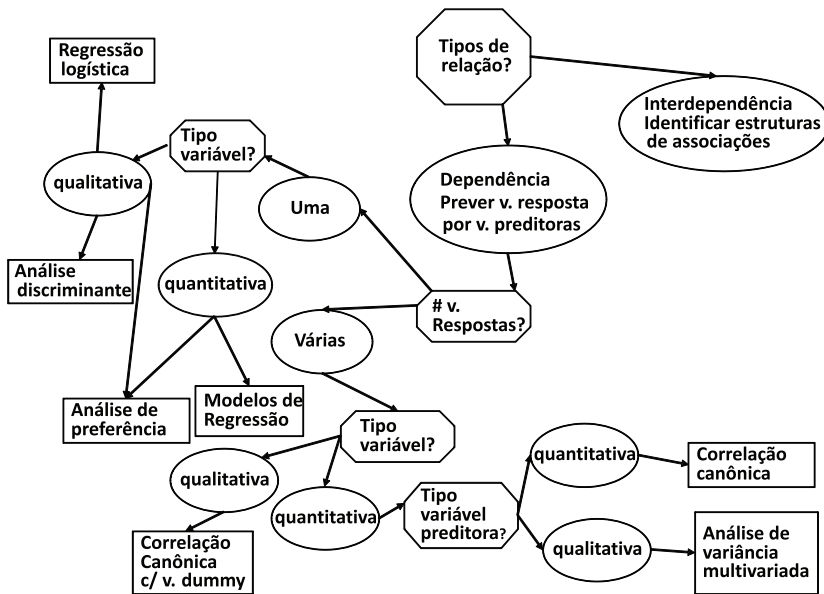


Figura 5.10 – Análise de dependência – resumo.

A seguir são destacadas as técnicas de análise que avaliam as relações de interdependência.

5.5.2. Relações de interdependência

As principais técnicas utilizadas para analisar a interdependência entre as variáveis coletadas estão resumidas na Figura 5.11.

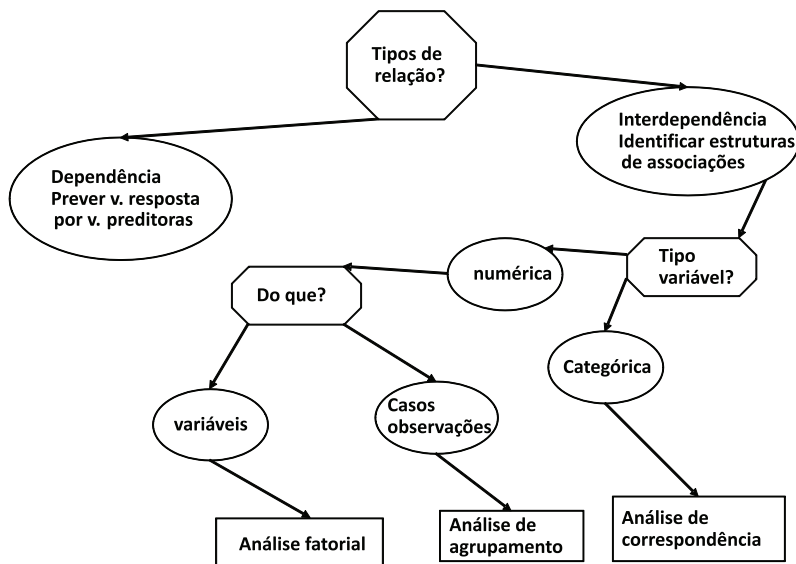


Figura 5.11 – Relação de interdependência – resumo.

Um breve resumo sobre cada uma das técnicas será feito a seguir.

Em muitas situações, o pesquisador levanta um conjunto grande de variáveis quantitativas e quer entender a estrutura de correlação ou covariância entre elas. Em outra situação quer reduzir o número de variáveis originais criando novas a partir das variáveis originais. Uma das maneiras de fazer é através da *análise fatorial*. O Apêndice 3 apresenta um exemplo de aplicação da análise fatorial.

Certamente muitos pesquisadores que usaram a análise fatorial se deparam com uma dúvida frequente: é melhor usar as variáveis brutas (sem transformação) ou é melhor usá-las padronizadas? Obviamente, a escolha vai depender do objetivo. Se a intenção for analisar a *estrutura de variância/covariância*, o melhor é utilizar os dados brutos. Resultados incongruentes podem ser gerados caso as grandezas das variáveis coletadas difiram demasiadamente. No entanto, quando se quer analisar a *estrutura de correlações* entre as variáveis, utilizam-se dados padronizados como entrada na análise fatorial.

Além disso, em situações em que um razoável número de variáveis é coletado, ao aplicar a análise fatorial, os resultados da análise fatorial podem parecer muito confusos, produzindo componentes principais inconsistentes, como, por exemplo, pesos semelhantes em variáveis de diferentes naturezas (ou pesos com sinais opostos variáveis de mesma natureza), o que pode dificultar ao atribuir nome às novas variáveis. Uma solução alternativa para esse problema é classificar as variáveis em grupos segundo algum critério empírico e aplicar a análise fatorial em cada grupo. Isso gera resultados mais coerentes e consistentes.

Em muitas situações, os pesquisadores querem identificar grupos homogêneos de observações. Isso é muito comum na área de biologia, zoologia e botânica, em que os dados de animais e plantas são coletados, e os pesquisadores querem agrupar no mesmo grupo animais ou plantas semelhantes. Para isso pode-se utilizar a *análise de agrupamento (cluster analysis)*. Primeiramente, é importante identificar se a natureza do conjunto de dados coletados no qual se deseja aplicar a análise de agrupamento é de cunho quantitativo, qualitativo ou misto (quantitativo e qualitativo). Existe uma vasta literatura sobre análise de agrupamento. É usual representar os resultados de uma análise de agrupamento hierárquico através de um *dendrograma* como o mostrado na Figura 5.12, referente à análise de agrupamentos dos cereais matutinos, desenvolvido no Apêndice 4.

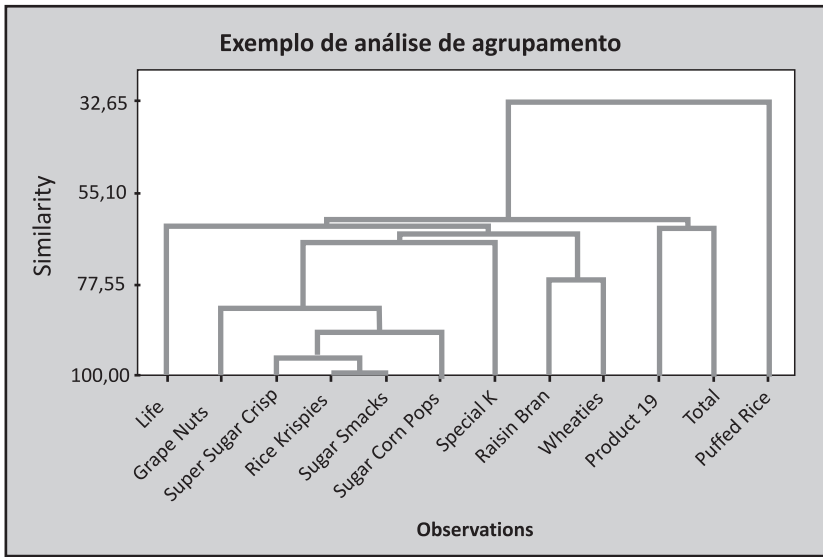


Figura 5.12 – Dendrograma do Exemplo 1 (no Apêndice 4).

Com o dendrograma é possível rastrear todo o processo de agrupamento. Por exemplo, pela Figura 5.12, observa-se que os cereais Rice Krispies e Sugar Snacks foram os primeiros a ser agrupados devido às semelhanças das características nutricionais. Caso fosse adotado o nível de similaridade de 60, resultariam dois grupos de cereais; um composto pelo cereal Puffed Rice e o outro grupo pelos demais cereais. Uma análise da tabela dos dados revela que o primeiro grupo é composto pelo cereal que apresenta baixo valor calórico, com ausência total da vitamina A. Outros níveis de similaridades podem ser adotados e determinar, assim, o número ideal de grupos.

Algumas recomendações úteis na realização de uma análise de agrupamento são:

- escolher as medidas de parença e métodos de agrupamento para aplicar a análise de agrupamento;
- avaliar a homogeneidade e a heterogeneidade dos grupos através, por exemplo, de uma análise de variância;
- testar diversos números de grupos e verificar a coerência dos resultados antes de decidir o número final de grupos.

Em muitas situações há interesse em agrupar observações, porém as variáveis são de cunho qualitativo. Nesse caso, existem medidas de parença especialmente desenvolvidas para medir a semelhança entre duas observações. As mais conhecidas são: coeficiente de concordância simples, coeficiente de concordância positiva, coeficiente de concordância de Jaccard ou utilizar a distância euclidiana média – no caso de qualitativas binárias zero (ausência da qualidade pesquisada) ou um (presença da qualidade pesquisada). Outro modo é atribuir valores quantitativos às respostas qualitativas e proceder conforme descrito anteriormente.

Agrupamento hierárquico é mais recomendado quando o número de observações a serem agrupadas é relativamente pequeno (algo em torno de 30 observações). Desenhar um dendrograma para um resultado com centenas de observações pode não ser adequado sob o ponto de vista de representação. Nesses casos, o melhor é utilizar uma *análise de agrupamento não hierárquico*. Existem vários algoritmos para essa finalidade, porém o mais conhecido é o método *K-Means* (HARTIGAN, 1975), porém com a suposição de ter apenas variáveis quantitativas. Semelhantemente ao agrupamento hierárquico deve-se replicar a análise de agrupamento testando diferentes números de grupos e utilizar ferramentas auxiliares como a análise de variância antes da decisão final sobre o número de grupos; a classificação final deve possibilitar traçar os perfis dos diferentes grupos além de ser coeso. O Apêndice 4 apresenta um exemplo de análise de agrupamento não hierárquico.

Quando se quer analisar a interdependência e só estão presentes variáveis qualitativas, pode-se fazer uma *análise de correspondência*. Essa técnica é muito utilizada em pesquisa de mercado quando tem como objetivo traçar um *mapa de percepções* colocando em um único gráfico dispersão as associações entre marcas de produtos e atributos associados às marcas avaliadas. Um dos objetivos é identificar atributos existentes em marcas concorrentes, porém ausentes na marca do fabricante; caso os atributos não estejam associados a alguma marca do mercado pode-se identificar um novo nicho de mercado ou corrigir a imagem da marca do fabricante, caso esteja associada a algum atributo indesejável. O Apêndice 4 apresenta um exemplo de análise de correspondência.

5.6. *Surveys* – tipos e estruturação

Investigações baseadas em *survey* têm sido usadas para pesquisar fenômenos em diferentes áreas da engenharia de produção e gestão de operações. Um levantamento dessa natureza, também chamado de pesquisa de avaliação, tem como objetivo geral contribuir para o conhecimento em uma área particular de interesse, por meio da coleta de dados/informações sobre indivíduos ou sobre os ambientes dos quais esses indivíduos fazem parte. Dados sobre determinado fenômeno são coletados em uma amostra para que se possa extrair conclusões sobre o fenômeno investigado. Em linhas gerais, o levantamento permite obter um panorama sobre o fenômeno conforme variáveis definidas (distribuição de frequências de ocorrências, geralmente por meio da estatística descritiva) ou extrair conclusões, por exemplo, acerca da relação de causa e efeito entre as variáveis (por meio da estatística inferencial). Basicamente, um levantamento dessa natureza pode ser de três tipos descritos a seguir.

5.6.1. Tipos de *surveys*

Uma *survey* varia conforme seu objetivo principal mas, em geral, pode ser de três tipos: exploratória, descritiva ou explanatória (FORZA, 2002).

A *exploratória* ocorre nos estágios iniciais de uma pesquisa sobre um dado fenômeno, quando o objetivo é adquirir uma visão inicial sobre um tema e fornecer base para uma *survey* mais detalhada. Usualmente não tem um modelo conceitual definido e as variáveis de interesse necessitam ser mais bem entendidas.

A *descritiva* é dirigida ao entendimento da relevância de certo fenômeno e descreve a distribuição do fenômeno na população. Seu objetivo primário não é o desenvolvimento ou teste de teoria, mas possibilitar fornecer subsídios para a construção de teorias ou refinamento delas. Em geral, requer a definição de questões a serem endereçadas com argumentação lógica para a escolha da amostra.

A *explanatória*, também chamada de *confirmatória* ou de *teste de teoria*, ocorre quando o conhecimento sobre um fenômeno já foi desenvolvido teoricamente usando conceitos bem definidos, modelos teórico-conceituais e proposições. A coleta de dados é conduzida com o objetivo específico de testar a adequação das variáveis relacionadas ao fenômeno, que foram extraídos da literatura (modelo teórico-conceitual). Assim, são testadas hipóteses de relação causal entre as variáveis, e todas as fontes de erros devem ser levadas em consideração no planejamento e execução de uma *survey* desse tipo.

A Tabela 5.3 apresenta alguns requisitos conforme o tipo de *survey* adotado.

Tabela 5.3 – Requisitos dos Tipos de Survey (FORZA, 2002)

Tipo de Survey Elemento/Dimensão	Exploratória	Descritiva	Explanatória
Unidade(s) de análise	Claramente definidas	Claramente definidas e apropriadas às questões e hipóteses da investigação	Claramente definidas e apropriadas às hipóteses da investigação
Respondentes	Representativos da unidade de análise	Representativos da unidade de análise	Representativos da unidade de análise
Hipóteses de pesquisa	Não necessária	Questões claramente definidas	Hipóteses claramente estabelecidas e associadas ao nível teórico
Critérios de seleção da amostra	Por aproximação	Explícitos com argumento lógico; escolha embasada entre alternativas	Explícitos com argumento lógico; escolha embasada entre alternativas
Representatividade da amostra	Não é necessário	Sistemática com propósitos definidos; escolha aleatória	Sistemática com propósitos definidos; escolha aleatória
Tamanho da amostra	Suficiente para incluir uma gama do fenômeno de interesse	Suficiente para representar a população de interesse e realizar testes estatísticos	Suficiente para representar a população de interesse e realizar testes estatísticos
Pré-teste do questionário	Realizado com uma parte da amostra	Realizado com uma parte substancial da amostra	Realizado com uma parte substancial da amostra
Taxa de retorno	Não tem mínimo	Maior que 50% da população investigada	Maior que 50% da população investigada
Uso de outros métodos para coleta de dados	Múltiplos métodos	Não é necessário	Múltiplos métodos

Como pode ser visto na Tabela 5.3, os requisitos variam conforme o tipo de *survey*. O tipo explanatório é o que demanda requisitos mais rigorosos, mas também é aquele que permite maior robustez, tanto nos dados obtidos quanto nas conclusões da investigação. No entanto, seja qual for o tipo de *survey*, ela necessita ser conduzida com rigor metodológico e é, geralmente, planejada em etapas, como descrito a seguir.

5.6.2. Etapas de estruturação de um levantamento tipo *survey*

Uma *survey* deve ser conduzida conforme ilustrado na Figura 5.13.

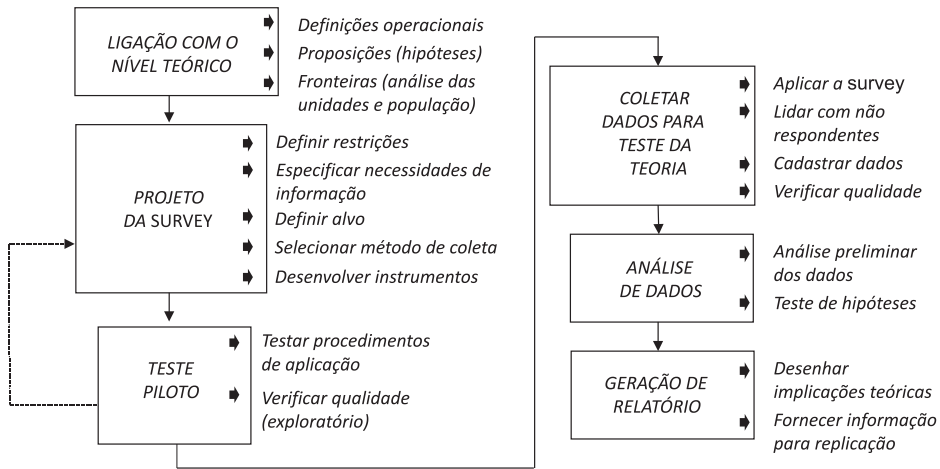


Figura 5.13 – Etapas de execução de um levantamento do tipo *survey* (FORZA, 2002).

5.6.2.1. Desenvolvimento de um modelo teórico-conceitual e constructos

O planejamento e o projeto de uma *survey* envolvem todas as atividades realizadas antes da coleta de dados. Primeiramente, é necessário desenvolver um modelo teórico (modelo conceitual): tentativa inicial de traduzir o domínio teórico para o domínio empírico. Torna-se necessário fazer uma elaboração das explicações, ou seja, tecer uma explicação clara das razões pelas quais o pesquisador espera que esses relacionamentos ocorram e das eventuais ligações com outras teorias.

Após o desenvolvimento do modelo conceitual, necessita-se definir os constructos (*constructs*), ou seja, os elementos conceituais considerados como relevantes dos quais se desdobram as variáveis a serem testadas. Também é comum o desenvolvimento de proposições, que apresentam e discutem o papel dos constructos, das ligações entre eles e da indicação da natureza e direção dos relacionamentos (causa-efeito).

Por exemplo, um constructo pode ser o “apoio da liderança”, e as condições de ocorrência poderiam ser definidas no contexto das “empresas com TQM” (*Total Quality Management* ou gestão da qualidade total). Uma possível proposição poderia ser “o apoio

da liderança influencia de forma significativa a implementação da TQM”. A hipótese (nula) poderia ser: “não existe diferença do apoio da liderança na implementação”. A Figura 5.14 sintetiza esse processo.

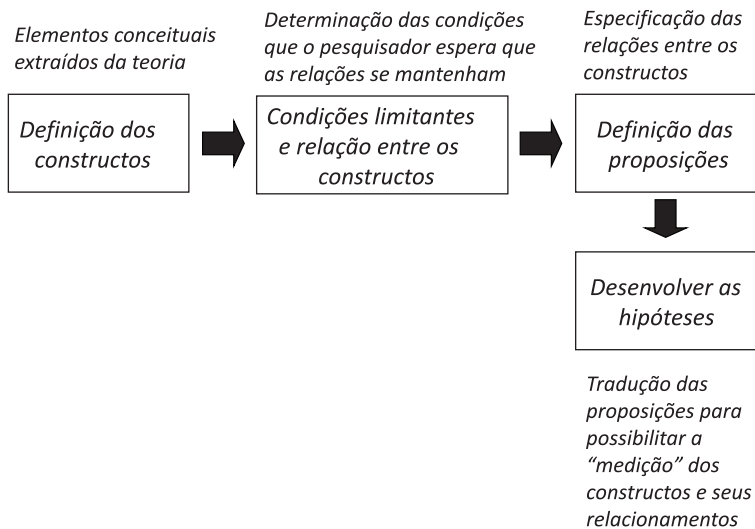


Figura 5.14 – Definição e desenvolvimento das hipóteses.

5.6.2.2. Caracterização da população e amostra

Outros aspectos importantes, definidos anteriormente neste capítulo, é a caracterização da população e da amostra. Faz-se necessário escolher um conjunto de características que defina a população de interesse. Essa escolha é útil para a delimitação do foco e para a replicação de estudos. Recomenda-se, ainda, usar características-padrão já estudadas (validadas) como delimitadoras de populações, como, por exemplo, o *SIC* – *Standard Industrial Classification Code* – do US Department of Labor (<http://www.osha.gov/pls/imis/sicsearch.html>) ou outras variáveis reconhecidas, como porte da empresa (em termos de receita anual e/ou número de colaboradores), setor industrial etc.

Como destacado na seção 5.3, Planejamento da Pesquisa, a definição da amostra objetiva escolher de uma população um número suficiente de elementos, cujo estudo das características permita generalizar suas propriedades para a população de origem, no caso de amostras probabilísticas. Em geral, consideram-se dois aspectos importantes: a aleatoriedade da amostra, ou seja, sua capacidade de representar a população e o seu tamanho, considerando os requisitos dos procedimentos estatísticos para avaliação da qualidade da medição e para aplicação de testes de hipóteses. O tamanho da amostra deve ser tal que permita caracterizar no resultado o aspecto investigado. Esse tamanho está intimamente relacionado com os procedimentos desejados de análise de dados e com os modelos estatísticos (probabilísticos) adotados.

Assim, três pontos são importantes: a caracterização da população (*population frame*), o projeto da amostra (*sample design*) e o tamanho da amostra (*sample size*).

5.6.2.3. Construção do instrumento de coleta de dados – questionário

Geralmente, na condução de uma *survey*, o instrumento usado para coletar os dados é um questionário. É um instrumento de registro formado por um conjunto de perguntas ordenadas cujas respostas o indivíduo que responde pode ler e preencher sem a presença do interessado. O questionário pode ser enviado das seguintes formas: por correio, fax, via eletrônica (preenchido na internet ou enviado por *e-mail*).

Basicamente, existem quatro tipos de questionários (BOYD e WETFALL, 1964; Mattar, 1996): estruturado não disfarçado, não estruturado não disfarçado, não estruturado disfarçado, estruturado disfarçado. Quanto mais estruturado, menor o uso de questões abertas; o fato de ser ou não disfarçado significa que o respondente sabe ou não os objetivos da pesquisa.

A construção de um questionário não é uma tarefa fácil. Além da definição dos tipos e quantidades de questões, forma de apresentação, uso ou não de escalas numéricas, entre outros aspectos, sua elaboração deve estar estritamente relacionada ao modelo teórico, ou seja, à teoria vigente que originou os constructos. Assim, as questões devem ser um desdobramento dos constructos de tal modo que ao respondê-las se estará testando esses constructos.

Como destacado anteriormente, o tipo de questões pode variar. Geralmente têm-se (MARCONI e LAKATOS, 1996): questões abertas; fechadas dicotômicas (do tipo sim/não), fechadas tricotômicas (do tipo sim/não/não sei) e de múltipla escolha.

O uso de questões abertas tem vantagens e desvantagens. As vantagens são (BOYD e WETFALL, 1964; Mattar, 1996):

- geralmente são de fácil elaboração;
- coletam maior quantidade de dados e, geralmente, mais ricos;
- não sofrem influência de respostas predeterminadas.

As desvantagens são (BOYD e WETFALL, 1964; MATTAR, 1996):

- podem surgir dificuldades de entendimento (a má elaboração pode gerar respostas vagas, os erros de redação podem gerar má interpretação etc.);
- são de difícil tabulação e análise e, geralmente, deve-se recorrer à codificação de respostas.

Quanto às questões fechadas (dicotômica, tricotômica e múltipla escolha), as vantagens são (MATTAR, 1996):

- fácil preenchimento pelo respondente;
- relativa facilidade de tabulação e análise dos dados;
- pode ser combinada com questão aberta (por exemplo: “citar outras razões: _____”; “porque: _____” etc.);

No entanto, têm-se as seguintes desvantagens (BOYD e WETFALL, 1964; MATTAR, 1996):

- escolha de uma das respostas pelo respondente devido à falta de opção;
- dificuldades de oferecimento de todas as alternativas possíveis (em questões de múltipla escolha);
- dispêndio de maior tempo na preparação (em questões de múltipla escolha).

Em vários casos pode-se também utilizar escalas de intensidade, como, por exemplo, a escala de Likert,² uma escala com um número ímpar de pontos (5, 7, 9 ou 11 pontos). A escala é unidimensional, ou seja, assume-se que o conceito a ser medido seja unidimensional por natureza, isto é, o intervalo é linear (mesma distância entre os pontos da escala). Pelo fato de a escala ser ímpar, ela possui um valor central “neutro”, que pode ser uma desvantagem quando o respondente tem dúvidas. Em termos da amplitude da escala, ela pode variar de 0 a 4; 1 a 5; 1 a 7; 1 a 9; 0 a 10. Exemplos para a escala de cinco pontos podem ser:

- 1, “discordo totalmente”, a 5, “concordo totalmente”;
- 1, “não houve benefícios”, a 5, “excelentes benefícios”;
- 1, “péssimo”, a 5, “ótimo”.

De acordo com a classificação dada na seção 5.2, a escala de Likert é um exemplo de dado qualitativo ordinal.

Outros aspectos importantes dizem respeito às orientações para preenchimento que devem estar presentes em um questionário e seu teste, isto é, uma simulação de seu preenchimento. O questionário deve ter “instruções para preenchimento” e, em diversas situações, a adoção de um glossário é recomendada, principalmente quando se consideram diversos termos técnicos e jargões da área. Além disso, o questionário deve ser testado antes de ser enviado em definitivo, se possível por diversas vezes com diferentes tipos de respondentes. Essa prática é denominada teste-piloto e é necessária para calibrar, ajustar e aperfeiçoar as questões quanto à sua forma e conteúdo (interpretação), antes de começar a coleta de dados, destacada a seguir.

5.6.2.4. Coleta dos dados e taxa de retorno

A coleta dos dados é uma fase importante na investigação e, geralmente, o pesquisador tem pouco controle sobre ela. No entanto, algumas ações podem ser tomadas para aumentar a taxa de retorno dos questionários. Uma ação importante, que já deve ter sido considerada na elaboração do instrumento, é a apresentação do mesmo. Em linhas gerais, em termos de qualidade, quanto melhor for a apresentação, maior o incentivo para responder ao questionário. O envio de uma carta de acompanhamento, explicitando os

² Denominada assim em homenagem ao sociólogo Rensis Likert.

objetivos da investigação e uma declaração do caráter de confidencialidade dos dados individuais, também é uma prática importante.

Na gestão de operações, são importantes taxas de retorno maiores que 50% (FORZA, 2002), como destacado na Tabela 5.3. A aceitação de taxas de 20%, comuns na literatura, é controversa, pois limita a validade interna, a capacidade de generalização dos resultados e introduz viés sobre o qual não se tem controle. O fato de haver poucos respondentes, ou seja, uma taxa de retorno baixa, pode levar a uma amostra resultante que não represente a população de interesse e, assim, limita o poder de generalização dos resultados em qualquer tipo de *survey*. Uma ação é a identificação e o controle dos não respondentes, ou seja, a definição de ações para lidar com eles. Além dos mecanismos de incentivo apontados anteriormente, o envio de cartas de cobrança após dado período contribui para o aumento da taxa de retorno.

5.6.2.5. Análise dos dados e interpretação dos resultados

É importante que se faça uma pré-análise dos dados, à medida que eles estejam disponíveis. Essa análise preliminar é de caráter descritivo e é uma boa prática para verificar a qualidade dos dados, a distribuição de frequência das variáveis e outros aspectos, como calcular as medidas de tendência central (média aritmética, mediana etc.) e medidas de dispersão (como desvio-padrão e amplitude).

A análise dos dados propriamente dita é realizada para testá-los e aferir sua concordância com as hipóteses da investigação. Essa análise está diretamente relacionada com as escalas usadas nos instrumentos e com o conhecimento das distribuições estatísticas da população investigada.

Como destacado anteriormente no decorrer deste capítulo, existem diversos métodos para realizar a análise dos dados que, em geral, podem ser agrupados em duas classes: paramétricos e não paramétricos. Os métodos paramétricos são geralmente usados para escala intervalar e de razão (dados quantitativos discretos e contínuos conforme seção 5.2) e dependem do conhecimento das distribuições de probabilidade. Os não paramétricos independem do conhecimento das distribuições de probabilidade e são (devem ser) usados em dados medidos em escalas nominal e ordinal (ou dados qualitativos ordinais e nominais). Um aspecto importante após a aplicação dos testes é a interpretação dos resultados, um retorno ao domínio teórico da investigação para verificar sua relação com os dados observados. Geralmente, a interpretação implica procedimentos de inferência e generalização para todos os tipos de *surveys*. Também demanda uma avaliação dos erros do processo como um todo. Mesmo quando os resultados de uma *survey* concordam com a teoria (problema investigado) no nível da amostra, o pesquisador deve ter muito cuidado ao inferir sobre a consistência no nível da população, particularmente devido à taxa de retorno e aos problemas de viés anteriormente discutidos.

Este texto não tem a pretensão de esgotar todas as técnicas de análise dos dados. Os leitores interessados devem consultar outras fontes de referência. No entanto, tem como objetivo chamar a atenção do leitor para os cuidados que deve ter ao fazer escolha de técnicas de análise de dados. Sem dúvida alguma, toda análise de dados vai requerer uso de software. Existem muitos pacotes estatísticos disponíveis no mercado. A lista é extensa, mas podemos citar os mais conhecidos: SAS, SPSS, S-Plus, Minitab etc. Nos últimos anos, em função do alto custo de manter assinaturas de pacotes estatísticos, um pacote estatístico *freeware* R tem sido desenvolvido, disponibilizado e cada vez mais utilizado em função do farto material disponível (e confiável) na internet. Muitos departamentos estatísticos o têm utilizado, o que dá um grau de confiabilidade. Os interessados podem baixar/atualizar pelo endereço www.r-project.org.

Observa-se, portanto, que um levantamento do tipo *survey* deve ser muito bem planejado, desde o início da investigação, qualquer que seja o tipo de *survey*. A Figura 5.15 apresenta um exemplo de cronograma das etapas de planejamento de uma *survey*.

Atividades	ago. 00	set. 00	out. 00	nov. 00	dez. 00	jan. 01	fev. 01	mar. 01	abr. 01	maio 01	jun. 01	jul. 01	ago. 01	set. 01	out. 01	nov. 01	dez. 01
Revisão bibliográfica																	
Análise de três de três questionários																	
Elaboração do questionário																	
1 pré-teste																	
2 pré-teste																	
Elaboração das cartas																	
Pesquisar endereços																	
Criar as tabelas no Excel																	
Envio dos questionários																	
Reenvio dos questionários com problemas																	
Cadastramento																	
Envio de carta-cobrança 1																	
Reenvio dos questionários extraviados																	
Envio de carta-cobrança 2																	
Fechamento da pesquisa																	

Figura 5.15 – Etapas de planejamento de uma *survey* (CARNEVALLI, 2002).

5.7. Considerações finais

Finalmente destaca-se que esse tipo de abordagem metodológica de pesquisa é muito importante na gestão de operações e na engenharia de produção, apesar de não ser extensivamente usado nesta última (Capítulos 4 e 6). Até 1996, 30% dos artigos publicados nos principais periódicos de gestão de operações eram de natureza empírica e, desse total, 60% deles eram artigos baseados em *survey*. Nota-se que a frequência de estudos do tipo *survey* é maior nos Estados Unidos quando comparados com a Europa que, geralmente, utiliza estudo de caso (Capítulo 6). No entanto, essa decisão de escolha deve ser dependente dos objetivos do trabalho ou, em outras palavras, do que se pretende testar. Um levantamento do tipo *survey* é muito importante quando se deseja obter um panorama descritivo de dado fenômeno ou quando se objetiva testar teorias. No entanto, qualquer que seja o propósito, o rigor metodológico deve estar presente, como em quaisquer abordagens metodológicas apresentadas nesta obra.

Referências

- ANDERSON, T.W. *An introduction to multivariate statistical analysis*. 3. ed. New Jersey: John Wiley, 2003.
- BOYD, J.R.; WETFALL, H. *Pesquisa mercadológica: textos e casos*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1964.
- CARNEVALLI, J. A. *Estudo exploratório tipo survey sobre o uso do QFD nas 500 maiores empresas do Brasil*. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Bárbara d'Oeste, Unimep, 2002.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. *Applied regression analysis*. 3. ed. New York: John Wiley, 1998.
- EVERITT, B. *An R and S-plus companion to multivariate analysis*. Londres: Springer, 2007.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- GREENACRE, M.J. *Theory and applications of correspondence analysis*. Londres: Academic Press, 1993.
- HARTIGAN, P. *Clustering algorithms*. Nova York: John Wiley, 1975.
- HOSMER D.W.; LEMESHOW, S. *Applied logistic regression*. Nova York: John Wiley, 2000.
- JOBSON, J.D. *Applied multivariate data analysis*. Nova York: Springer-Verlag, 1991. v. I e II.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. 6. ed. Nova York: Prentice Hall, 2007.

- KISH, L. *Survey sampling*. Nova York: John Wiley, 1965.
- LEVY, P.S.; LEMESHOW, S. *Sampling of populations*. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1999.
- MARCONI, M.D.A.; LAKATOS, E.M. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. São Paulo: Atlas, 1996.
- MATTAR, F.N. *Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento*. São Paulo: Atlas, 1996.
- MINGOTI, A.S. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada (uma abordagem aplicada)*. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- NETER, J.; KUTNER, M.H.; NACHTSHEIM, C.J.; WASSERMAN, W. *Applied linear statistical models*. 4. ed. Chicago: Irwin, 1996.
- WU, C.F.J.; HAMADA, M. *Experiments: planning, analysis and parameter design optimization*. Nova York: John Wiley, 2000.

Apêndice 1 – Exemplos de Tipos de Experimentos

Exemplo 1

Considerando que um fabricante quer testar três tipos de tinta com diferentes composições, deseja-se identificar qual tinta apresenta melhor força de adesão do que a tinta atual. Para isso, o fabricante dispõe de 18 unidades experimentais homogêneas.

Este é um exemplo de experimento com apenas um fator, denominado fator A: tipo de tinta que assume três níveis diferentes (três condições experimentais): tipo 1 (A1), tipo 2 (A2) e tipo 3 (A3). A característica de interesse (ou variável resposta) é a força de adesão. O objetivo é verificar se a força de adesão é idêntica nos três tipos de tinta. Nesse caso, serão alocadas seis unidades aleatoriamente para condição experimental. A Figura A1.1 ilustra esse exemplo 1.

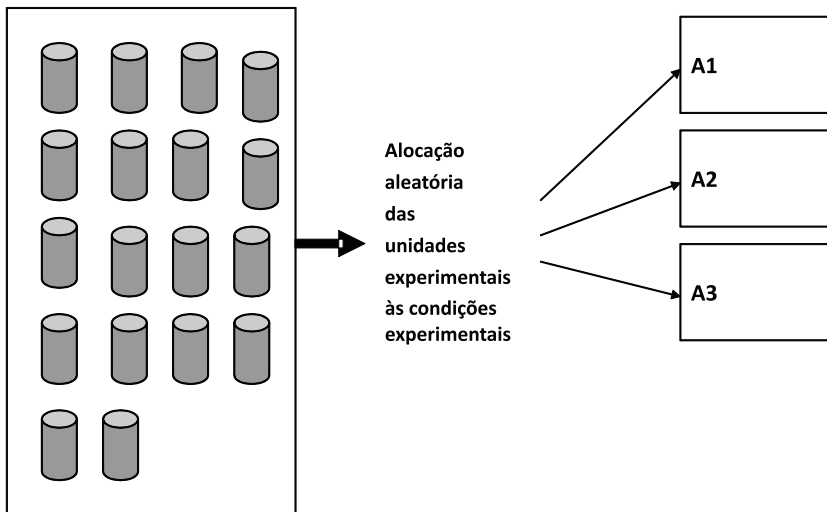


Figura A1.1 – Experimento com um fator. Exemplo 1.

Exemplo 2

Considera-se a situação descrita no Exemplo 1, porém supõe-se que existam duas maneiras de aplicar as tintas: através de imersão ou *spray*. Ou seja, além das tintas (fator A), existe outro fator, o método de aplicação (que chamaremos de fator B) com dois níveis: imersão (B1) e *spray* (B2). Combinando os dois fatores, resultam seis condições experimentais diferentes, que são: A1B1, A1B2, A2B1, A2B2, A3B1, A3B2. A condição A1B1 indica a condição tinta 1 aplicada sob imersão; a condição A1B2 indica tinta 1 aplicada com *spray*, e assim por diante, para as demais condições. Este é um exemplo de *experimento cruzado* porque todos os níveis de um fator estão combinados com todos os níveis do segundo fator. Com 18 unidades experimentais homogêneas, três unidades serão alocadas aleatoriamente para cada uma das seis condições experimentais. O objetivo

é testar as seguintes hipóteses: 1, se adesão é a mesma para os diferentes tipos de tinta; 2, se a adesão é a mesma se a tinta for aplicada de modos diferentes; 3, se a adesão é a mesma quando combinados tipos diferentes de tinta e métodos de aplicação (interação entre tinta e método). A Figura A1.2 ilustra esse experimento.

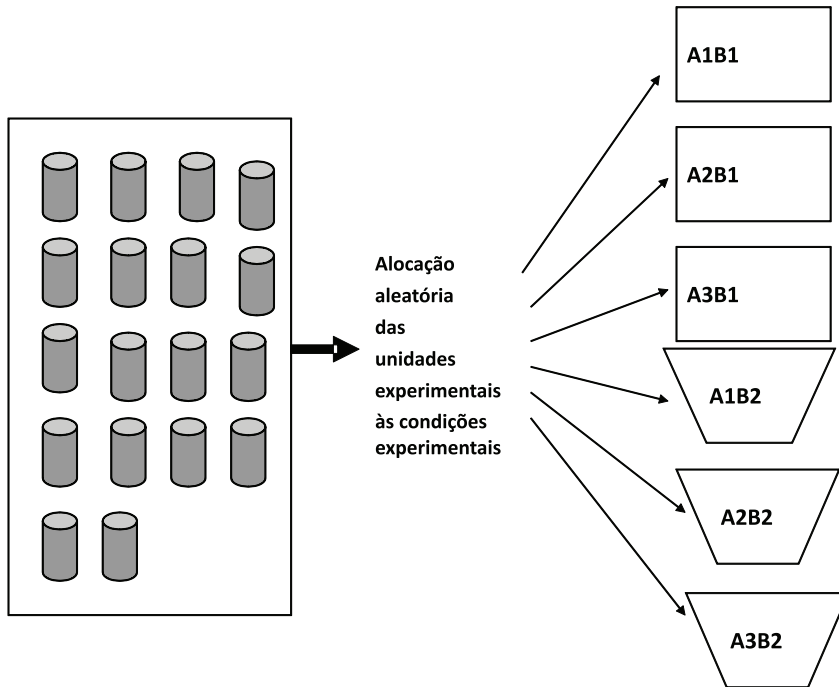


Figura A1.2 – Experimento cruzado. Exemplo 2.

Exemplo 3

Considerando-se, ainda, a situação descrita no Exemplo 1, admite-se que existam dois fabricantes diferentes para cada tipo de tinta. Ou seja, além das tintas, há um segundo fator, o fornecedor (fator B), ou seja, a tinta 1 é fabricada por B1 e B2; a tinta 2 pelos fabricantes B3 e B4; a tinta 3, por B5 e B6. Esse experimento é um *experimento hierárquico* porque os fabricantes são diferentes conforme mudam as tintas, ou seja, o fator B é um *fator hierárquico* de A, embora no total ainda permaneçam seis condições experimentais diferentes, conforme ilustra a Figura A1.3: A1B1; A1B2; A2B3, A2B4, A3B5, A3B6. Caso fossem os mesmos fabricantes, o experimento seria equivalente ao dado no Exemplo 2, ainda com 18 unidades experimentais homogêneas; três unidades serão alocadas aleatoriamente para cada uma das seis condições experimentais. O objetivo é testar as seguintes hipóteses: 1, se a adesão é a mesma para os diferentes tipos de tinta; 2, se a adesão é a mesma quando produzidos por fabricantes diferentes.

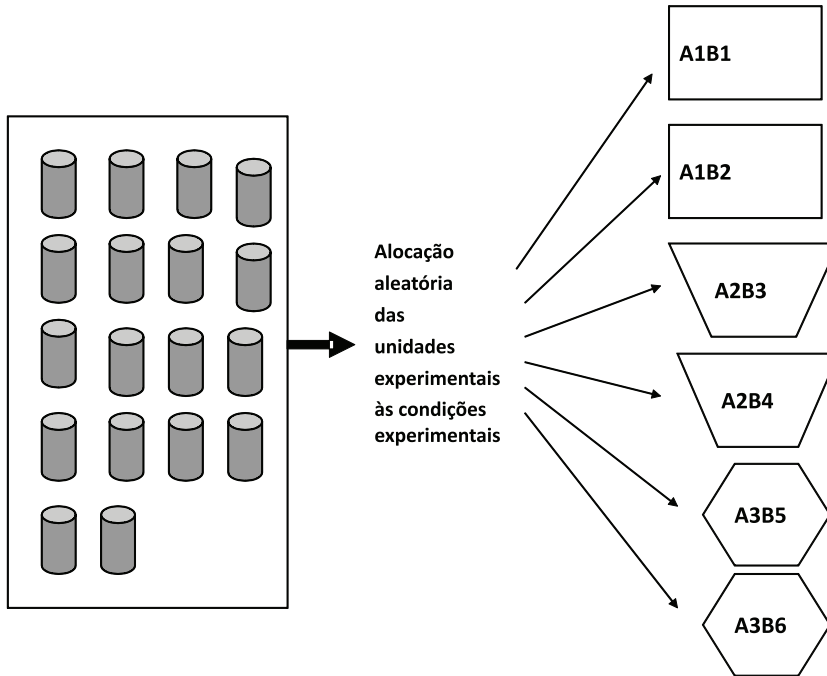


Figura A1.3 – Experimento hierárquico. Exemplo 3.

Exemplo 4

A situação experimental deste exemplo é uma combinação dos Exemplos 2 e 3. Ou seja, têm-se três fatores: fator A, tipo de tinta com três níveis; fator B, os fabricantes diferentes para cada tipo de tinta; fator C, os métodos de aplicação, que, combinados, vão gerar 12 condições experimentais: A1B1C1; A1B2C1; A2B3C1, A2B4C1, A3B5C1, A3B6C1; A1B1C2; A1B2C2; A2B3C2, A2B4C2, A3B5C2, A3B6C2. Deve-se lembrar que o fator B, fabricante, é um fator hierárquico do fator A (conforme Exemplo 3), porém os níveis do fator C são combinados com os níveis dos fatores A e B.

Para tornar factível o experimento, considere que existam 24 unidades experimentais disponíveis, todas homogêneas, sendo alocadas apenas duas unidades experimentais em cada condição experimental. Esse tipo de experimento, envolvendo mistura de experimentos cruzados e hierárquicos, é denominado *experimento split-plot* e é bastante utilizado, principalmente, em experimento de agronomia.

Neste exemplo, o objetivo é testar as seguintes hipóteses: 1, se a adesão é a mesma para os diferentes tipos de tinta; 2, se a adesão é a mesma quando produzida por fabricantes diferentes; 3, se a adesão é a mesma quando a tinta for aplicada por métodos diferentes; 4, se a adesão é a mesma quando combinados tipos diferentes de tinta e métodos de aplicação (interação entre tinta e método – AC); 5, se a adesão é a mesma quando

combinados fabricantes de tinta e métodos de aplicação (interação entre fornecedor e método – BC). A Figura A1.4 ilustra um experimento *split-plot*.

Os experimentos a serem descritos são os que envolvem um número elevado de fatores na sua realização. Isso é bastante comum, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento de produto. Entre os experimentos disponíveis para isso estão os *experimentos fatoriais 2^k* . São experimentos cruzados, com k fatores, todos com dois níveis, totalizando 2^k condições experimentais. Geralmente, denota-se o nível mais baixo por -1 e o nível mais alto por $+1$. Caso sejam alocadas r unidades em cada condição experimental, serão necessárias $r2^k$ unidades experimentais. O Exemplo 5 ilustra um caso de experimento fatorial com quatro fatores.

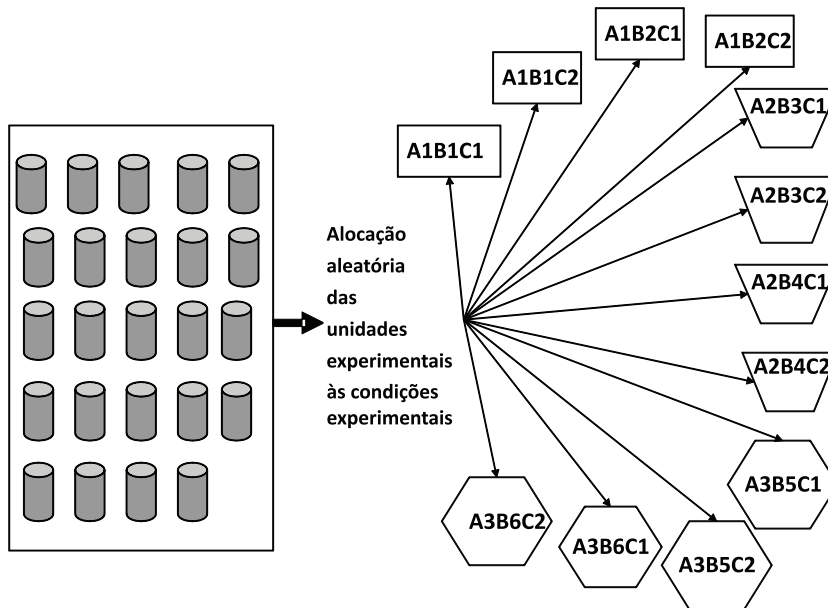


Figura A1.4 – Experimento *split-plot*. Exemplo 4.

Exemplo 5

Considera-se ainda um experimento cujo interesse é estudar a taxa de gravação variando quatros fatores controlados. Fator A é o espaçamento com os níveis 0,80 (nível mais baixo) e 1,20 (nível mais alto); fator B é a pressão com os níveis 450 (nível mais baixo) e 550 (nível mais alto); fator C é o fluxo de C2F6 com os níveis 125 (nível mais baixo) e 200 (nível mais alto); fator D é a potência com os níveis 275 (nível mais baixo) e 325 (nível mais alto). Combinados todos os níveis dos quatro fatores, haverá 16 condições experimentais.

Estão disponíveis 48 unidades para realização do experimento, sendo que vão ser alocadas três unidades aleatoriamente para cada condição. Neste exemplo, o objetivo é testar as seguintes hipóteses (15 hipóteses no total): 1, se a taxa de gravação é a mesma

para diferentes espaçamentos (fator A); 2, se a taxa de gravação é a mesma para diferentes níveis de pressão (fator B); 3, se a taxa de gravação é a mesma para diferentes fluxos de C2F6 (fator C); 4, se a taxa de gravação é a mesma para diferentes níveis de potência (fator D); 5, se a taxa de gravação é a mesma quando combinados os níveis de espaçamento e pressão (interação AB); 6, interação AC; 7, interação AD; 8, interação BC; 9, interação BD; 10, interação CD; 11, interação ABC; 12, interação ABD; 13, interação ACD; 14, interação BCD; 15, interação ABCD.

A Tabela A1.1 ilustra as 16 condições experimentais empregando a notação -1 para o nível mais baixo e $+1$ para o nível mais alto. Para exemplificar, a condição $-1, -1, -1, -1$ significa que o experimento foi conduzido com espaço de 0,80, pressão a 450, fluxo de C2F6 a 125 e potência 275. Leitura similar pode ser feita para as demais condições experimentais.

Tabela A1.1 – Experimento Fatorial com 4 Fatores: Exemplo 5

A	B	C	D
-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	1
-1	-1	1	-1
-1	-1	1	1
-1	1	-1	-1
-1	1	-1	1
-1	1	1	-1
-1	1	1	1
1	-1	-1	-1
1	-1	-1	1
1	-1	1	-1
1	-1	1	1
1	1	-1	-1
1	1	-1	1
1	1	1	-1
1	1	1	1

No entanto, quando os experimentos envolvem grande número de fatores, pode haver quantidade insuficiente de itens para fazer o experimento, principalmente quando forem muito caras as unidades experimentais ou produtos em fase de projeto. Desse modo, são *utilizados experimentos fatoriais fracionados* 2^{k-p} ($p < k$), quando são planejados experimentos com k fatores, todos com dois níveis, utilizando-se 2^{k-p} unidades experimentais. Além desse, os *experimentos de Plackett Burman* ou os *experimentos de Taguchi* aparecem como soluções alternativas. A seguir será apresentado um experimento fatorial fracionado.

Exemplo 6

Considera-se o problema apresentado no Exemplo 5, planejado com quatro fatores, no entanto dispondo apenas de oito unidades experimentais, ou seja, é um experimento fatorial fracionado 2^{4-1} (Figura A1.5). Com essa redução de experimentos haverá um *confundimento* ao testar as 15 hipóteses listadas, como no Exemplo 5. Ou seja, várias hipóteses serão testadas simultaneamente, e aqui cabe ao usuário escolher adequadamente o experimento de modo que hipóteses mais relevantes sejam confundidas com hipóteses menos relevantes ou inexistentes. Em um experimento com tantos fatores, sempre há interesse em testar os fatores principais e as interações de primeira ordem; geralmente é razoável supor inexistências de interações de ordens superiores. Portanto, é importante determinar a tabela de confundimento (ou *aliases*) antes de decidir o delineamento final. Vamos avaliar as duas opções apresentadas a seguir para decidir o planejamento. Pela tabela dos *aliases* da opção 1, observa-se que os fatores principais estão confundidos com interações de três fatores (por exemplo, o confundimento do fator D com a interação de terceira ordem ABC) e interações de dois fatores confundidas com outras interações de dois fatores. Já na opção 2, observou-se confundimento dos fatores principais com interações de dois fatores. Por exemplo, o fator D está confundido com a interação dos fatores BC. Entre essas duas opções, é preferível realizar experimentos da opção 1 em vez da opção 2, visto que a opção 1 satisfaz o requisito de efeitos principais confundidos com interação de três ou mais fatores; na opção 2, quando alguma hipótese nula de interesse não for verdadeira, não será possível distinguir qual fator gerou alteração na resposta, principalmente se for de interesse testar fatores principais e interação de dois fatores, e eles estão confundidos (por exemplo, o fator D confundido com a interação BC). Na literatura, existe um critério para classificar os planejamentos de acordo com a padronização dos confundimentos. São chamados de planejamento de *resolução III* se nenhum efeito principal é confundido com qualquer outro efeito principal, e efeitos principais podem ser confundidos com as interações de dois fatores e interações de dois fatores podem ser confundidos com outras interações de dois outros fatores. Nas de *resolução IV*, se nenhum efeito principal é confundido com qualquer outro efeito principal nem interação de dois fatores, mas interações de dois fatores são confundidas com outras interações de dois fatores, e nas de *resolução V*, se nenhum efeito principal ou interação de dois fatores é confundido com qualquer outro efeito principal ou interação de dois fatores, mas interações de dois fatores são confundidos com as interações de três fatores. É desejável ter experimentos com a maior resolução possível. Outros planejamentos fatoriais fracionados podem ser encontrados em Jobson (1991) e Wu e Hamada (2000).

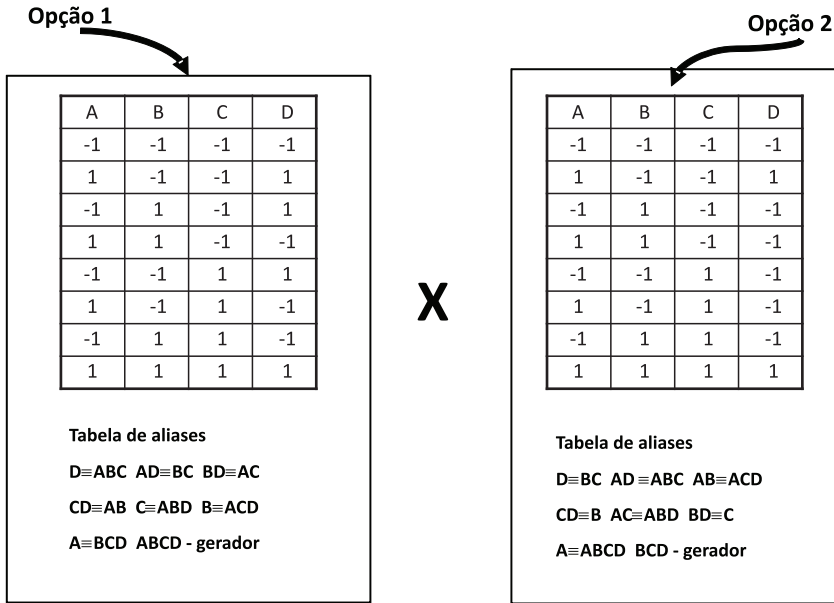


Figura A1.5 – Experimento fatorial fracionado. Exemplo 6.

Exemplo 7

Para exemplificar um experimento Plackett-Burman, consideram-se 16 experimentos listados na Tabela A1.2 planejados para testar até 15 fatores. Nesse caso, é possível testar apenas os fatores principais. Esse tipo de experimento com um número alto de fatores é geralmente utilizado nos primeiros estágios, no desenvolvimento do produto, para descartar os fatores menos importantes e refazer outros experimentos apenas com os fatores mais relevantes. Uma lista de outros planejamentos Plackett-Burman pode ser obtida em Jobson (1991) e Wu e Hamada (2000). Na Figura A1.6 estão dois exemplos de experimento de Taguchi. O do lado esquerdo é um planejamento para testar 15 fatores e o do lado direito para testar 14 fatores; os confundimentos dos fatores principais e as interações de dois fatores estão assinalados nos respectivos diagramas. Por exemplo, no diagrama esquerdo, a interação entre os fatores 1 e 2 é confundido com o efeito do fator 3. Leituras semelhantes podem ser feitas para os outros efeitos de interesse.

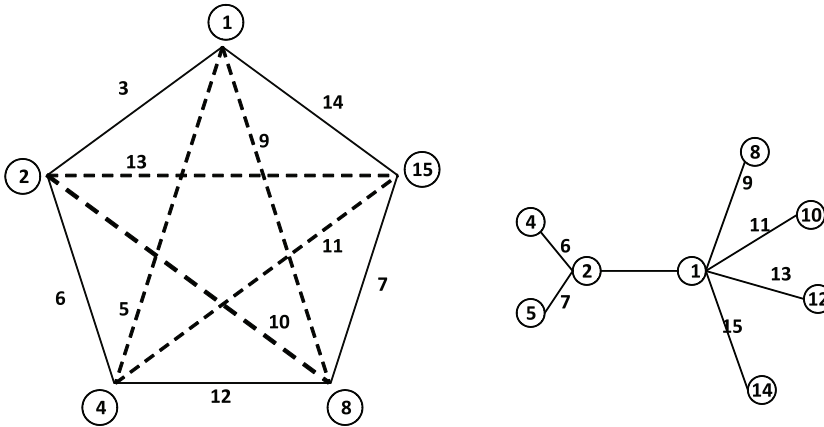


Figura A1.6 – Experimento de Taguchi. Exemplo 7.

Tabela A1.2 – Experimento Plackett-Burman. Exemplo 7

	Fatores														
Exp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
4	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
5	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
6	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
7	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
8	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
9	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
10	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
11	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1
12	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
13	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
14	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
15	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1
16	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1

Os exemplos descritos até agora são experimentos complementamente casualizados. A seguir, são dados alguns exemplos de *experimentos de blocos completamente casualizados*. São experimentos que apresentam alguma restrição na alocação entre as unidades experimentais e os tratamentos (as condições experimentais). A Figura A1.7 sintetiza os experimentos que serão exemplificados.

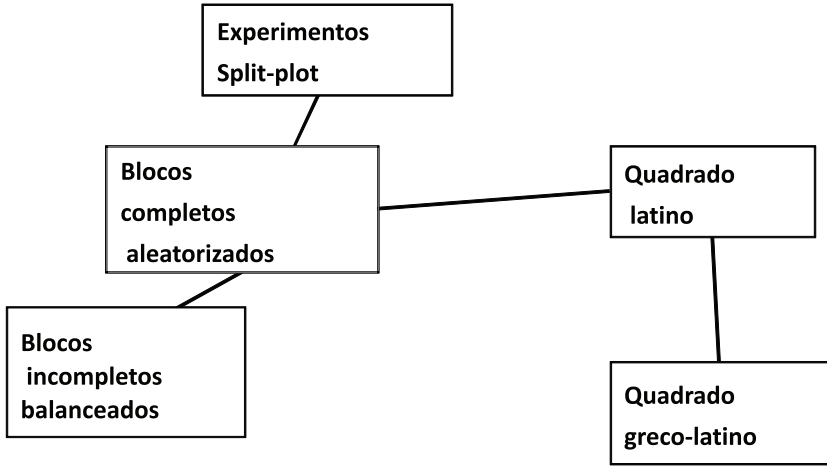


Figura A1.7 – Experimentos de blocos completamente aleatorizados.

Exemplo 8

Considera-se o Exemplo 1 introduzindo uma restrição. Não há disponibilidade de 18 unidades homogêneas para a realização do experimento, mas nove unidades provenientes de um lote e outras nove de outro lote, ou seja, as unidades não são homogêneas. A hipótese a ser testada continua sendo a mesma do Exemplo 1. Antes da alocação das unidades experimentais e as condições experimentais, é importante separar as unidades experimentais em blocos homogêneos para, em etapa posterior, fazer a alocação aleatória das unidades de cada bloco e as condições experimentais (Figura A1.8).

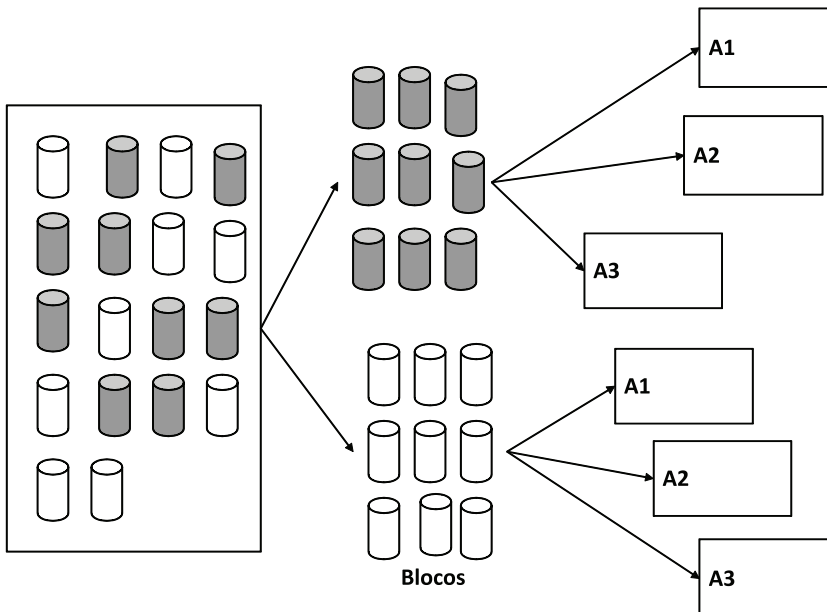


Figura A1.8 – Experimentos de blocos completamente aleatorizados. Exemplo 8.

Exemplo 9

O exemplo descrito a seguir é um experimento de *blocos incompletos balanceados* (BIB). Geralmente, o número de experimento em cada bloco é inferior ao número de condições experimentais. Em livros de delineamentos de experimentos são apresentadas tabelas para planejamento desse tipo de experimento (JOBSON, 1991).

Neste exemplo, são 12 unidades experimentais, separadas em seis blocos com duas unidades homogêneas em cada e quatro condições experimentais. A coluna à direita, na Figura A1.9, ilustra uma possível alocação das unidades experimentais. Note que, para cada condição experimental, foram alocadas três unidades (balanceadas).

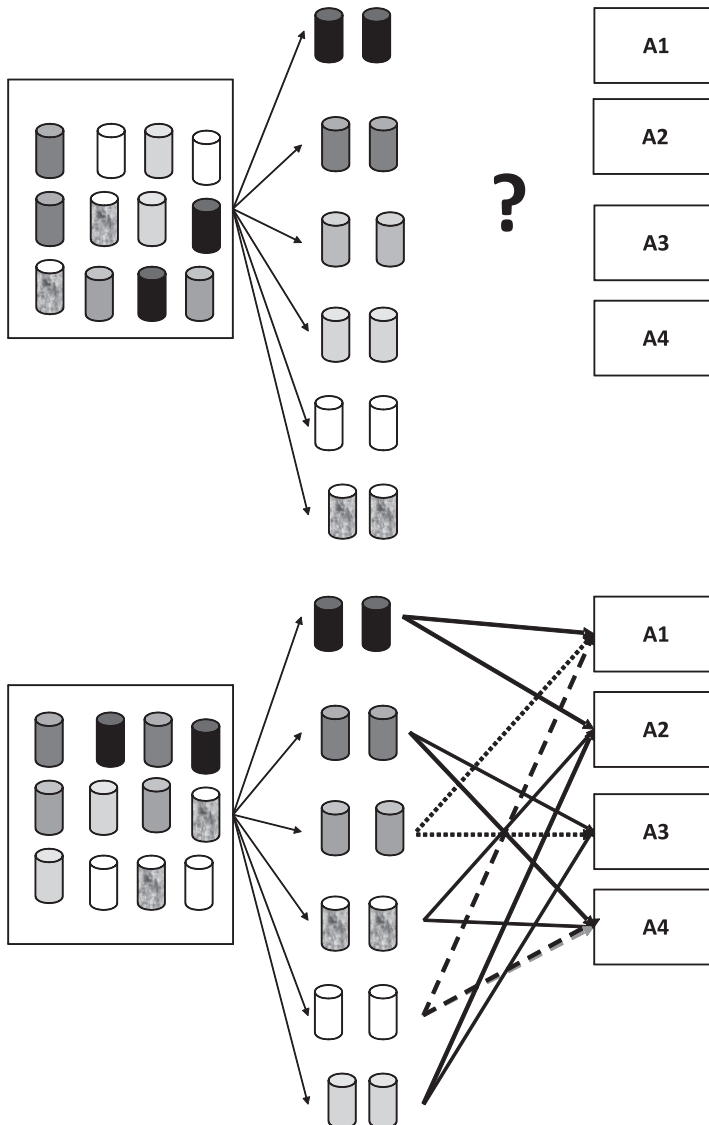


Figura A1.9 – Experimentos de blocos incompletos balanceados. Exemplo 9.

Exemplo 10

Um fabricante quer testar a durabilidade do pneu de caminhões e dispõe de quatro caminhões iguais para fazer o experimento. Quer testar quatro marcas de pneus e dispõe apenas de quatro dias para fazer o experimento. Neste exemplo, um fator de interesse é o pneu com quatro níveis, e outro, um fator tipo (blocos de menor importância: dia). A Figura A1.10 ilustra este exemplo. Desse modo, o caminhão 1 vai testar os pneus A, B, C e D, respectivamente, nos dias 1, 2, 3 e 4; o caminhão 2 vai testar os pneus D, A, B e C, respectivamente, nos dias 1, 2, 3 e 4 e assim para os demais caminhões.

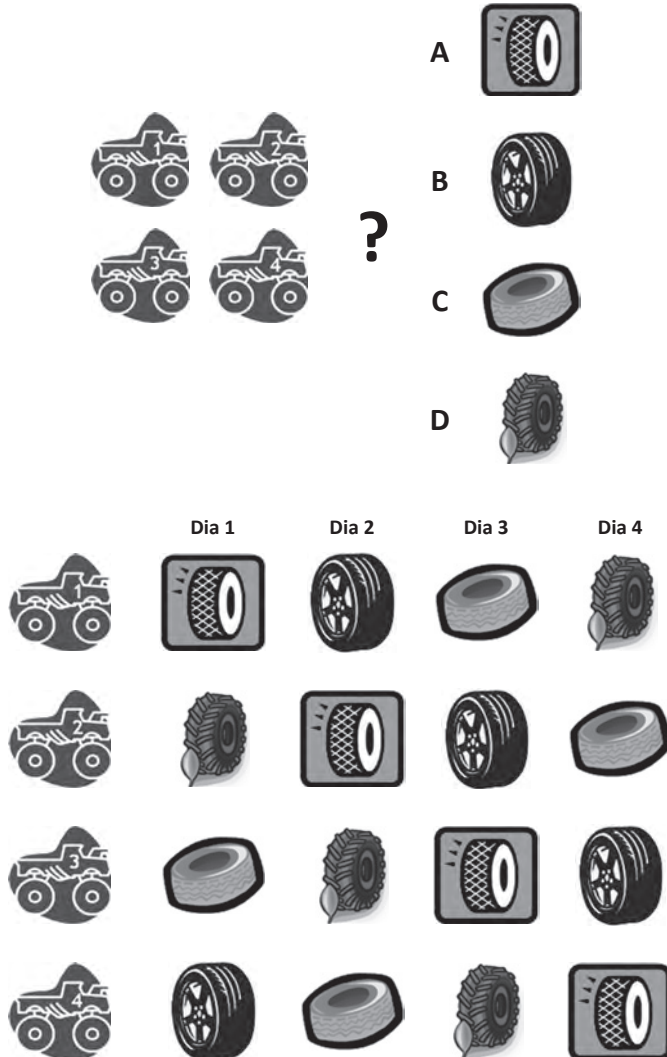


Figura A1.10 – Experimento quadrado latino. Exemplo 10.

Apêndice 2 – Exemplos de Medidas de Variabilidade em Dados Quantitativos e Qualitativos

Exemplo 1: Duas amostras de 20 peças

Amostra 1:
Diâmetro mínimo: 140 cm
Diâmetro máximo: 180 cm

Amostra 2:
Diâmetro mínimo: 150 cm
Diâmetro máximo: 170 cm

Questão 1: Em qual das duas amostras as peças variam mais em relação ao diâmetro?
Resposta:

Questão 2: Quanto a variabilidade individual de uma amostra é maior do que a outra?
Resposta:

Exemplo 2: Duas amostras de 6 peças

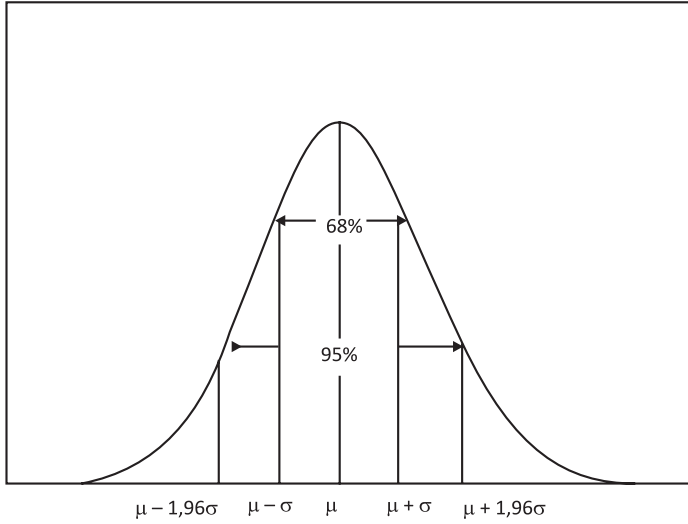
(os valores abaixo representam a diâmetro, em mm)

Amostra 1: 150, 151, 153, 155, 158, 160
Amostra 2: 150, 155, 155, 155, 155, 160

Questão 1: Em qual das duas amostras as peças variam mais em relação ao diâmetro?
Resposta:

Questão 2: Quanto a variabilidade de uma amostra é maior do que a outra?
Resposta:

Além de calcular medidas-resumo (medidas de posição e dispersão), é usual fazer alguns gráficos como tentativa de identificar se os dados coletados aderem a alguma distribuição de probabilidade. Uma das distribuições de probabilidade mais utilizadas na prática é a *distribuição normal*. Isso se deve ao fato de que a maioria dos resultados teóricos da Estatística é obtida com a suposição de normalidade. Essa distribuição depende de dois parâmetros: a média μ e variância σ^2 . Figura A2.1 apresenta a distribuição normal e alguns valores de probabilidades mais comuns. Dessa forma, se alguma característica de interesse obedece a uma distribuição e um conjunto de dados dessa característica for coletado, é razoável que o gráfico do histograma tenha um formato parecido com o da distribuição normal.

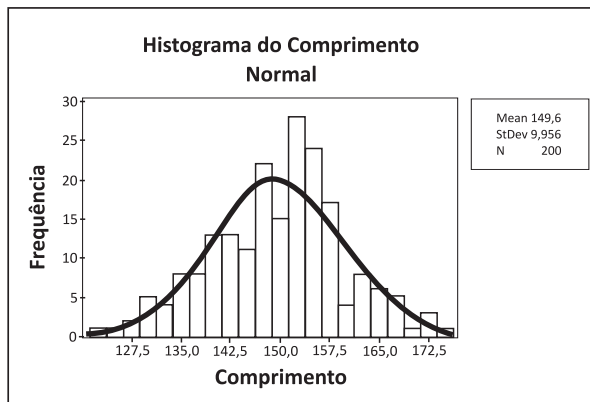


PROPRIEDADES DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- 68% dos valores individuais estão entre $\mu - \sigma$ e $\mu + \sigma$
- 90% dos valores individuais estão entre $\mu - 1,64\sigma$ e $\mu + 1,64\sigma$
- 95% dos valores individuais estão entre $\mu - 1,96\sigma$ e $\mu + 1,96\sigma$
- 99,7% dos valores individuais estão entre $\mu - 3\sigma$ e $\mu + 3\sigma$
- Média = Mediana = Moda

Figura A2.1 – Distribuição normal – algumas probabilidades.

Dois exemplos de histograma estão na Figura A2.2. Duas amostras de 200 observações de comprimento de peça e tempo de falha de um equipamento foram coletadas. Fica evidente que o histograma dos dados provenientes de medidas de comprimento da peça apresenta formato bastante próximo de uma distribuição normal; o mesmo não acontece com o histograma dos dados de tempo de falha.



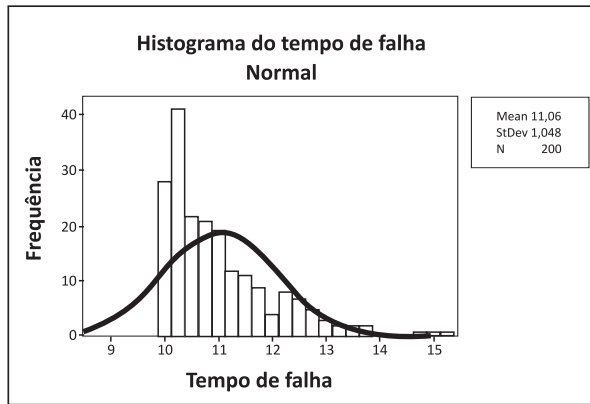
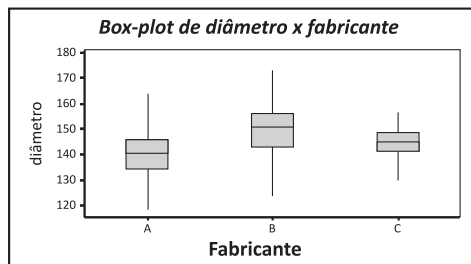


Figura A2.2 – Exemplos de histogramas.

Como destacado no decorrer do capítulo, além do histograma, o *box-plot* tem sido um outro gráfico muito utilizado para dados quantitativos. Ele foi introduzido na década de 1970 por John Tukey. Pela sua simplicidade tem conquistado muitos simpatizantes. Nele, cinco estatísticas – mínimo, primeiro quartil (Q1), mediana, terceiro quartil (Q3) e máximo – estão representadas. Q1 e Q3 estão representados pelas bases da caixa; o traço interno da caixa representa a mediana; os prolongamentos da caixa representam os valores mínimo e máximo. *Box-plots* de um conjunto de dados referentes ao comprimento de uma peça estão na Figura A2.3. Três fabricantes produzem a peça, e uma amostra de 200 observações de cada produtor foi coletada. Pode-se observar que os valores do fabricante B apresentam dispersão (e mediana) maior quando comparados com os dos fabricantes A e C. Peças provenientes do fabricante C apresentam menor dispersão (o corpo da caixa é mais estreito). Informações sobre simetria também podem ser extraídas desse gráfico. Medidas dos fabricantes A e C apresentam simetria, enquanto as do fabricante B não, com dispersão maior para dados inferiores à mediana.

200 peças de 3 fabricantes



Fabricante	Média	D.P.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
A	140,21	8,65	118,72	134,64	140,28	146,01	162,88
B	149,65	9,96	122,85	142,93	150,85	155,91	175,82
C	145,02	5,14	127,99	141,46	144,78	148,59	159,36

Figura A2.3 – *Box-plots* referentes ao comprimento de uma peça.

Exemplo 3

20 peças extraídas de dois processos

Processo A:
10 conformes
10 não conformes

Processo B:
15 conformes
5 não conformes

Questão 1: Em qual dos dois processos as peças variam mais relação à conformidade?
Resposta:

Questão 2: Quanto a variabilidade de uma amostra é maior que a da outra?
Resposta:

Para dados qualitativos, os gráficos mais utilizados são o gráfico de barras e o diagrama circular, conforme ilustrado na Figura A2.4.

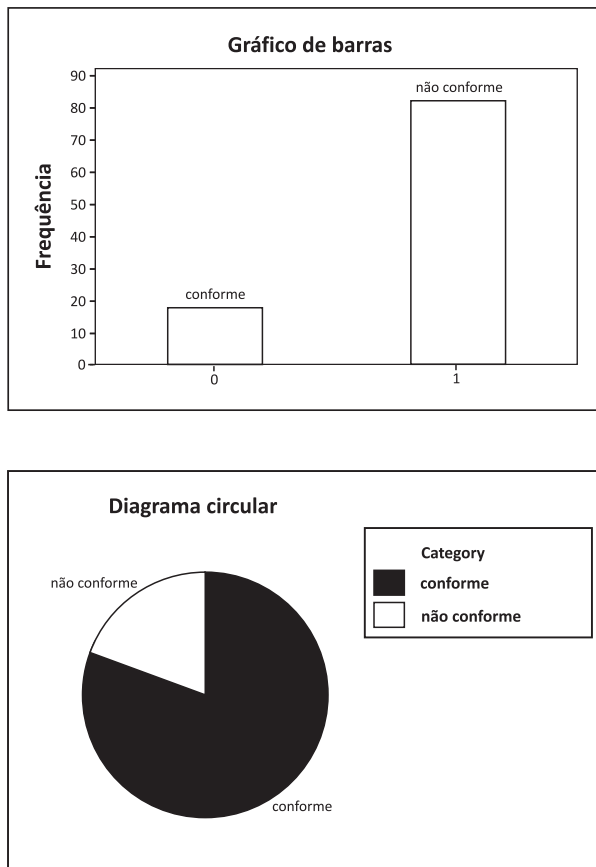


Figura A2.4 – Dados qualitativos: gráfico de barra e diagrama circular.

Apêndice 3 – Exemplos de Modelos com Variável de Resposta Qualitativa

Exemplo 1 – Modelo de Regressão de Mínimos Quadrados

Considere que um grupo de praticantes de esportes radicais queira avaliar um novo tipo de material antes de usá-lo em uma situação real. Para isso fez medições de resistência ao puxamento (variável resposta) em função de quatro variáveis independentes:

- Comprimento do fio (X)
- Altura da garra (Z)
- Altura da coluna (T)
- Comprimento da laçada (W)

Deseja-se analisar a relação de dependência entre a resistência ao puxamento e as quatro variáveis, ou seja, conhecidos o comprimento do fio, a altura da garra, a altura da coluna e o comprimento da laçada, quer-se estimar a resistência média ao puxamento.

Estamos diante de um problema de *regressão múltipla*. Recebe essa denominação porque temos mais de uma variável auxiliar. No caso de uma única variável auxiliar, é chamado de *regressão simples*. Na presença de k variáveis auxiliares, existem $(2^k - 1)$ regressões possíveis, com pelo menos uma variável auxiliar no modelo. Para exemplificar o grau de complexidade, vamos supor que existam apenas duas variáveis (X e Z). Modelos possíveis: um incluindo as duas variáveis, outro somente com X e um terceiro apenas com Z . No exemplo com quatro variáveis auxiliares, teremos um total de 15 modelos candidatos.

Pelo *princípio da parcimônia* é desejável escolher um melhor modelo final (segundo algum critério) com menor número de variáveis auxiliares. Para isso, existem métodos para selecionar o melhor modelo. Os métodos mais empregados são os seguintes procedimentos iterativos: *método Stepwise*, *método Forward*, *método Backward*. Detalhes sobre como escolher o modelo final podem ser vistos em Draper e Smith (1998), Neter e Wasserman (1996), entre outros.

Os resultados descritos na Tabela A3.1 foram obtidos com o método Stepwise.

Tabela A3.1 – Exemplo de Regressão Múltipla

Passo	1	2	3
Constante	5,12	2,65	1,38
Comprimento do fio (X)	2,90	2,55	2,54
T-value	24,8	23,42	29,07
P-Value	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Comprimento da Laçada (W)		3,55	2,6
T-value		4,97	4,14
P-Value		< 0,001	< 0,001
Altura da Garra (Z)			0,01
T-value			3,65
P-Value			0,001

Para chegar ao modelo final, foram necessárias três iterações segundo um critério adotado. Na primeira iteração, a variável comprimento do fio (X), que apresentou o maior *coeficiente de correlação* com a variável resposta, foi incluído no modelo de regressão gerando o modelo 1: $Y = 5,12 + 2,90 X$. Para uma leitura simplista do modelo, a unidade de comprimento do fio tem um acréscimo médio de 2,9 unidades de resistência. A *hipótese nula*, em que o coeficiente associado à variável X é igual a zero, não é verdadeira conforme pode-se constatar pelo alto valor da estatística t (na tabela do valor T) e pelo baixo nível descritivo (na tabela do valor P).

Na segunda iteração, entre as variáveis não incluídas, aquela que apresentou o maior coeficiente de correlação parcial com a variável resposta (no caso W) foi incluída no modelo, gerando o modelo II: $Y = 2,65 + 2,55 X + 3,55 W$. Ou seja, fixado um comprimento do fio (X), para uma unidade de comprimento da laçada (W), há um acréscimo médio de 3,55 unidades de resistência; e fixado um comprimento da laçada (W) para uma unidade de comprimento do fio (X), há um aumento médio de 2,55 unidades de resistência. A variável incluída W é significativa conforme o alto valor da estatística t (na tabela do valor T) e baixo valor do nível descritivo; por outro lado, a variável X , que já estava no modelo, não deve ser excluída, conforme o alto valor da estatística t (na tabela do valor T).

Similarmente, na terceira iteração, gerou-se o modelo III: $Y = 1,38 + 2,54 X + 2,60 W + 0,01 Z$, sendo todos os coeficientes significativos, conforme estatística da Tabela 3. A não inclusão da variável T se deve ao fato de não satisfazer critérios para isso.

Determinado o modelo, é importante avaliá-lo. Entre os vários modelos, pode-se citar: coeficiente de determinação (R^2), estatística C_p de Mallows e análise dos resíduos. Não serão dados mais detalhes sobre os métodos para avaliação. Consulte Neter e Wasserman (1996), Draper e Smith (1998), entre outros.

No presente exemplo será considerada apenas a análise dos resíduos como critério de avaliação. A análise dos resíduos está na Figura A3.1.

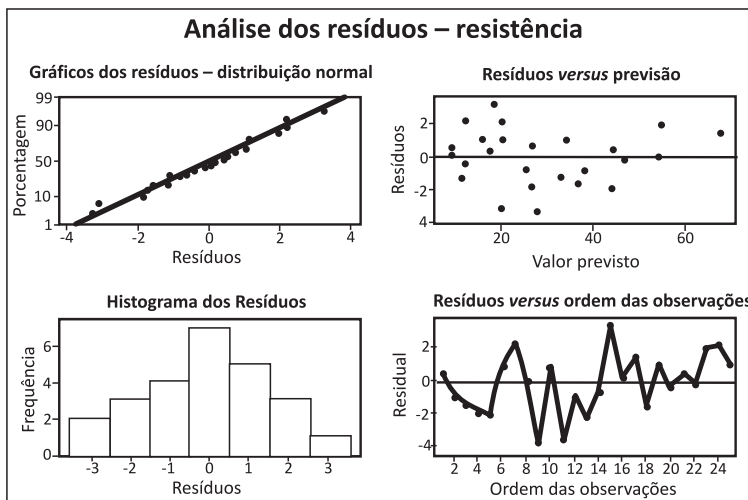


Figura A3.1 – Análise de resíduos do modelo de regressão linear múltipla.

Antes da análise de resíduos, algumas definições são necessárias. Define-se como resíduo a diferença entre o valor observado e o valor previsto pelo modelo de regressão. É intuitivo pensar que, se o modelo se ajusta bem ao conjunto de dados, é razoável que os resíduos sejam pequenos. Para ter um valor de referência, geralmente a análise dos resíduos não é feita com os resíduos brutos, mas com os resíduos padronizados (razão entre os resíduos brutos e seu respectivo erro-padrão), cujos valores remetem diretamente aos valores de uma distribuição normal padronizada.

A análise de resíduos pode indicar se as suposições assumidas são válidas ou não. Desse modo, basta fazer um conjunto de gráficos. Caso a variável resposta obedeça a uma distribuição normal, é razoável que o histograma dos resíduos padronizados apresente uma forma simétrica, bem como, no gráfico de dispersão, os pontos dos resíduos padronizados e da distribuição acumulada teórica de uma distribuição normal estejam alinhados em torno de uma reta. Em relação à homocedasticidade, gráficos dos resíduos padronizados *versus* variáveis auxiliares ou valores previstos devem indicar constância da variabilidade dos resíduos padronizados com uma faixa constante de valores. Por último, em relação à independência das observações, gráficos dos valores de resíduos padronizados *versus* a ordem das observações não deve apresentar tendências. Conforme mostra a Figura A3.1, todos os gráficos atendem aos quesitos. No entanto, na prática, nem sempre a variável resposta é contínua e normalmente distribuída.

Exemplo 2 – Modelo de Regressão Logística

Para ilustração, considere um modelo de *regressão logística* cuja variável resposta é qualitativa nominal (com duas categorias).

Apesar de maciça campanha contra o uso de cigarro, o fumante ainda acha que o cigarro não é prejudicial. Para desfazer essa afirmação, órgãos ligados à secretaria da Saúde fizeram um levantamento com 364 fumantes. Em cada um foi diagnosticado se o pulmão estava prejudicado ou não, além de coletar a idade do fumante e uma declaração dada por ele sobre o número de cigarros que consome por semana.

Pode-se observar, na Figura A3.2, que os sinais dos coeficientes associados à idade e ao número de cigarros são positivos, indicando que a probabilidade de ter o pulmão prejudicado aumenta com a idade e com o número de cigarros consumidos. As hipóteses de que os coeficientes associados às duas variáveis auxiliares são nulos não são verdadeiras (ver os valores altos da estatística t). Desse modo, estimativas da probabilidade de interesse podem ser estimadas em função da idade e do número de cigarros consumidos, sendo que o risco (ver a coluna dos “*odds*”) é um aumento de 3% para cada ano que envelhece, fixado um nível de consumo; e de um aumento de 5% por cigarro consumido semanalmente para uma determinada idade.

Exemplo de regressão logístca

Modelo	Estimativa	Erro-padrão	T	Odd	Li	LS
constante	-3,66	0,49	-7,53	*	*	*
idade	0,03	0,01	4,55	1,03	1,02	1,05
cigarros	0,04	0,01	4,32	1,05	1,02	1,07

$$\text{Pr}(\text{pulmão prejudicado}) = \frac{\exp(-3,66 + 0,03 * \text{Idade} + 0,04 * \# \text{ cigarros})}{1 + \exp(-3,66 + 0,03 * \text{Idade} + 0,04 * \# \text{ cigarros})}$$

- Risco = $\exp(0,03) = 1,03 \Rightarrow 3\%$ para cada ano, fixado # de cigarros
- Risco = $\exp(0,04) = 1,05 \Rightarrow 5\%$ para cada cigarro (p/sem.), fixado a idade

Figura A3.2 – Regressão logística. Exemplo 2.

Exemplo 3 – Aplicação da Análise Fatorial

Em determinada pesquisa, as seguintes variáveis de um conjunto de municípios foram coletadas:

- População total (Pop)
- Anos medianos de escolaridade (School)
- Número de empregados (Employ)
- Número de empregados em saúde (Health)
- Valor mediano do imóvel (Home)

Para entender a melhor relação entre as cinco variáveis, as correlações entre elas foram calculadas (mostradas na Figura A3.3). Os valores abaixo das correlações indicam o grau de significância sob a hipótese nula de correlação nula entre os pares de variáveis. Valores pequenos indicam que a hipótese nula é falsa.

Exemplo de análise fatorial

	Pop	School	Employ	Health
School	0,61 0,02			
Employ	0,971 0	0,494 0,072		
Health	0,74 0,002	0,095 0,746	0,848 0	
Home	-0,172 0,557	0,186 0,525	-0,249 0,39	-0,358 0,209

Figura A3.3 – Correlação entre as variáveis.

Pela matriz de correlação mostrada na Figura A3.3, pode-se observar que as três variáveis relacionadas com dados demográficos apresentam alta correlação entre elas: o tamanho da população (*Pop*), o número de empregados (*Employ*) e o número de empregados na área de saúde (*Health*). Quanto maior a população, mais gente estará empregada e mais gente trabalhando na área da saúde. Já a escolarização (*School*) apresenta correlação mediana com o tamanho da população (*Pop*). Quanto maior a população, maior a escolarização. O valor mediano dos imóveis (*Home*) não está fortemente correlacionado com nenhuma das variáveis anteriormente citadas.

Conforme dito anteriormente, em uma situação de multicolinearidade, é desejável obter um novo conjunto de variáveis independentes que sejam combinações lineares das já existentes. Uma das maneiras de obter isso é através do método dos *componentes principais*. Não será explicitado como é a determinação, visto que esse não é o foco principal. Leitores interessados podem consultar Anderson (2003), Johnson e Wichern (2007), Mingoti (2005).

Supondo que quiséssemos obter novas cinco variáveis independentes, a partir das cinco anteriores, aplica-se o método dos componentes principais, e os pesos atribuídos às variáveis antigas são mostrados na Tabela A3.2.

Tabela A3.2 – Cargas das Componentes Principais sem Rotação

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Communality
Pop	-0,972	-0,149	0,006	0,17	-0,067	1
School	-0,545	-0,715	-0,415	-0,14	0,001	1
Employ	-0,989	-0,005	0,089	0,083	0,085	1
Health	-0,847	0,352	0,344	-0,2	-0,022	1
Home	0,303	-0,797	0,523	0,005	0,002	1
Variância	3,0289	1,2911	0,5725	0,0954	0,0121	5
% Var	60,60	25,80	11,40	1,90	0,2	1

O primeiro componente principal (fator 1) é uma combinação linear das variáveis originais:

$$\text{Fator 1} = -0,972\text{Pop} - 0,545\text{School} - 0,989\text{Employ} - 0,847\text{Health} + 0,303\text{Home}$$

Pode-se observar que os pesos maiores e negativos estão atribuídos às variáveis demográficas (*Pop*, *Employ* e *Health*) e pesos menores às outras duas variáveis. Essa componente explica 60,6% da variância total. Leituras similares podem ser feitas nas demais componentes.

Ao criar novas variáveis independentes (as componentes principais), é desejável atribuir nomes às novas variáveis. Isso seria bastante facilitado se os pesos atribuídos às variáveis originais fossem muito diferenciados (é desejável que algumas variáveis tenham pesos maiores, próximos de 1 e outras próximas de 0). Como as novas variáveis são independentes, rotações dos eixos podem ser feitas. Existem várias maneiras de fazer a rotação dos eixos, e as mais conhecidas são: rotação *varimax*, *equimax*, *oblimax*. A Tabela A3.3 mostra os pesos das novas variáveis (as componentes principais) após rotação *varimax*.

Tabela A3.3 – Carga das Componentes Principais com Rotação

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Commuality
Pop	0,836	0,468	-0,078	-0,277	-0,017	1
School	0,186	0,974	0,124	-0,029	-0,012	1
Employ	0,913	0,344	-0,131	-0,125	-0,124	1
Health	0,958	-0,054	-0,195	0,177	0,096	1
Home	-0,169	0,099	0,981	0,002	0,000	1
Variância	2,513	1,299	1,038	0,124	0,025	5
% Var	50,30	26,00	20,80	2,5	0,5	1

Pela Tabela A3.3 pode-se observar que os pesos (após a rotação) de *Pop*, *Employ* e *Health* são muito próximos de 1, e os demais, menores, indicando que a primeira componente (fator 1) mede exclusivamente dados demográficos. Como os pesos são muito parecidos, a componente principal pode ser interpretada como uma média aritmética dessas três variáveis, e uma denominação pode ser dada. A segunda componente (fator 2) apresenta peso maior na variável *School*, e nas demais os pesos são menores, medindo exclusivamente dados sobre a escolarização; a terceira componente (fator 3) tem o maior peso em *Home*, que mede preço de habitação. Indiretamente pode-se medir o grau de riqueza do município. Os pesos de todas as variáveis das componentes 4 e 5 (fatores 4 e 5) apresentam pesos muito baixos.

Em muitas situações práticas, não há interesse em obter o número de componentes principais igual ao número das variáveis originais. Assim, um critério deve ser utilizado para escolher esse número. Existem vários critérios para escolher; entre eles, o número de raízes características (ou *autovalor*) maior do que 1. A raiz característica é a variância da nova variável (componente principal). No exemplo, conforme a Tabela A3.4, existem três raízes características maiores que 1. Três componentes principais podem ser obtidas. A outra é analisar a porcentagem de variância acumulada das componentes principais e adotar um critério. No exemplo, com três fatores, a porcentagem de variância acumulada totaliza ($50,3 + 26 + 20,8 = 97,1$) 97,1%. Caso esse número satisfaça o critério adotado, três componentes são suficientes. A Figura A3.4 mostra o gráfico das primeiras

componentes principais. Ela também indica que são três as componentes principais a serem extraídas.

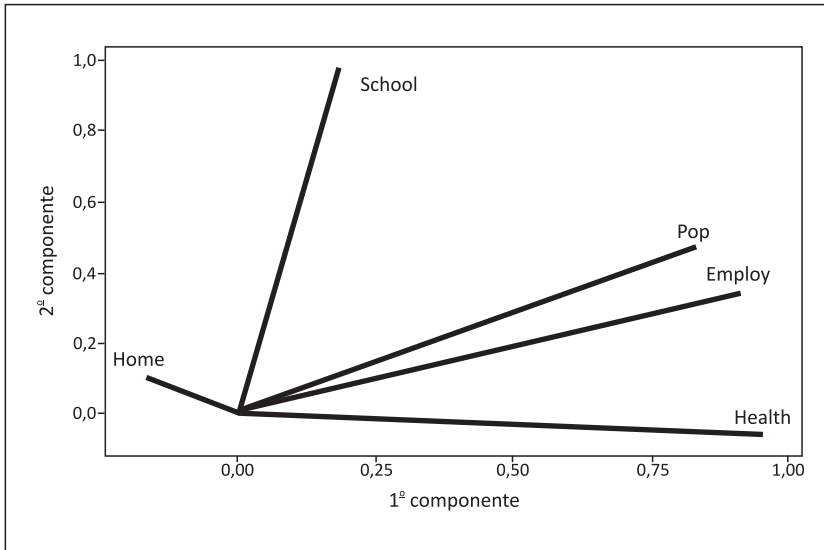


Figura A3.4 – Gráfico dos pesos dos primeiro e segundo componentes.

Escolhido o número de componentes, os pesos das componentes devem ser atualizados. Na Tabela A3.4 estão os pesos das componentes principais assim determinados. Como houve uma redução do número de variáveis, é importante avaliar a qualidade da análise fatorial. A *comunalidade* de cada variável original é geralmente usada para isso. Quanto mais próxima de 1 for a comunalidade, indica que houve pouca perda de informação com a redução da dimensionalidade. Na última coluna da Tabela A3.4 estão as comunalidades, todas próximas de 1, indicando que houve pouca perda de informação ao reduzir de cinco dimensões para três.

Tabela A3.4 – Cargas das Componentes Principais com Rotação

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Commuality
Pop	0,832	0,517	-0,079	0,967
School	0,173	0,967	0,127	0,980
Employ	0,909	0,377	-0,13	0,986
Health	0,958	-0,077	-0,187	0,959
Home	-0,174	0,095	0,980	1,000
Variância	2,498	1,359	1,035	4,892
% Var	50,00	27,20	20,70	97,80

Apêndice 4 – Exemplos de Análise de Agrupamento para Dados Quantitativos em Agrupamentos Hierárquicos, Não Hierárquicos e Análise de Correspondência

Exemplo 1 – Análise de Agrupamento para Dados Quantitativos em Agrupamentos Hierárquicos

Considerando que foram coletadas as seguintes características nutricionais de cereais:

- proteína;
 - carboidratos;
 - gordura;
 - calorias;
 - porcentagem da quantidade diária permitida de vitamina A,
- deseja-se agrupar os cereais em grupos homogêneos. Os dados estão reproduzidos na Tabela A4.1.

Tabela A4.1 – Características dos Dados

Marca	Proteína	Carboidrato	Gordura	Caloria	Vitamina A
Life	6	19	1	110	0
Grape Nuts	3	23	0	100	25
Super Sugar Crisp	2	26	0	110	25
Special K	6	21	0	110	25
Rice Krispies	2	25	0	110	25
Raisin Bran	3	28	1	120	25
Product 19	2	24	0	110	100
Wheaties	3	23	1	110	25
Toral	3	23	1	110	100
Puffed Rice	1	23	0	50	0
Sugar Corn Pops	1	26	0	110	25
Sugar Smacks	2	25	0	110	25

Antes de aplicar a análise de agrupamento, é importante conduzir uma análise crítica sobre as unidades da variável e a grandeza dos dados coletados, e decidir se há necessidade de criar novos indicadores ou utilizar os dados padronizados na análise de agrupamento para que os resultados não sofram influência desses dois fatores (unidade e grandeza).

Para ilustrar esse fato, suponha que se deseja agrupar os municípios do estado de São Paulo. Para isso foram coletados dados da população e população economicamente ativa. Ao agrupar os dados brutos, certamente o município de São Paulo ficará no grupo 1 e os demais municípios (em torno de 580) ficarão no grupo 2, visto que o valor (o nú-

mero) da população do município de São Paulo é surpreendentemente grande quando comparado com os demais valores. Antes de fazer a análise de agrupamento, já sabíamos que o município de São Paulo é um dos mais populosos do mundo (junto com Tóquio, Cidade do México, Nova York e outras). Ao passo que, se os municípios forem agrupados segundo a proporção da população economicamente ativa (razão entre a população economicamente ativa e o total da população de cada município), outros resultados mais interessantes serão observados na análise de agrupamento.

Além disso, é necessário escolher uma medida que meça o quão parecidas/semelhantes são duas observações. Essa medida é denominada *medida de parença* que se subdivide em dois tipos: *medidas de similaridade* ou *medidas de dissimilaridade* (Figura A4.1). Essas medidas significam:

Medidas de similaridade – valores baixos da medida de similaridade indicam observações menos similares, enquanto valores altos indicam observações mais similares.

Medidas de dissimilaridade – valores baixos de medida de dissimilaridade indicam observações menos dissimilares (mais similares), e valores altos, observações mais dissimilares (menos similares).

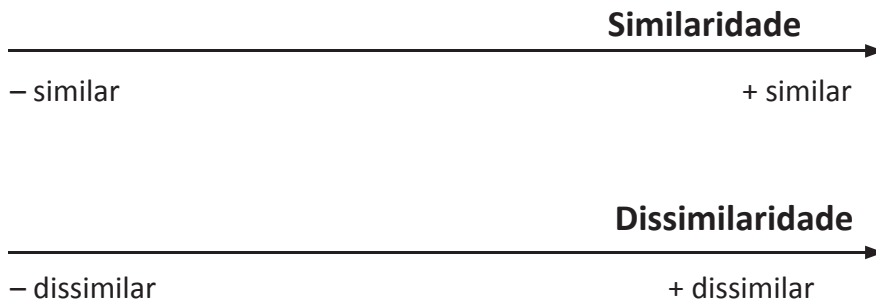


Figura A4.1 – Representação das medidas de parença.

As medidas de parença mais conhecidas são: coeficiente de correlação, número de coincidências entre as duas observações e medidas de distâncias, entre elas a *distância euclidiana*, a *distância de Pearson*, a *distância de Manhattan* etc.

Escolhida a medida de parença, deve-se adotar algum algoritmo para fazer os agrupamentos. Existem vários algoritmos, e os mais conhecidos são os métodos: *vizinho mais próximo* (*single linkage*), *vizinho mais longe* (*complete linkage*), *método de Ward*, *método de centroide* etc. Além disso, fixa-se um nível de similaridade para determinar o número final de grupos. Os leitores estão convidados a consultar outras referências sobre assunto, como Johnson e Wichern (2007), Mingoti (2005) e Anderson (2003).

Exemplo 2 – Análise de Agrupamento para Dados Quantitativos em Agrupamentos Não Hierárquicos

Considere as medidas de:

- altura
- altura da cabeça
- peso
- peso da cabeça
- tamanho do pescoço
- tamanho do peito

Essas medidas foram efetuadas em 143 ursos. O pesquisador quer dividir os ursos em três grupos de animais homogêneos. Após a execução da análise de agrupamento, os perfis dos grupos segundo as variáveis de entrada são resumidos na Tabela A4.2 e os *box-plots* na Figura A4.2.

Tabela A4.2 – Análise de Agrupamento Não Hierárquico. Estatísticas Descritivas

Variável	Classe	Número	Média	D.P.	Q1	Mediana	Q3
Altura	1	27	47,35	5,51	43,5	48	52
	–	2	60,713	3,735	58	60,5	63,25
	–	3	39	72,051	4,54	69	72
Peito	1	27	26,037	3,174	24	26	28,5
	–	2	34,394	3,42	32	34	36,75
	–	3	39	47,218	4,308	44	48
Peso	1	27	72,81	25,69	60	79	90
	–	2	155,57	34,55	130	150	180
	–	3	39	347	73,3	297	348

Variável	Classe	Número	Média	D.P.	Q1	Mediana	Q3
Altura_cab	1	27	10,778	1,013	10	11	11,5
	–	2	13,195	0,893	12,5	13	13,5
	–	3	39	15,679	1,091	15	15,5
Peso_cab	1	27	4,87	0,614	4,5	5	5
	–	2	6,101	0,8091	5,5	6	6,5
	–	3	39	7,795	1,031	7	8

(continua)

Pescoço	1	27	15,463	2,075	15	15,5	17
–	2	77	19,922	2,208	18,75	50	21
–	3	39	28,162	2,639	26,5	28	30

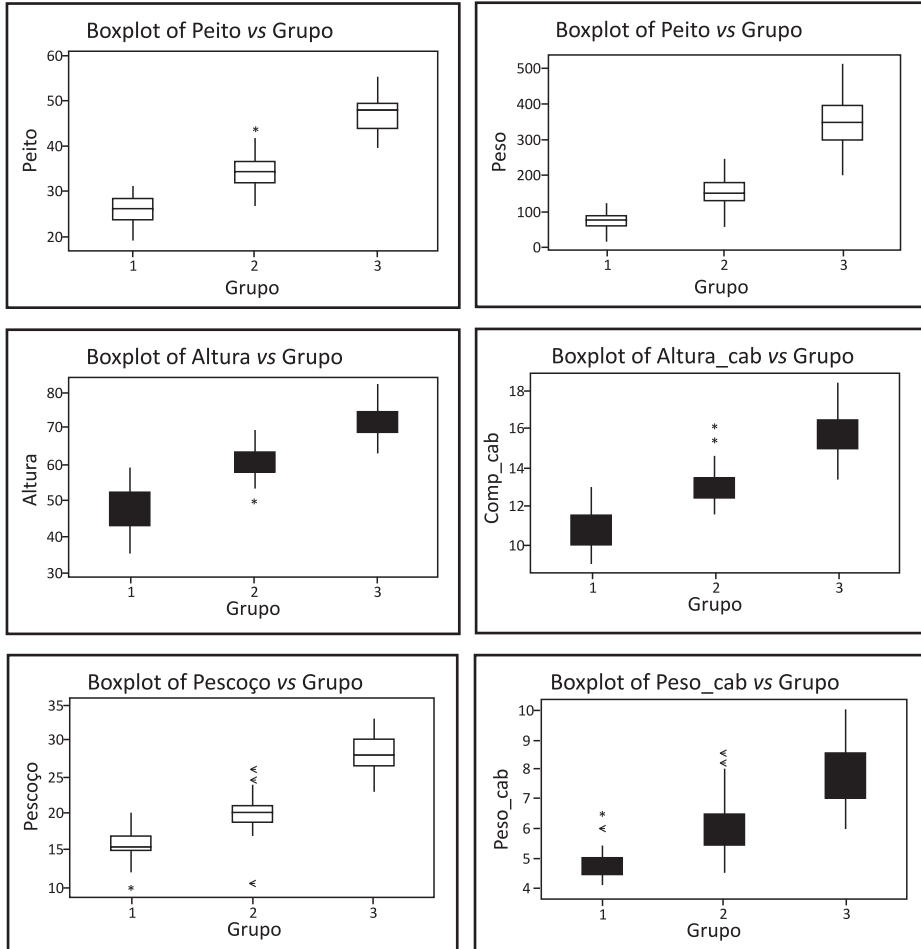


Figura A4.2 – Resultado da análise de agrupamento não hierárquico. *Box-plots*.

Analisando os resultados obtidos, pode-se notar que o grupo 1 é composto por animais de porte menor, apresentando inclusive menor variabilidade; já os animais de porte médio são os pertencentes ao grupo 2, com uma variabilidade um pouco maior que a do grupo 1, e, finalmente, no grupo 3 estão os animais maiores. O que diferencia substancialmente os grupos é o peso do animal; as demais variáveis os diferenciam menos.

Exemplo 3 – Exemplo de Análise de Correspondência

(Dados extraídos do livro *Correspondence Analysis in Practice*, de GREENACRE, M.J., p. 75)

São duas variáveis qualitativas:

- 1) Áreas de pesquisa com 10 categorias.
- 2) Grau de financiamento com cinco categorias.

Uma amostra de 796 de projetos de pesquisa classificados de acordo com as áreas de pesquisa (Geologia, Bioquímica, Química, Zoologia, Física, Engenharia, Microbiologia, Botânica, Estatística e Matemática) em relação a cinco categorias de financiamento (A, maior financiamento; ... ; D, menor financiamento; E, sem financiamento). O resultado do levantamento é mostrado na Tabela A4.3.

Tabela A4.3 – Áreas de Pesquisa × Grau de Financiamento

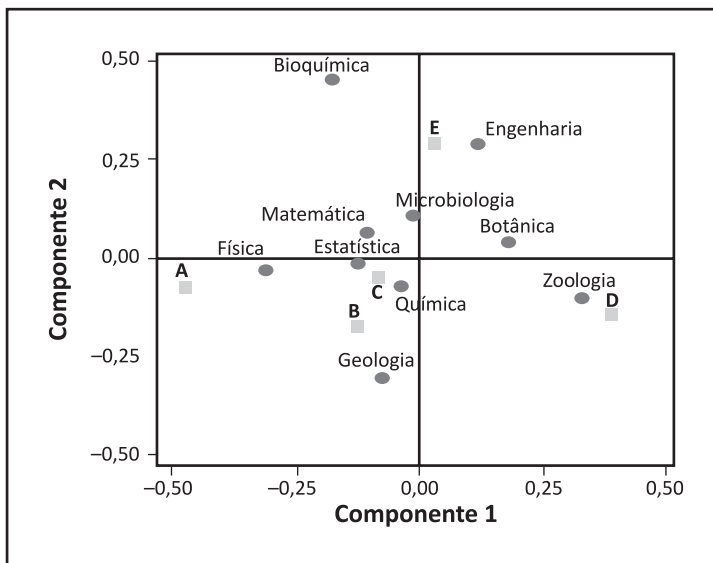
Áreas de Pesquisa	A	B	C	D	E
Geologia	3	19	39	14	10
Bioquímica	1	2	13	1	12
Química	6	25	49	21	29
Zoologia	3	15	41	35	26
Física	10	22	47	9	26
Engenharia	3	11	25	15	34
Microbiologia	1	6	14	5	11
Botânica	0	12	34	17	23
Estatística	2	5	11	4	7
Matemática	2	11	37	8	20

As proporções do grau de financiamento para uma dada área foram calculadas e resumidas na Tabela A4.4. Observa-se que o grau de financiamento mais frequente é o nível intermediário C, independentemente da disciplina, exceto em engenharia, em que o mais comum é não ter financiamento. Comparativamente, a área que tem mais financiamento da categoria A é a física, enquanto na bioquímica duas são as categorias mais frequentes: nível intermediário C ou sem financiamento. Essas duas categorias totalizam mais de 85% das pesquisas em bioquímica. Comparativamente, a área que tem financiamento do nível B é a geologia; a zoologia é a área que tem financiamento no grau D. Outras observações referentes às outras áreas podem ser extraídas de modo similar.

Tabela A4.4 – Proporções das Áreas em Função do Grau de Financiamento

Áreas de Pesquisa	A	B	C	D	E	Mass
Geologia	0,035	0,224	0,459	0,165	0,118	0,107
Bioquímica	0,034	0,069	0,448	0,034	0,414	0,036
Química	0,046	0,192	0,377	0,162	0,223	0,163
Zoologia	0,025	0,125	0,342	0,292	0,217	0,151
Física	0,088	0,193	0,412	0,079	0,228	0,143
Engenharia	0,034	0,125	0,284	0,17	0,386	0,111
Microbiologia	0,027	0,162	0,378	0,135	0,297	0,046
Botânica	0	0,14	0,395	0,198	0,297	0,108
Estatística	0,069	0,172	0,379	0,138	0,241	0,036
Matemática	0,026	0,141	0,474	0,103	0,256	0,098
Mass	0,039	0,161	0,389	0,162	0,249	1

A representação gráfica das áreas e do grau de financiamento após a análise de correspondência está na Figura A4.3.

Figura A4.3 – Análise de correspondência: área de pesquisa *versus* grau de financiamento.

Pelo mapa de percepções, as observações anteriormente estão coerentemente representadas na Figura A4.3.

Capítulo 6

O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção

Paulo A. Cauchick Miguel e Rui Sousa

Este capítulo apresenta as bases para a condução de um estudo de caso, uma abordagem metodológica de pesquisa muito utilizada na engenharia de produção. O estudo de caso é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise (casos). Essa análise possibilita amplo e detalhado conhecimento sobre o fenômeno, possibilitando, inclusive, a geração de teoria. O capítulo discute quando utilizar o método de caso, destaca as etapas para a condução de um estudo de caso e sugere algumas recomendações para a sua condução.

6.1. Introdução

Como destacado na Introdução, uma preocupação atual na engenharia de produção e gestão das operações no Brasil (BERTO e NAKANO, 1998; 2000; CAUCHICK MIGUEL, 2004) refere-se às abordagens metodológicas de pesquisas utilizadas no desenvolvimento dos trabalhos científicos na área.

Como pode ser visto no decorrer desta obra, as abordagens metodológicas mais utilizadas na engenharia de produção e gestão de operações podem ser categorizadas em diversos tipos. O estudo de caso é uma das abordagens mais frequentemente adotadas no Brasil, como destacado no Capítulo 4, que analisa os anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (Enegep). Essa utilização também se estende aos periódicos nacionais em engenharia de produção. A Figura 6.1 ilustra esse fato, mostrando o crescimento da abordagem de estudo de caso nos últimos anos, ao se analisarem os exemplares da *Gestão & Produção* de 1994 a 2005.

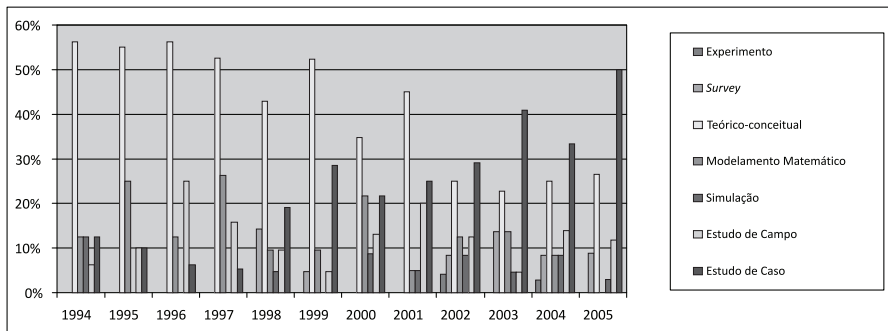


Figura 6.1 – Adoção das abordagens de pesquisa no periódico *Gestão & Produção*.

O estudo de caso é um estudo de caráter empírico que investiga um fenômeno atual no contexto da vida real, geralmente considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto onde se insere não são claramente definidas (YIN, 2001). É, na verdade, uma espécie de histórico do fenômeno, extraído de múltiplas fontes de evidências onde qualquer fato relevante à corrente de eventos que descrevem o fenômeno é um dado potencial para o estudo de caso, pois o contexto é importante (LEONARD-BARTON, 1990). Diversos trabalhos específicos em estudo de caso podem ser encontrados na literatura, sejam trabalhos teóricos, sejam de aplicação (EISENHARDT, 1989; LEONARD-BARTON, 1990; VAN DE VEM e HUBER, 1990; MCCUTCHEON e MEREDITH, 1993; JAYANTI e SINHA, 1998; LEWIS, 1998; HILL *et al.*, 1999; SOUSA e VOSS, 2001; YIN, 2001; VOSS *et al.*, 2002; SOUSA, 2003).

Dentre os benefícios principais da condução de um estudo estão a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e de aumentar o entendimento sobre eventos reais e contemporâneos. Além disso, muitos conceitos contemporâneos na engenharia de produção e, principalmente, na gestão de operações foram desenvolvidos por meio de estudos de caso (SOUSA, 2005). No entanto, metodologicamente, a condução adequada de um estudo de caso não é uma tarefa trivial e, frequentemente, os trabalhos são sujeitos a críticas em função de limitações metodológicas na escolha do(s) caso(s), coleta e análise dos dados, apresentação dos resultados e geração de conclusões suportadas pelas evidências. Nesse sentido, este capítulo detalha algumas das suas etapas de condução, bem como sugere algumas recomendações para o seu planejamento e condução, buscando maior validade e confiabilidade para o uso desse tipo de abordagem metodológica na engenharia de produção.

6.2. Estruturação inicial de um estudo de caso

Uma abordagem metodológica adequada de pesquisa compreende diferentes níveis de abrangência e profundidade. Como visto no Capítulo 2, a definição dessa abordagem e a seleção dos métodos e técnicas de pesquisa são realizadas a partir da for-

mulação do problema de pesquisa (Figura 2.4), ou seja, ainda em um “nível estratégico”, de natureza teórico-conceitual. É nesse nível que são identificadas, por exemplo, as lacunas de pesquisa, permitindo assim um aprofundamento da literatura. Alguns direcionadores para uma seleção prévia da abordagem, métodos e técnicas de pesquisa podem (e geralmente devem) ser levados em consideração, como, por exemplo, a sugestão de um colega, a recomendação do orientador ou mesmo a familiaridade ou afinidade com dado método. Outros fatores geralmente considerados são relativos às contingências típicas de condução da pesquisa, associadas ao objeto de estudo, ao tempo disponível para a finalização da pesquisa, bem como aos recursos financeiros para suporte ao trabalho (por exemplo, em função dos prazos dados pelas agências de fomento). No entanto, a adequada escolha da abordagem, métodos e técnicas de pesquisa deve estar estritamente associada ao endereçamento das lacunas identificadas na literatura, questões, objetivos, proposições, e/ou hipóteses de pesquisa. O pesquisador deve estudar as possíveis abordagens a serem utilizadas, selecionando as que forem mais apropriadas, úteis e eficazes para a investigação ou, em outras palavras, que deverá atender à problemática estudada no sentido da proposição de soluções. Nesse sentido, a adoção de estudo de caso deve estar vinculada à literatura, atendendo às questões e objetivos da pesquisa no sentido de proporcionar um caminho para a contribuição investigativa almejada, seja de natureza teórica ou empírica.

O método de caso pode ser utilizado para diferentes tipos de investigação (Voss *et al*, 2002):

Exploração: Nas fases iniciais de uma investigação, podemos usar um ou mais casos para desenvolver ideias e perguntas de investigação.

Construção de Teoria (explanatório): O método de caso é particularmente forte para este tipo de investigação, pois permite identificar as variáveis-chave, suas ligações e explicar porque é que essas ligações existem.

Teste de Teoria: O método de caso pode ser utilizado para testar – frequentemente em combinação com estudos de inquérito – questões complexas. Um caso pode ser suficiente para falsificar uma teoria ou identificar áreas onde ela falha.

Extensão/Refinamento de Teoria: Os casos podem ser utilizados para estruturar melhor as teorias existentes à luz das observações recolhidas, por exemplo, investigando os limites de aplicação da teoria existente.

Apesar da sua versatilidade, o método de caso é especialmente apropriado e poderoso – e distingue-se nisto de outros métodos – para investigações exploratórias e de construção de teoria.

O trabalho deve ser conduzido com o rigor metodológico necessário para que se justifique como pesquisa. Assim, faz-se necessário o definir os métodos e técnicas para a coleta dos dados e um planejamento para a condução da pesquisa, proposto a seguir.

6.3. A condução do estudo de caso

Uma proposta de conteúdo e sequência para a condução de um estudo de caso pode ser vista na Figura 6.2, estabelecida com base nos trabalhos de FORZA (2002), CROOM (2005) e SOUSA (2005). Na sequência da figura, cada uma das etapas é apresentada com mais detalhes.

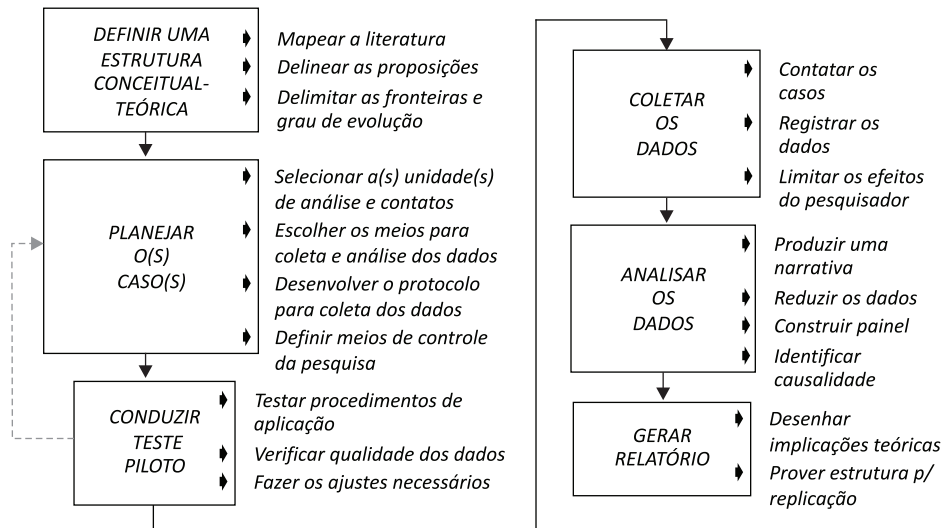


Figura 6.2 – Condução do estudo de caso.

6.3.1. Definição de uma estrutura conceitual teórica

Como destacado no Capítulo 2, deve-se primeiramente definir um referencial conceitual teórico para o trabalho, de forma a fazer um mapeamento da literatura sobre o assunto. Esse mapeamento localiza o tópico de pesquisa no contexto da literatura disponível sobre o tema (Croom, 2005). O mapa indica a abrangência da literatura demonstrando como o tópico em estudo é influenciado pelas fontes bibliográficas existentes. Uma outra função importante nesse mapa é a identificação de trabalhos de cunho teórico e de caráter empírico. Os trabalhos de caráter empírico podem, inclusive, auxiliar os pesquisadores nas suas escolhas. Além disso, a partir da busca e organização bibliográfica¹ é possível identificar lacunas onde a pesquisa pode ser justificada (em termos de relevância), bem como possibilita extrair os constructos que podem ser definidos como os elementos extraídos

¹ A busca bibliográfica é entendida aqui como um meio de extrair as fontes e trabalhos relevantes para a pesquisa. Geralmente, é feita por meio de busca estruturada por palavras-chave via eletrônica, como, por exemplo, no Portal de Periódicos da Capes (www.capes.gov.br). A organização bibliográfica compreende o registro das fontes individuais, por meio de fichamento e também registros do conjunto de fontes em planilhas. Um exemplo de ficha para registro é mostrado no Anexo 1 e um registro geral de fontes (artigos em periódicos) é mostrado no Anexo 2.

da literatura e que representam um conceito a ser verificado, nesse caso, empiricamente. A partir desses constructos, as proposições podem ser estabelecidas. As proposições podem ser definidas como uma expressão (construída a partir dos constructos extraídos da literatura) do que realmente será verificado (ou “testado”), ou seja, é a representação do constructo para fins de mensuração. O referencial teórico também serve para delimitar as fronteiras do que será investigado, proporcionar o suporte teórico para a pesquisa (fundamentos) e também explicitar o grau de evolução (estado-da-arte) sobre o tema estudado, além de ser um indicativo da familiaridade e conhecimento do pesquisador sobre o assunto. Um trabalho interessante em termos de revisão e classificação da literatura em gestão da cadeia de suprimentos pode ser visto em Croom *et al.* (2000). Nesse trabalho é possível verificar uma proposta de classificação da literatura e sua taxonomia resultando em uma matriz que considera diferentes níveis de análise. No final, o trabalho apresenta algumas implicações para o desenvolvimento da teoria em gestão da cadeia de suprimentos, com base na análise bibliográfica realizada.

6.3.2. Planejamento do estudo de caso

Uma das primeiras tarefas no planejamento de um estudo de caso é a escolha do(s) caso(s) (número e tipo). Uma primeira decisão prende-se com a escolha entre casos do tipo retrospectivo ou longitudinal. Um estudo de caso retrospectivo investiga o passado, coletando dados históricos. Em função da natureza histórica, é mais difícil determinar relações de causa e efeito (um dos resultados frequentemente desejáveis em um estudo de caso); os participantes podem não recordar precisamente os eventos estudados e a análise documental não reflete necessariamente o que realmente ocorreu (SOUSA, 2005). Um estudo de caso longitudinal investiga o presente, de certa forma superando as limitações do estudo de caso retrospectivo. No entanto, pode trazer limitações de acesso aos dados e informações, pode ter grande consumo de tempo e não ser conduzido necessariamente em tempo real (SOUSA, 2005), ou seja, de certa forma apresenta certa retrospectividade. O quanto longitudinal deve ser o estudo de caso vai depender dos objetivos (questões, proposições, hipóteses etc.) da pesquisa, como, por exemplo, se o pesquisador pretende descrever a mudança ocorrida em um processo de implantação de dada prática organizacional cujos resultados não sejam imediatos, ou seja, carecem de tempo e de maturidade para ser avaliados. Para algumas pesquisas sobre a análise de eficácia da implementação de um sistema de produção *just-in-time*, por exemplo, pode ser necessária uma análise temporal mais extensa, podendo resultar em uma análise de meses ou anos atrás até o presente. Um exemplo de estudo de caso longitudinal com características semelhantes às apontadas pode ser encontrado em Javanthi e Sinha (1998).

Num segundo momento, deve ser determinada a quantidade de casos, único ou múltiplos casos, resultando em vantagens e dificuldades em cada um deles. A utilização

de um caso único tem a vantagem de permitir um maior aprofundamento e maior riqueza na coleta de dados. Porém, existe uma limitação no grau de generalização (também denominada validade externa) na adoção de caso único, uma vez que existe o risco de um julgamento inadequado em função de ser um fenômeno (ou evento) único. Situações em que a estratégia de caso único é usada incluem estudos exploratórios, estudos longitudinais (que demandam profundidade e tempo) e casos únicos reveladores (por exemplo, o estudo de um fenômeno novo e raro – ao descobrir-se um “porco falante”, ninguém questionará a importância de o estudar, ainda que o estudo se resuma a um exemplar único (SIGGELOW, 2007)). Na adoção de múltiplos casos pode-se alcançar maior grau de generalização dos resultados, porém consegue-se uma profundidade menor na avaliação de cada um dos casos, além de consumir muito mais recursos (YIN, 2001; SOUSA, 2005).

Finalmente, há que tomar uma decisão crítica no método de caso: a escolha dos casos em concreto a estudar (amostra). Enquanto na pesquisa por *survey* pretende-se que a amostra seja aleatória e representativa de uma população (amostragem estatística), na pesquisa de caso pretende-se precisamente o contrário: cada caso deve ser escolhido por exibir certas características desejáveis, idealmente, com justificação teórica adequada (amostragem teórica) (EISENHARDT, 1989). Deste modo, enquanto que na pesquisa de *survey* se procura a generalização estatística (de uma amostra para uma população), na pesquisa de caso para construção de teoria pretende-se a generalização analítica (ou teórica) (generalização dos casos para uma teoria de mais alto nível que se abstrai das especificidades dos casos).

Na pesquisa de caso podem ser adotadas várias estratégias de seleção, conforme os objetivos da mesma. Por exemplo, se existe um caso “revelador” então a escolha justifica-se desse modo, podendo mesmo ser estudado apenas esse caso. Outra estratégia frequentemente usada é selecionar casos altamente contrastantes. Por exemplo, selecionar organizações que apresentam bom desempenho num certo parâmetro de interesse (e.g., *lead time*) e outras que apresentam mau desempenho nesse parâmetro, tentando que sejam semelhantes em demais dimensões relevantes (controles da pesquisa).

Quando a pesquisa é de construção da teoria, a escolha da amostra segue frequentemente a lógica da replicação, que concretiza o conceito de amostragem teórica. Segundo esta lógica, devemos escolher casos que permitam: i) a replicação teórica: escolha de casos que se espera produzam resultados opostos, mas por razões previsíveis; ii) replicação literal: escolha de casos nos quais se espera que se verifique a replicação da teoria emergente da mesma forma. Um bom exemplo da lógica de replicação pode ser encontrado em Sousa e Voss (2001) que estudam o feito de diferentes estratégias competitivas no uso de práticas de gestão da qualidade. A amostra utilizada compreende cinco casos de uma mesma indústria: dois casos de organizações competindo com base no custo (C1, C2); dois casos de organizações competindo com base na diferenciação (D1, D2); e um caso de transição entre os dois extremos. A comparação entre os pares (C1, C2) e (D1, D2) permite avaliar a replicação teórica (i.e., se o uso de práticas de qualidade difere entre os

pares e se essas diferenças são explicadas pelas diferenças entre as estratégias competitivas das organizações), enquanto que as comparações C1-C2 e D1-D2 permitem avaliar a replicação literal (i.e., se o uso de práticas de qualidade é semelhante em organizações semelhantes). Como regra geral, em estudos de construção de teoria, uma quantidade de quatro a dez casos pode ser suficiente, por usualmente permitir a lógica de replicação teórica e literal (EISENHARDT, 1989).

6.3.3. Instrumentos e métodos para coleta de dados

A partir da seleção dos casos, deve-se determinar os instrumentos e métodos para a coleta dos dados. Nesse sentido, devem ser empregadas múltiplas fontes de evidência. Usualmente, consideram-se entrevistas (estruturadas, semiestruturadas ou não estruturadas), análise documental, observações e, embora de forma restrita, pode incluir levantamento do tipo *survey*. Um exemplo de roteiro de entrevista pode ser visto no Anexo 3. Quando for pertinente, visitas ao chão de fábrica também são importantes no sentido de verificar, *in loco* e/ou *in modus operandis*, o fenômeno estudado. No entanto, tais visitas devem ser feitas com um “olho clínico” e lastreadas em um protocolo (ou roteiro) e, conseqüentemente, na literatura. Eisenhardt (1989) expõe que o uso de múltiplas fontes de dados e a iteração com os constructos desenvolvidos a partir da literatura possibilitam que o pesquisador alcance maior validade construtiva da pesquisa. A validade construtiva consiste na extensão pela qual uma observação mede o conceito que se pretende medir (CROOM, 2005). Além disso, o uso de diversas fontes de evidência permite a utilização da técnica de triangulação, que compreende uma iteração entre as diversas fontes de evidência para sustentar os constructos, proposições ou hipóteses, visando analisar a convergência (ou divergência) das fontes de evidência. Cabe ainda destacar que as entrevistas devem considerar diferentes indivíduos, em uma perspectiva diversificada em termos de áreas funcionais, níveis hierárquicos ou quaisquer outras características importantes (como, por exemplo, o grau de escolaridade ou o sexo). No entanto, essa “diversificação” deve ser compatível com o que se pretende medir, ou seja, com o nível hierárquico das unidades de análise. Em um exemplo simplificado, se o foco do trabalho é em estratégia corporativa, ouvir o nível de operação provavelmente não seria útil ao trabalho, a não ser que um dos objetivos deste fosse investigar o desdobramento das estratégias em planos de ação.

Uma vez escolhidas as técnicas para a coleta de dados, um protocolo deve ser desenvolvido. Este não deve se resumir somente a um roteiro de entrevistas. Além do conjunto de questões a serem usadas, um protocolo deve conter procedimentos e regras gerais da pesquisa para sua condução, assim como a indicação da origem das fontes de informação (tipo de fontes, indivíduos, locais etc.). Como pode ser visto, um protocolo é mais do que um mero questionário de pesquisa, mas um instrumento que melhora a confiabilidade e a validade na condução de um estudo de caso. Basicamente, um protocolo

deve considerar como partes relevantes (SOUSA, 2005): enumeração das áreas a abordar na coleta dos dados, indicação de possíveis fontes de informação sobre cada uma dessas áreas (pessoas, documentos, observação direta), possíveis questões a colocar para cada área e a descrição dos procedimentos operacionais de coleta dos dados. Um exemplo de parte de um protocolo de pesquisa (SOUSA, 2000) pode ser visto no Anexo 4.

Embora não seja uma prática comum em estudo de caso, é sempre importante a condução de um teste-piloto pelo pesquisador, antes de partir para a coleta de dados. O objetivo desse teste é verificar os procedimentos de aplicação com base no protocolo, visando seu aprimoramento. A partir dessa aplicação, tem-se também condições de verificar a qualidade dos dados obtidos, visando identificar se eles estão associados aos constructos e, conseqüentemente, se contribuem para o atendimento aos objetivos da pesquisa. A partir do teste fazem-se as correções e ajustes necessários.

6.3.4. Coleta dos dados

Após a realização do teste-piloto e eventuais correções e melhorias no protocolo de pesquisa, a etapa seguinte é a coleta de dados. Primeiramente, os casos devem ser contatados considerando os principais informantes que estão cientes da pesquisa. Um contato inicial deve ser um executivo sênior, que não somente tenha condições de autorizar a condução da coleta de dados da pesquisa, que indique quais são os informantes ou respondentes principais que devem ser entrevistados, mas também seja capaz de “abrir as portas”, permitindo acesso e resolver impasses, caso ocorram. Para ter acesso à organização, os contatos pessoais do pesquisador são extremamente úteis, bem como ex-alunos, associações de classe, entre outros. Deve ficar claro também que a condução da pesquisa deve trazer benefícios mútuos. Esses contatos iniciais devem ser feitos com a devida antecedência. De qualquer modo, é importante que os informantes tenham clareza do objetivo e importância da pesquisa, e o pesquisador assuma o caráter de confidencialidade dos dados coletados. Porém, antes de sair a campo, é necessário ter uma estimativa mais clara do tempo a ser despendido e dos recursos a serem consumidos. Portanto, esses indicadores devem ser estimados.

Após feitos os contatos, os dados devem ser coletados utilizando os instrumentos definidos no planejamento. As habilidades de entrevistas devem ser consideradas a partir dos seguintes fatores (YIN, 2001): ter capacidade de fazer questões adequadas aos objetivos do trabalho e interpretar as respostas; ser um bom ouvinte e não trazer nenhum tipo de preconceito; estar muito bem embasado (teoricamente) no tema que está sendo investigado; ser receptivo e sensível a evidências contraditórias; ser adaptável e flexível às situações novas e/ou não previstas e vê-las como oportunidades e não como ameaças.

Quanto ao registro dos dados, existem várias formas de fazê-lo. Os registros em gravador trazem uma série de vantagens no sentido da melhoria da precisão na análise posterior. Porém, o uso de gravador pode ser “intrusivo” no sentido de inibir o

entrevistado, além de a transcrição ser dispendiosa em termos de tempo. Mesmo com essas limitações, é extremamente recomendável sua utilização. Se o uso de gravador não for uma opção viável, é importante o registro em papel no momento da entrevista e, posteriormente, desenvolver a transcrição das anotações e os registros mais completos das entrevistas. As anotações de campo são extremamente relevantes. Impressões, descrições do que está ocorrendo e observações devem ser levadas em consideração. Preferencialmente, esses registros devem ser feitos no momento em que os eventos ocorrem. Se isso não for possível, deve ser feito o registro tão logo quanto possível sob pena de perda de informações importantes. A sequência dos eventos deve ser planejada (no protocolo) sempre considerando um período de tempo estimado, como anteriormente citado. O pesquisador também deve buscar convergência e divergência no conjunto de dados e, sempre que necessário, buscar esclarecimento sobre as situações. Se alguma fonte de evidência não foi planejada e é importante, ela deve ser considerada na coleta dos dados.

Finalmente, deve-se tentar limitar os efeitos do próprio pesquisador, que deve sempre ter em mente que é um elemento estranho no contexto analisado. Em termos de efeitos do pesquisador no caso, ele pode influenciar os respondentes (SOUSA, 2005). O inverso também é verdadeiro, ou seja, o caso pode influenciar o pesquisador porque pode ser induzido pela ingenuidade, ter tendência de sempre concordar com a situação e fazer inferências não decorrentes necessariamente das evidências apresentadas.

A coleta de dados deve ser dada como concluída quando se atingir a “saturação teórica”, ou seja, quando a coleta de dados adicionais não acrescenta nova informação relevante e se considera que os dados são suficientes para endereçar a questão da pesquisa. Obviamente, outros aspectos devem ser considerados, como a premência de tempo em função do término de prazos. Porém, este último aspecto não pode influenciar negativamente o rigor metodológico.

6.3.5. Análise dos dados

A definição dos meios para a análise dos dados é, geralmente, negligenciada na condução de estudo de caso. A análise deve ser previamente planejada e explícita no trabalho.

A partir do conjunto de dados coletados, considerando as múltiplas fontes de evidência, o pesquisador deve produzir uma espécie de narrativa geral do caso. Isso não implica que tudo o que foi coletado deverá ser incluído no relatório da pesquisa (seja dissertação, tese ou artigo científico). Geralmente, será necessário fazer uma redução dos dados (*data reduction*) de tal forma que seja incluído na análise somente aquilo que é essencial e que tem estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa. Se houve gravação das entrevistas, elas devem ser transcritas, resultando em dados brutos, e o mais rapidamente possível para que os detalhes de memória (por exemplo, reações) não se percam. O mesmo vale para as anotações em papel, que devem ser colocadas em um ou

mais arquivos eletrônicos. As anotações e gravações devem ser estruturadas conforme o protocolo de pesquisa. Dados secundários também devem ser utilizados, como aqueles relacionados à caracterização do objeto de análise (por exemplo, uma empresa). Essa é uma outra espécie de transcrição. Outras anotações e impressões, bem como ideias surgidas durante a coleta, e *insights* também devem ser considerados. Um mecanismo importante para a melhoria da precisão das narrativas, especialmente se não foram gravadas, é o envio do texto para os informantes fazerem uma revisão.

No entanto, somente a transcrição e a montagem de uma narrativa considerando todas as fontes de evidências não são suficientes para uma análise adequada dos dados. Assim, algumas práticas podem ser utilizadas, como a codificação, que é o primeiro passo para a redução dos dados (SOUSA, 2005). A ideia é marcar as partes da narrativa (palavras, frases ou mesmo parágrafos) com um código que represente categorias previamente definidas. Essas categorias devem corresponder a propriedades teóricas, desdobradas em dimensões associadas à pesquisa. Os códigos são blocos cujo objetivo é resgatar os dados das narrativas e transcrições de forma a associá-los ao que se pretende investigar, seja no âmbito da questão da pesquisa ou dos constructos desenvolvidos a partir da literatura. É importante mencionar que os códigos não respondem à questão da pesquisa, mas são fios condutores para tal, a partir da análise dos dados, descrita a seguir. A Tabela 6.1 ilustra um exemplo do significado de códigos em uma pesquisa sobre gestão da qualidade. Sempre que uma parte do texto estiver relacionada a um dos códigos (obviamente com a informação que se pretende verificar), essa parte é assinada e colocada em código.

Tabela 6.1 – Códigos Associados ao Controle da Pesquisa (SOUSA, 2000)

Código	Informação sobre
DRIVE	Direcionador para adoção de uma prática específica de gestão da qualidade
QAWARE	Conscientização da organização sobre as práticas de gestão da qualidade
QCULTURE	Extensão pela qual a cultura de qualidade faz parte da organização
QEXTIND	Indicadores externos de maturidade da qualidade
QHISTORY	Histórico de adoção de práticas de gestão da qualidade na planta

A base da análise é a descrição detalhada do caso, pois já nesse estágio possibilita identificar dados e informações relevantes para a pesquisa e os *insights*. A seguir, uma espécie de painel (*display*) demonstrativo de todo o conjunto dos dados deve ser construído. Esse painel é uma representação visual do conjunto de informações para permitir uma visão geral dos dados, e ao mesmo tempo detalhada, que permitirá extrair conclusões válidas a partir desses dados. A ideia geral é tornar-se bastante familiar com o conjunto de dados de trabalho de pesquisa relacionado a modularidade. A Figura 6.3 ilustra um exemplo hipotético de um painel com os dados de trabalho de pesquisa relacionado à modularidade.

Elemento conceitual Fonte de Evidência	Modularidade de produto (projeto)	Modularidade de produção	Fornecimento dos módulos	
Entrevista (13/04/09)	Os módulos são divididos em M1- Posto do Motorista; M2 – Eixo Dianteiro; M3 – Módulo de Transporte; M4 – Eixo Traseiro e 3ª Eixo; M5 – Trem de força	A montadora realizou uma concorrência para selecionar o fornecedor o projeto do painel de instrumentos (eng. de processos – gerente da linha de montagem 1)	Alguns fornecedores entregam módulos montados como bancos e rodas com os pneus já instalados e calibrados (Pirelli)	
Entrevista (07/05/09)	“O que define o módulo é ter uma interface comum ...” (eng. de produto; gerente de plataforma) INT	Para facilitar a montagem da carroceria do caminhão eles são montados de ponta-cabeça (...) são duas linhas em paralelo uma que monta a carroceria e outra que depois vira a carroceria na sua posição normal conclui a montagem do caminhão (encaixa a cabine, bancos etc.). A porta é montada na cabine e seus componentes instalados nela, sem retirar da cabine, pois não tem espaço para uma submontagem das portas fora da cabine	A empresa tinha um projeto para que o painel de instrumentos fosse montado pelo fornecedor, mas não deu certo, pois os subfornecedores de componentes do painel cobrariam um valor maior das peças do que o valor que eles vendem para a empresa	
Relatórios (rel. de fornecedores qualificados)			Os fornecedores de subconjuntos são responsáveis pela qualidade dos produtos que eles compram de outros fornecedores (fornecedor de 2ª nível)	TFOR
Análise Documental Atas	Não disponibilizadas (sem acesso)	Não disponibilizadas	Não disponibilizadas	
Visita a planta (07/05/09)			Painel de instrumentos: entregue desmontado, mas com todos os componentes entregues pelo fornecedor; é montado sem a direção e instalado o conjunto no caminhão	CQ (MONT)
CQ – controle da qualidade	Controle módulos: empresa (MONT) ou fornecedor (FOR)			
TFOR -	Transferência de responsabilidade para o fornecedor			
INT – interfaces	Padronização de interfaces			

Figura 6.3 – Exemplo ilustrativo de painel dos dados coletados

Em suma, o painel com os dados, ilustrado na Figura 6.3, apresenta um resumo das evidências. Se múltiplos casos são empregados, deve-se construir um painel para cada caso para, em seguida, fazer uma análise cruzada dos casos, identificando convergência e divergência entre as fontes de evidências. Estes painéis permitem identificar mais facilmente padrões e mostrar o relacionamento entre as variáveis de pesquisa. Assim, num primeiro momento, uma explicação mais geral pode ser elaborada, seguida de uma análise mais detalhada e consistente, no sentido de explicar as evidências que podem ser generalizáveis. Essa cadeia de evidências é o que pode levar às conclusões lógicas embasadas nas diversas fontes de dados convergentes. Em paralelo, as conclusões são comparadas com a teoria na tentativa de responder à questão: a teoria pode explicar o fenômeno estudado nos contextos diferentes? A partir do entendimento do fenômeno, o pesquisador pode verificar a literatura existente para apoiar as evidências, empreendendo tentativas de enquadrar os resultados na literatura. A síntese das etapas anteriores em conjunto com os resultados e a resposta à questão anterior, por meio das conclusões, são feitas no relatório da pesquisa, descrito a seguir.

6.3.6. Geração do relatório da pesquisa

Todo o conjunto de atividades das etapas anteriores deve ser sintetizado em um relatório da pesquisa. Esse relatório é o gerador da monografia (tese ou dissertação) e de artigos (para congressos ou periódicos). Sempre deve ser considerado que os resultados devem estar estreitamente relacionados à teoria, tomando o cuidado para não ajustar a teoria aos resultados e evidências, mas o inverso, ou seja, os resultados e as evidências é que devem ser associados à teoria existente.

O estudo de caso deve estar pautado na confiabilidade e validade, que são critérios para julgar a qualidade da pesquisa. A confiabilidade visa demonstrar que as operações de um estudo (como, por exemplo, os procedimentos para a coleta dos dados) podem ser repetidas, apresentando os mesmos resultados (YIN, 2001). A validade pode ser subdividida nos diversos tipos mostrados na Tabela 6.2. Esses são os tipos de validade que devem ser levados em consideração não somente no estudo de caso, mas também em outros tipos de abordagens metodológicas. Por sua vez, a Tabela 6.3 mostra alguns tipos de validade e de confiabilidade em relação à etapa da pesquisa (Figura 6.2).

Tabela 6.2 – Tipos de Validade

Validade	Definição
Interna	Compreende o nível de confiança em relação à causa e ao efeito entre as variáveis. Um exemplo é a constatação de as conclusões serem resultados das evidências
Externa	Significa o grau de generalização das conclusões da pesquisa, ou seja, a verificação de quão aplicável são os resultados para outros objetos de análise
Do constructo	Consiste na extensão pela qual uma observação mede o conceito que se pretende medir por meio do estabelecimento das medidas operacionais corretas em relação a esse conceito
Descritiva	É expressa pelo grau pelo qual o relatório da pesquisa é exato, ou seja, representa a situação pesquisada
Interpretativa	Compreende a extensão pela qual a interpretação dada representa o que está sendo estudado, particularmente no caso na pesquisa empírica
Teórica	Consiste no grau pelo qual os dados estão de acordo com a teoria postulada, ou seja, trata-se da constatação de que a explanação teórica do pesquisador é coerente com os dados apresentados

Construída a partir das definições de Yin (2001) e Croom (2005).

Tabela 6.3 – Validade, Confiabilidade e Etapa da Pesquisa (YIN, 2001)

Teste	Atividade Operacional	Etapa da Pesquisa
Validade do constructo	Uso de múltiplas fontes de evidência	Coleta dos dados
	Estabelecer um encadeamento de evidências	Análise dos dados
	Revisão do relatório pelos respondentes	
Validade interna	Desenvolver padrão de convergência e de construção da explanação/narrativa Fazer análise de séries temporais	Análise dos dados
Validade externa	Usar a lógica de replicação em múltiplos estudos de caso	Planejamento da pesquisa (casos)
Confiabilidade	Usar protocolo de pesquisa no estudo de caso Desenvolver base de dados para o estudo de caso	Coleta de dados

Uma contribuição importante para o entendimento do estudo de caso em relação a outras abordagens metodológicas é mostrada na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Métodos, Requisitos e Características Principais (CORRÊA, 1992)

Requisitos/Características	Experimento	Survey	Estudo de Caso	Pesquisa-ação
Presença do pesquisador na coleta de dados	Possível	Não usual Difícil	Usual	Usual
Tamanho pequeno da amostra	Possível	Não usual	Usual	Usual
Variáveis difíceis de quantificar	Possível	Possível	Possível	Possível
Mensurações perceptivas	Possível	Possível	Possível	Possível
Os constructos não são predefinidos	Não usual	Difícil	Adequado	Possível
A causalidade é central na análise	Adequado	Possível	Adequado	Possível
Necessita construir teoria – responder a questões do tipo “como”	Possível	Difícil	Adequado	Possível
Necessita de entendimento profundo do processo de decisão	Difícil	Difícil	Adequado	Possível
Participação não ativa do pesquisador	Possível	Possível	Possível	Impossível
Falta de controle sobre as variáveis	Difícil	Possível	Possível	Possível

Como pode ser visto na Tabela 6.4, cada um dos tipos de pesquisa apresenta requisitos diferenciados, sendo que o estudo de caso combina algumas características interessantes para a condução de um trabalho de pesquisa e que, talvez por essa razão, seja relativamente bem difundido na engenharia de produção.

Na sequência, o presente capítulo apresenta algumas recomendações para o planejamento e a condução do estudo de caso levando em consideração as macroetapas definidas na Figura 6.2.

6.4. Recomendações para o estudo de caso

A partir das discussões anteriores, sugere-se uma série de recomendações para o planejamento e condução de um estudo de caso, reproduzindo o conteúdo publicado em Cauchick Miguel (2007). Cabe destacar que as seguintes recomendações são de natureza diversa, no sentido de que podem afetar as diversas fases propostas para o estudo de caso:

- A construção do referencial teórico deve estar estritamente relacionada ao conteúdo do estudo de caso, ou seja, deve identificar as lacunas da pesquisa e prover, quase naturalmente, as questões e objetivos que o trabalho de pesquisa pretende endereçar com a condução do caso. Nesse sentido, existe a necessidade de definição de questões norteadoras da pesquisa (advindas das lacunas identificadas na literatura) e suas conseqüentes formas de mensurá-las (proposições, hipóteses etc.), bem como no sentido de estarem relacionadas à necessidade e às decisões de conduzir um estudo de caso. Também devem ser considerados as premissas e os pressupostos do caso e os mecanismos de interatividade.

- A definição do tipo de caso (por exemplo, exploratório ou explanatório), em termos de nível de aprofundamento, é um dos primeiros critérios a serem levados em consideração. A utilização relativamente extensiva de casos exploratórios deve considerar que o nível de exploração deve ocorrer quando a teoria não se encontra bem formulada ou é uma teoria emergente. A não familiaridade do pesquisador com o tema e, conseqüentemente, o enquadramento como exploratório é, no mínimo, questionável sob o ponto de vista metodológico. Isto é, esse argumento (de classificar como exploratório porque o pesquisador não conhece o assunto) é extensivamente utilizado na área de ciências sociais, mas inadequado sob o ponto de vista metodológico.
- Deve estar bem definida a seleção do caso a ser investigado, utilizando-se critérios robustos que efetivamente justifiquem a escolha feita. Por exemplo, somente a facilidade de acesso ao caso/dados é condição necessária mas não suficiente para essa escolha. Os critérios de escolha devem ser, sempre que possível, explícitos.
- O planejamento do estudo de caso deve ser delineado com cuidado, considerando, além dos aspectos operacionais destacados a seguir, os diversos tipos de validade que ameaçam a caracterização do trabalho de uma pesquisa de cunho científico. Além de prever os tipos de validade a que o estudo de caso está sujeito, a descrição do caso deve conter uma análise crítica da qualidade resultante da pesquisa em termos desses diferentes tipos. Infelizmente, essa é uma das maiores negligências na condução de estudo de caso.
- Uma infinidade de fatores deve ser considerada na operacionalização do estudo de caso. Cabe destacar, primeiramente, a necessidade do uso de múltiplas fontes de evidências e do uso dessas fontes na análise dos dados. Primeiramente, em termos da coleta dos dados, existe a necessidade de uma definição clara de um protocolo de pesquisa. É importante reafirmar que esse protocolo não deve ser limitado somente ao roteiro de entrevistas. O protocolo deve incluir um guia para a condução do caso, definição clara das unidades de análise, como os dados serão coletados e com quem, *check lists*, itens de controle para a pesquisa etc. Se a técnica de entrevista é empregada (como ocorre na maioria das vezes), o preparo do entrevistador e sua imparcialidade são aspectos fundamentais para o êxito na coleta dos dados que, como já citado, não deve se limitar somente a essa fonte de evidência (entrevista).
- Não somente como a coleta de dados deve ser apresentada, mas também como os dados coletados serão analisados, estabelecendo meios apropriados como identificação de padrões nos dados, convergência e divergência, cruzamento de informações (particularmente no uso de múltiplos casos), entre outros. A análise dos dados deve ser suficientemente robusta para possibilitar uma ligação eficaz com a teoria vigente levando a sólidas conclusões.

- Considerando as observações anteriores, o caso deve ser robusto o suficiente para que permita extrair conclusões. Estas devem ser sustentadas com base nas evidências coletadas e na análise dos dados, cujo objetivo final é a contribuição à teoria. O objetivo maior da condução de um estudo de caso é a contribuição para a teoria vigente, seja no sentido da proposição de nova teoria, extensão da teoria existente ou de seu refinamento. Não tem sentido a condução do caso *per se*. O vínculo com a teoria pode ser obtido considerando as recomendações anteriores. Deve-se também considerar que a abordagem de estudo de caso é limitada em relação a teste de teoria.

Com essas recomendações espera-se, portanto, que a sua observação contribua para colocar o estudo de caso – uma abordagem extremamente relevante na engenharia de produção e gestão de operações no país – em um patamar metodologicamente mais elevado, em condições de equiparar-se ao nível internacional.

6.5. A publicação de pesquisa baseada no método de caso

Atualmente, publicar em periódicos científicos de referência é um dos parâmetros importantes na avaliação do desempenho dos acadêmicos. A publicação de investigação baseada em casos tem as suas particularidades. Em primeiro lugar, é um desafio passar de uma quantidade grande de dados ricos para uma versão comprimida na forma de um artigo, sem deixar de demonstrar a validade e relevância dos resultados. Devem-se evitar, sempre que possível, longas narrativas, optando ao invés pelo uso de modelos, quadros e figuras que resumiam os dados. A riqueza dos dados não deve ser perdida; no entanto, ela deve ser incluída parcimoniosamente. Uma das formas de atingir este objetivo é incluir no artigo citações vívidas de entrevistas, não para demonstrar um resultado, mas para ilustrá-lo. A escrita é também mais elaborada, pois, em parte, deve ajudar o leitor a chegar aos resultados da pesquisa, convencendo-o da validade da mesma. Ao contrário da pesquisa baseada em análises quantitativas – onde o pesquisador pode recorrer a testes estatísticos para demonstrar os seus resultados e para a qual existe um formato e estrutura padrão de escrita – não existem receitas-padrão para a escrita de pesquisa baseada em casos.

Existem alguns avaliadores – provenientes de uma tradição de modelagem e métodos quantitativos de análise de dados – que tem falta de conhecimento sobre o método de caso.

Adicionalmente, o autor não deve assumir que todos os avaliadores do artigo estarão familiarizados com o método de caso. Existem alguns avaliadores – provenientes de uma tradição de modelização e métodos quantitativos de análise de dados – que tem falta de conhecimento sobre o método de caso. Daqui resultam muitas vezes críticas mal direcionadas, tais como a invocação de que a amostra é muito pequena e não representativa (resultando do não entendimento do conceito de amostragem teórica *vs.* amostragem estatística) e que, por isso, os resultados não podem ser generalizados (re-

sultando da falta de compreensão da natureza de construção de teoria que muitas vezes está presente neste tipo de pesquisa e do conceito de generalização teórica). A utilização das boas práticas anteriormente descritas evita estes problemas, mas há que, durante a fase da redação, referir-se diretamente a eles, antecipando mal-entendidos por parte de avaliadores menos conhecedores do método de caso. Adicionalmente, os autores devem estar ao corrente dos periódicos que são mais ou menos receptivos a este tipo de método. No panorama internacional, periódicos como o *Journal of Operations Management* ou o *International Journal of Production and Operations Management* são receptivos ao método de caso. Recentemente, tem-se assistido diversos periódicos não usualmente associados a esta abordagem metodológica publicarem editoriais proclamando explicitamente a sua receptividade ao método de caso (e.g., *Decision Sciences* e *Manufacturing and Service Operations Management*).

6.6. Considerações finais

Finalmente, considera-se que a comunidade da engenharia de produção necessita mobilizar esforços voltados ao estudo metodológico, particularmente quanto aos aspectos de qualidade no desenvolvimento de um estudo de caso, que é hoje uma das abordagens metodológicas mais adotadas, como demonstra os anais do Enegep e a *Gestão & Produção*. Espera-se que as recomendações anteriores, mais específicas ao estudo de caso, contribuam para esse esforço de melhoria contínua.

Referências

- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D. N. *Métodos de pesquisa na engenharia de produção*. Niterói: CD ROM do XVIII Enegep. 1998.
- _____; _____. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. *Produção*, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.
- CAUCHICK MIGUEL, P.A. *An investigation of qualitative research in an industrial engineering post graduate program*. Anais do XI Simpep (Simpósio de Engenharia de Produção) Bauru, 2004.
- _____. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- CORRÊA, H.L. *The links between uncertainty, variability of outputs and flexibility in manufacturing systems*. (Tese de Doutorado (Ph. D)). Warwick, 1992.
- CROOM, S. *Topic issues and methodological concerns for operations management research*. Eden Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management. Bruxelas, 2005.

- CROOM, S.R., ROMANO P.; GIANNAKIS, M. Supply chain management: a literature review and taxonomy. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, v. 6, n. 1, p. 67-83, 2000.
- EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- HILL, T.; NICHOLSON, A.; WESTBROOK, R. Closing the gap: a polemic on plant-based research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 19, n. 2, p. 139-156, 1999.
- JAYANTI, S.; SINHA, K. Innovation implementation in high technology manufacturing: a longitudinal field study. *Journal of Operations Management*, v. 16, n. 4, p. 471-494, 1998.
- LEONARD-BARTON, D. A dual methodology for case studies: synergistic use of longitudinal single site with replicated multiple sites. *Organization Science*, v. 1, n. 3, p. 248-266, 1990.
- LEWIS, M.W. Iterative triangulation; a theory development process using existing case studies. *Journal of Operations Management*, v. 16, p. 455-469, 1998.
- MCCUTCHEON, D.; MEREDITH, J. Conducting case study research in operations management. *Journal of Operations Management*, v. 11, p. 239-256, 1993.
- MEREDITH, J. Building operations management theory through case and field research. *Journal of Operations Management*, v. 16, p. 441-454, 1998.
- SIGGELKOW, N. Persuasion with case studies. *Academy of Management Journal*, v. 50, n. 1, p. 20-24, 2007.
- SOUSA, R. *Quality management practice: universal or context dependent? An empirical investigation*. Unpublished PhD Thesis. Londres: London Business School, 2000.
- _____. Linking quality management to manufacturing strategy: an empirical investigation of customer focus practices. *Journal of Operations Management*, v. 21, n. 1, p. 1-18, 2003.
- _____. Case research in operations management. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management. Bruxelas, 2005.
- _____; VOSS, C. Quality management: universal or context dependent? *Production and Operations Management*, v. 10, n. 4, p. 383-404, 2001.
- VAN DE VEM, A.; HUBER, G. Longitudinal field research methods for studying process of organizational change. *Organization Science*, v. 1, n. 3, p. 213-219, 1990.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.
- YIN, R.K. *Estudo de caso – planejamento e método*. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

Capítulo 7

Pesquisa-ação na Engenharia de Produção

João Batista Turrioni e Carlos Henrique Pereira Mello

Este capítulo apresenta a pesquisa-ação, que é um dos métodos qualitativos de abordagem de problemas, que cobre muitas formas de pesquisa orientada para a ação. Trata-se de um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. O capítulo detalha esse método de pesquisa, apresentando o processo cíclico de cinco passos: planejamento da pesquisa, coleta de dados, análise de dados, tomada de ação e avaliação da ação, levando para outro planejamento e, assim, sucessivamente. Por meio da observação participante, o pesquisador interfere no objeto de estudo de forma cooperativa com os participantes da ação para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

7.1. Introdução

A história da pesquisa-ação pode ser dividida em dois estágios (CARR, 2006). O primeiro estágio cobre o período entre 1920 e 1950. Durante esse período, Kurt Lewin publicou o que é considerado como um dos primeiros trabalhos sobre esse método de pesquisa, onde foi introduzido pela primeira vez o termo *pesquisa-ação* no meio científico. Lewin utilizou o termo pesquisa-ação para denotar uma abordagem pioneira da pesquisa social que combinava a geração de teoria com a mudança do sistema social através da ação do pesquisador nesse sistema. A ação, por si só, é apresentada na forma de mudança no sistema e de geração de conhecimento crítico sobre a mesma.

O segundo estágio da evolução histórica da pesquisa-ação se deu por volta da década de 1970, com o interesse por sua aplicação no contexto da pesquisa na área educacional no Reino Unido. Pode-se dizer que se tratava de uma versão aperfeiçoada daquela proposta por Lewin, por rejeitar o método de pesquisa positivista em favor de um método mais interpretativo, com foco na perspectiva dos participantes e dos atores sociais.

A pesquisa-ação é um termo genérico, que cobre muitas formas de pesquisa orientada para a ação e indica uma diversidade na teoria e na prática entre os pesquisadores usuários desse método, fornecendo amplo leque de opções para os potenciais pesquisadores para o que pode ser apropriado para suas questões de pesquisa (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002).

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2007).

Bryman (1989) acrescenta que a pesquisa-ação é uma abordagem da pesquisa social aplicada na qual o pesquisador e o cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e para a solução de um problema, por meio da qual as descobertas resultantes irão contribuir para a base de conhecimento em um domínio empírico particular.

Na pesquisa-ação, o termo *pesquisa* se refere à produção do conhecimento e o termo *ação* se refere a uma modificação intencional de dada realidade. A pesquisa-ação é a produção de conhecimento que guia a prática, com a modificação de uma dada realidade ocorrendo como parte do processo de pesquisa. Nesse método de pesquisa, o conhecimento é produzido e a realidade é modificada simultaneamente, cada um ocorrendo devido ao outro (OQUIST, 1978).

Entretanto, Thiollent (2007) ressalta que, para uma pesquisa ser qualificada como pesquisa-ação, é vital a implantação de uma ação por parte das pessoas ou grupos implicados no problema sob observação. Além disso, é necessário que a ação não seja trivial, o que quer dizer uma ação problemática, merecendo investigação para ser elaborada e conduzida. Na pesquisa-ação, os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas.

A configuração da pesquisa-ação depende dos seus objetivos e do contexto no qual é aplicada. Quanto a seus objetivos, a pesquisa-ação é organizada para realizar os objetivos práticos de um ator social dispondo de suficiente autonomia para encomendar e controlar a pesquisa. Os pesquisadores assumem os objetivos definidos e orientam a investigação em função dos meios disponíveis. Quanto ao contexto, a pesquisa-ação é realizada dentro de uma organização (empresa ou instituição) na qual existe hierarquia ou

grupos cujos relacionamentos apresentam problemas (THIOLLENT, 2007). Portanto, a pesquisa-ação é uma estratégia de pesquisa na engenharia de produção que visa produzir conhecimento e resolver um problema prático. A relação entre essas duas preocupações é variável, porém um equilíbrio entre as duas seria desejável. Esses dois objetivos podem ser definidos como:

- a) **objetivo técnico:** contribuir para o melhor equacionamento possível do problema considerado como central da pesquisa, com levantamento de soluções e proposta de ações correspondentes às soluções para auxiliar o agente na sua atividade transformadora da situação;
- b) **objetivo científico:** obter informações que seriam de difícil acesso por meio de outros procedimentos, de forma a aumentar a base de conhecimento de determinadas situações.

As principais características que definem a pesquisa-ação são (WESTBROOK, 1995; RIORDAN, 1995; COUGHLAN e COUGHLAN, 2002; BALLANTYNE, 2004; THIOLLENT, 2007):

- utilização de abordagem científica para estudar a resolução de importantes assuntos sociais ou organizacionais juntamente com aqueles que experimentam esses assuntos diretamente. A pesquisa-ação trabalha através de um processo cíclico de quatro passos: planejamento, tomada de ação e avaliação da ação, reflexão/aprendizagem, levando para outro planejamento, e assim por diante;
- membros do sistema que está sendo estudado participam ativamente e de forma cooperativa com os agentes de mudança (pesquisadores) no processo cíclico citado anteriormente;
- compreende ciclos iterativos de coleta de dados, realimentação desses dados para aqueles interessados, análise dos dados, planejamento das ações, tomada de ações e avaliação, levando para nova coleta de dados, e assim por diante. As saídas desejadas dessa estratégia de pesquisa não são apenas soluções para os problemas imediatos, mas importantes aprendizados dessas saídas, intencionais ou não, além de uma contribuição para a teoria e para o conhecimento científico;
- idealmente, espera-se que a condução da pesquisa se dê em tempo real, apesar de que uma pesquisa-ação retrospectiva seja aceitável.

Coughlan e Brannick (2008) consideram que a pesquisa-ação é apropriada quando a questão de pesquisa relaciona-se com descrever o desdobramento de uma série de ações ao longo do tempo em um dado grupo, comunidade ou organização; para explicar como e por que a ação de um membro de um grupo pode mudar ou melhorar o trabalho de alguns aspectos do sistema; e para entender o processo de mudança ou de melhoria para aprender com ele.

A pesquisa-ação pode ser classificada em três modalidades principais (ZUBER-SKERRITT e PERRY, 2002; TRIPP, 2005), como mostra a Tabela 7.1. Zuber-Skerritt e Perry (2002) consideram que apenas a pesquisa-ação emancipatória preenche todos os requisitos para esse método de pesquisa. Entretanto, Tripp (2005) afirma que os projetos de pesquisa-ação poucas vezes utilizam apenas uma dessas modalidades, mas passam de um para outro tipo de modalidade ao longo da pesquisa.

Tabela 7.1 – Modalidades da Pesquisa-ação e suas Principais Características

Tipo de pesquisa-ação	Objetivos	Papel do pesquisador	Relacionamento entre pesquisador e participantes
1. Técnica	<ul style="list-style-type: none"> Eficácia/eficiência da prática profissional Desenvolvimento profissional 	<ul style="list-style-type: none"> Especialista externo Toma uma prática existente de algum outro lugar e a implementa em sua própria esfera de prática para realizar uma melhora (age de forma mecânica) 	<ul style="list-style-type: none"> Co-opção (dos praticantes que dependem do pesquisador)
2. Prática	<ul style="list-style-type: none"> Compreensão dos praticantes Transformação da consciência dos praticantes Além dos objetivos do tipo 1 	<ul style="list-style-type: none"> Papel socrático, encorajando a participação e a autorreflexão Escolhe ou protege as mudanças feitas 	<ul style="list-style-type: none"> Cooperação (“consultoria” do processo)
3. Emancipatória	<ul style="list-style-type: none"> Emancipação dos participantes das regras de tradição, autodecepção e coerção Sua crítica da sistematização da burocracia Transformação da organização e seus sistemas Além dos objetivos dos tipos 1 e 2 	<ul style="list-style-type: none"> Moderador do processo (responsabilidade compartilhada igualmente com os participantes) 	<ul style="list-style-type: none"> Colaboração (comunicação sistemática)

Fonte: Adaptado de Tripp (2005); Zuber-Skerritt e Perry (2002).

7.2. Cientificidade da pesquisa-ação

Não é de hoje que o mérito científico da pesquisa-ação é questionado e julgado (SUSMAN e EVERED, 1978; OQUIST, 1978; CHECKLAND e HOLWELL, 1998). Contudo, existem diversas posições epistemológicas ou paradigmas de pesquisa científica, ou seja, estruturas conceituais gerais sob as quais os pesquisadores trabalham (DESHPANDE, 1983), como uma forma de observar o mundo por pressupostos que são compartilhados por uma comunidade de cientistas que investigam esse mundo.

Guba e Lincoln (1994) resumem os paradigmas científicos em quatro categorias: positivismo, realismo, teoria crítica e construtivismo. Cada um desses paradigmas é explicado a partir de três elementos: ontologia, epistemologia e metodologia. Healy e Perry (2000) definem ontologia como a natureza da realidade, epistemologia como a relação

entre a realidade e o pesquisador, e a metodologia como o procedimento técnico empregado pelo pesquisador para investigar a realidade.

Healy e Perry (2000) afirmam que não existe uma pesquisa científica livre desses paradigmas, ou seja, não existe um fundamento objetivo para se escolher a utilização de um desses paradigmas. Tudo o que um pesquisador pode fazer é trabalhar dentro de um paradigma que seja consistente com os seus pressupostos científicos, que geralmente não podem ser testados em qualquer fundamento empírico ou lógico. Daí vem um questionamento: qual desses paradigmas é mais consistente com o caráter científico da pesquisa-ação?

Thompson e Perry (2004) compararam esses quatro paradigmas. Um resumo dessa comparação é apresentado na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Quatro Categorias de Paradigmas Científicos e seus Elementos

Elemento	Positivismo	Teoria Crítica	Construtivismo	Realismo
Ontologia	Realidade é real e compreensível	Realidade “virtual” formada por valores sociais, econômicos, étnicos, políticos, culturais e de gênero	Realidades em locais múltiplos e construídas especificamente	Realidade é “real”, mas apenas imperfeitamente e probabilisticamente compreensível
Epistemologia	Descobertas verdadeiras	Descobertas mediadas pelos valores	Descobertas criadas	Descobertas provavelmente verdadeiras
Metodologias mais comuns	Experimentos, modelagem, simulação, <i>surveys</i> , verificação de hipóteses, principalmente os métodos quantitativos	Pesquisa-ação. Pesquisador como um “transformador intelectual” que altera o mundo social no qual os participantes vivem	Pesquisa-ação. Pesquisador é um “participante apaixonado” no mundo que está sendo investigado	Pesquisa-ação, estudos de caso, entrevistas convergentes: triangulação, interpretação de questões da investigação por métodos quantitativos e qualitativos, tal como a modelagem de equações estruturais

Fonte: Adaptada de Thompson e Perry (2004) e Healy e Perry (2000).

A pesquisa-ação se enquadra na proposta de classificação da Tabela 7.2 nos elementos de teoria crítica, construtivismo e realismo. Entretanto, segundo Thompson e Perry (2004), o realismo é o paradigma que mais se adequa à pesquisa-ação.

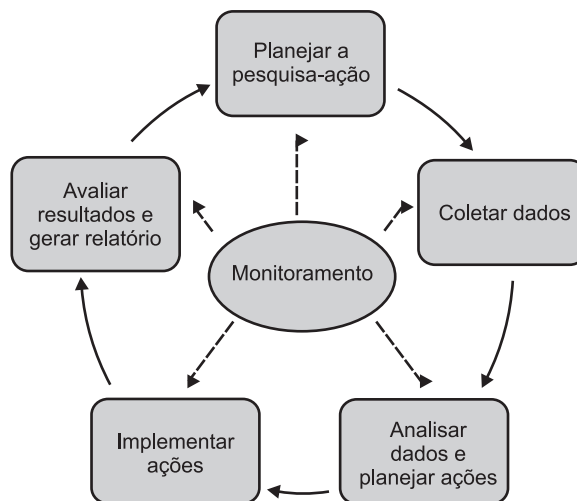
A ontologia do realismo considera que existe apenas um mundo “real” a ser descoberto, o qual é externo aos pensamentos do pesquisador. Contudo, esse mundo é apenas imperfeito e probabilisticamente compreensível, ao contrário do paradigma do positivismo. Ou seja, as descobertas (ou evidências) observadas são meros afloramentos de uma realidade mais profunda, observada e observável. Dessa forma, o realismo não busca estabelecer relações causais diretas, como o faz o positivismo; contudo, ele reconhece que um conjunto de respostas a respeito de tendências causais no mundo externo social pode ser desenvolvido a partir da pesquisa. Assim, os dados podem ser triangulados na busca

por refletir um quadro mais preciso da realidade externa, e entrevistas com especialistas nos campos de conhecimento da pesquisa podem contribuir para fornecer informações adicionais.

7.3. Estruturação da pesquisa-ação

A pesquisa-ação pode ser considerada uma variação do estudo de caso (WESTBROOK, 1995). Entretanto, enquanto nesta última o pesquisador é um observador que não interfere no objeto de estudo, na pesquisa-ação o pesquisador, utilizando a observação participante, interfere no objeto de estudo de forma cooperativa com os participantes da ação para resolver um problema e contribuir para a base do conhecimento.

A sequência para a condução da pesquisa-ação, baseada nos trabalhos de Westbrook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2007), pode ser vista na Figura 7.1. Cada ciclo do processo da pesquisa-ação acontece em cinco fases: planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório. O monitoramento é considerado uma metafase.



Fonte: Adaptada de Coughlan e Coughlan (2002).

Figura 7.1 – Estruturação para condução da pesquisa-ação.

A Figura 7.2 detalha todas as fases, etapas e atividades da estrutura para a condução da pesquisa-ação.

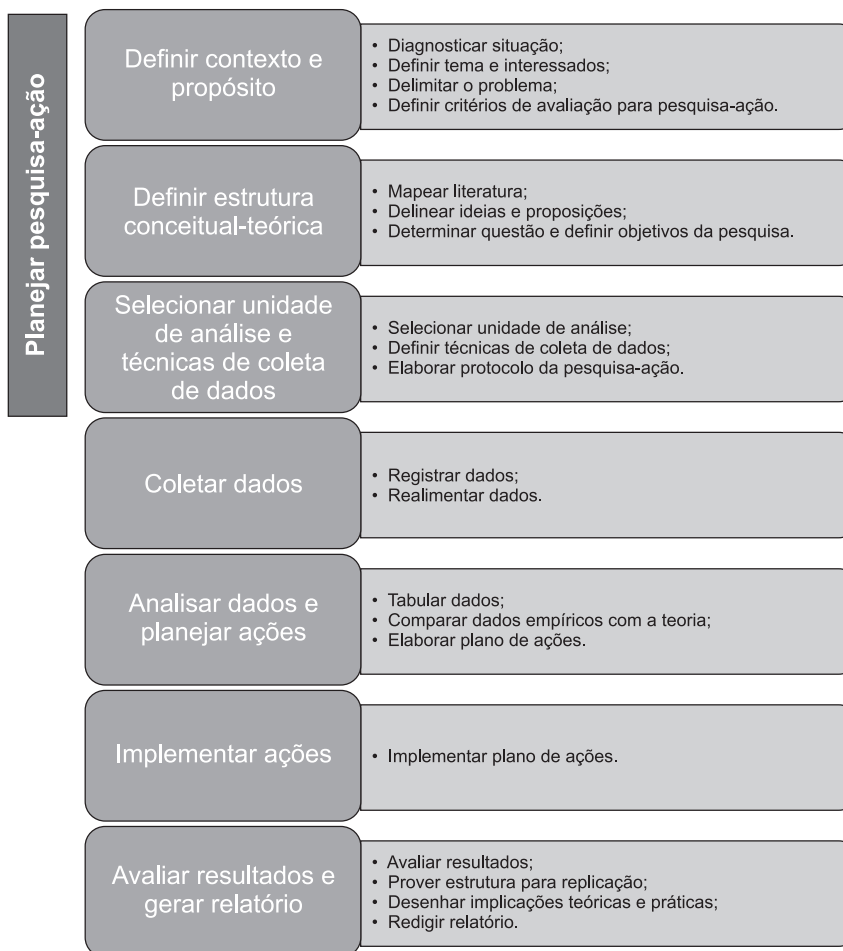


Figura 7.2 – Detalhamento das fases, etapas e atividades da estrutura proposta para pesquisa-ação quando iniciadas pelo pesquisador.

7.3.1. Planejar a pesquisa-ação

Em virtude das características específicas dessa estratégia de pesquisa, a estruturação da pesquisa-ação difere em grande parte daquelas sugeridas para o estudo de caso (VOSS, TSIKRIKTSIS, FROHLICH, 2002; YIN, 2005; MIGUEL, 2007).

Essa fase é composta por três etapas: definição do contexto e propósito da pesquisa, definição da estrutura conceitual-teórica e seleção da unidade de análise e técnicas de coletas de dados.

7.3.1.1. Definir contexto e propósito

Para Coughlan e Coughlan (2002), essa etapa é dirigida por duas questões relacionadas com a racionalidade para a ação e para a pesquisa.

A racionalidade para a ação começa quando a pesquisa-ação se desdobra em tempo real e começa com os membros-chave da organização desenvolvendo um entendimento do contexto do projeto da ação: por que o projeto é necessário ou desejável? Quais são os fatores econômicos, políticos, sociais e técnicos que determinam a necessidade para a ação? A análise dessas forças identifica sua fonte, sua potencialidade e a natureza da demanda que elas têm sobre o sistema.

A racionalidade para a pesquisa envolve o questionamento do porquê de essa ação ser digna de ser estudada, como a pesquisa-ação pode ser considerada a metodologia apropriada a ser adotada e qual a contribuição esperada para desenvolver o conhecimento.

Thiollent (2007) considera exploratória essa etapa, consistindo em descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas, e estabelecer um primeiro diagnóstico da situação, dos problemas prioritários e de eventuais ações. Após o levantamento de todas as informações iniciais, os pesquisadores e os participantes estabelecem os principais objetivos da pesquisa. Os objetivos dizem respeito aos problemas considerados como prioritários, ao campo de observação, aos atores e ao tipo de ação que serão focalizados no processo de investigação.

Nessa etapa também deve ser definido o tema da pesquisa. Thiollent (2007) afirma que o tema da pesquisa é a designação do problema técnico e da área de conhecimento a serem abordados. Ele deve ser definido de modo simples e sugerir os problemas e o enfoque que serão selecionados. Na pesquisa-ação, a concretização do tema e seu desdobramento em problemas a serem detalhadamente pesquisados são realizados a partir de um processo de discussão com os participantes. Quando um primeiro tema se revelar inviável a curto prazo, é bom delimitar um tema que esteja ao alcance dentro de um prazo razoável. Na pesquisa-ação, em geral, o tema é solicitado pelos atores da situação. Contudo, um acordo entre os participantes e entre os pesquisadores deve ser procurado.

Nessa fase inicial é necessário dar atenção especial à colocação dos problemas principais a partir dos quais a investigação será desencadeada. Trata-se de definir uma problemática na qual o tema escolhido adquira sentido. Essa problemática deve ser entendida como a forma como se pretende resolver os problemas dentro do campo científico e técnico. Na pesquisa científica, o problema ideal pode remeter à constatação de um fato real que não seja adequadamente explicado pelo conhecimento disponível. Na pesquisa-ação, os problemas colocados são inicialmente de ordem técnica. Trata-se de procurar soluções para se alcançar um objetivo ou realizar uma possível transformação dentro da situação observada (THIOLLENT, 2007).

O fechamento dessa etapa se dá com a definição da equipe de pesquisadores e integrantes da unidade de análise que participarão de modo cooperativo na condução da

pesquisa, coleta de dados e implementação das ações para a solução do problema prático identificado. Uma das primeiras tarefas dessa equipe é definir os critérios que serão utilizados para avaliar se as ações planejadas e implementadas tiveram sucesso após cada ciclo do processo de pesquisa. Para cada ciclo podem ser definidos critérios diferentes, qualitativos e/ou quantitativos. Porém, os critérios que irão medir se os objetivos técnicos e científicos da pesquisa foram alcançados mereceriam ser avaliados, quando possível, desde o primeiro ciclo da pesquisa.

7.3.1.2. Definir a estrutura conceitual-teórica

A revisão de literatura (também chamada de revisão bibliográfica, referencial teórico ou fundamentação teórica) é uma visão crítica da pesquisa existente que é significativa para o trabalho que o pesquisador está desenvolvendo. Miguel (2007) afirma que o referencial conceitual-teórico de um trabalho de pesquisa resulta em um mapeamento da literatura sobre o assunto. Creswell (2007: 55) define o mapa da literatura como um sumário visual da pesquisa conduzida por outras pessoas, sendo geralmente representado por uma figura. Em sua obra, esse autor descreve como organizar um mapa de literatura e discute algumas diretrizes gerais para a sua elaboração.

Rowley e Slack (2004) afirmam que a revisão de literatura identifica e organiza os conceitos encontrados em trabalhos relevantes. O objetivo da revisão de literatura é captar o estado-da-arte de um campo do conhecimento. A partir dessa revisão de trabalhos antigos (clássicos) e recentes, torna-se possível identificar áreas nas quais uma pesquisa mais profunda poderia ser benéfica.

Demo (2000) aponta que a revisão de literatura serve inicialmente para duas situações: elaborar hipóteses (ou proposições) e fornecer subsídios para arranjar argumentações que possam sustentar ou refutar as hipóteses (proposições). Afinal, para que se possa estabelecer uma hipótese interessante é necessário que o pesquisador tenha lido sobre o assunto, permitindo-se posicionar entre conceitos e polêmicas, perguntas e respostas. Para que se possa argumentar sobre essas hipóteses, é preciso estudar a bibliografia pertinente, de modo sistemático e reconstrutivo, para construir uma base teórica de caráter explicativo.

Além disso, a revisão de literatura auxilia também a olhar criticamente a realidade sob a forma dos trabalhos publicados. Essa análise crítica geralmente requer que o pesquisador primeiro desconstrua um tema em seus elementos básicos. O resultado da análise crítica é a própria crítica, que identifica os pontos fortes e as contribuições-chave da literatura, assim como deficiências, omissões, inexatidões e outros aspectos problemáticos da literatura. A crítica deveria identificar aspectos de um fenômeno que estão perdidos, incompletos ou fracamente representados na literatura, assim como inconsistências entre as perspectivas publicadas sobre o tema. Ela também identifica o conhecimento que deveria ser criado ou aperfeiçoado à luz dos desenvolvimentos recentes sobre o tema. Assim,

destacando-se os pontos fortes e identificando as deficiências na literatura existente, a análise crítica é uma etapa necessária para o crescimento da base de conhecimento (Toraco, 2005).

Para Miguel (2007), o referencial teórico também serve para delimitar as fronteiras do que será investigado, proporcionar o suporte teórico para a pesquisa (fundamentos) e também explicitar o grau de evolução (estado-da-arte) sobre o tema estudado, além de ser um indicativo da familiaridade e conhecimento do pesquisador sobre o assunto.

Na pesquisa-ação, a revisão de literatura identifica as lacunas onde podem existir problemas a serem solucionados, preferencialmente em comunhão com um contexto organizacional, que promova a pesquisa participativa entre pesquisadores e profissionais. Esses problemas, após analisados, podem gerar uma questão de pesquisa, a partir da qual são definidos os objetivos (geral e específicos) para um projeto de pesquisa empregando o método da pesquisa-ação.

A definição da estrutura conceitual-teórica é realizada após o diagnóstico e a definição do problema organizacional a ser solucionado. Assim, o pesquisador realiza a revisão de literatura para contextualizar e fundamentar os problemas identificados, podendo haver um redirecionamento ou reformulação desse problema para sua adaptação ao estado-da-arte sobre o tema. A questão de pesquisa e seus objetivos é definida com o intuito de propor recomendações para solucionar o problema e contribuir com a base de conhecimento.

7.3.1.3. Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados

Yin (2005) considera que a definição da unidade de análise está relacionada à maneira como as questões iniciais da pesquisa foram definidas. Na pesquisa-ação, os problemas identificados pela revisão de literatura também devem ser levados em conta para a seleção da unidade de análise. O mais correto seria definir critérios, com base na questão de pesquisa e nos problemas a serem solucionados, para nortear e justificar a escolha da unidade de análise mais adequada para a condução da pesquisa. Sugere-se discutir esses critérios com outros pesquisadores, de forma a evitar a seleção incorreta da unidade de análise.

O planejamento da pesquisa-ação envolve a definição das técnicas a serem empregadas na coleta de dados. A combinação e o uso de diferentes técnicas favorecem a validade do constructo da pesquisa. Woodside e Wilson (2003) afirmam que a triangulação frequentemente inclui: observação participante do pesquisador no ambiente da pesquisa, sondagens através de questionamentos dos participantes por explicações e interpretações dos dados operacionais, e análises de documentos escritos e dos locais onde se dá o ambiente da unidade de análise estudada.

Segundo Thiollent (2007), as principais técnicas utilizadas são a entrevista coletiva nos locais de trabalho e a entrevista individual aplicada de modo aprofundado. Ao lado

dessas técnicas também são utilizados questionários convencionais que são aplicáveis em maior escala. No que diz respeito à informação já existente, diversas técnicas documentais permitem resgatar e analisar o conteúdo de arquivos internos da organização estudada.

Entretanto, na pesquisa-ação, a técnica mais empregada é a observação participante. Segundo Marconi e Lakatos (2006), essa técnica consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo. O pesquisador se incorpora ao grupo e exerce influência sobre ele. O objetivo principal seria ganhar a confiança do grupo e fazer os indivíduos compreenderem a importância da investigação, sem ocultar o seu objetivo ou sua missão.

Apesar de a pesquisa-ação ser um método com características diferentes do método de estudo de caso, no qual o pesquisador trabalha inserido no grupo de pesquisa e com maior liberdade de atuação, a elaboração de um protocolo de pesquisa pode contribuir para a melhoria da confiabilidade da pesquisa através da pesquisa-ação. A Tabela 7.3 apresenta as seções típicas para a elaboração de um protocolo de pesquisa para um estudo através da pesquisa-ação.

Tabela 7.3 – Seções Típicas de um Protocolo de Pesquisa para Pesquisa-ação (adaptada de YIN, 2005)

Seção	Conteúdo
Visão geral do projeto de pesquisa-ação	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos e patrocínios do projeto • Questões de pesquisa • Problema prático a ser solucionado • Contribuição científica para a base de conhecimento • Leituras importantes sobre o tópico investigado
Procedimentos de campo	<ul style="list-style-type: none"> • Definição da unidade de análise • Definição do grupo de pesquisa (pesquisadores e participantes da unidade de análise) • Definir autoridade para pesquisa-ação • Estabelecer uma agenda adequada das ações para coleta de dados • Definir ciclos da pesquisa-ação (ciclo de melhoria e aprendizagem) • Fontes gerais de informações
Questões de pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Questões específicas para o pesquisador para coleta de dados • Lista de fontes de evidências prováveis após cada questão • Planilha para disposição de dados • Fontes potenciais de informações para cada questão
Guia para o relatório da pesquisa-ação	<ul style="list-style-type: none"> • Resumo • Formato de narrativa • Indicação da quantidade de documentos utilizados no relatório • Especificação de informações bibliográficas • Especificações de outras documentações

7.3.2. Coletar os dados

Os dados são coletados de diferentes formas, dependendo do contexto, por grupos de observação e por pesquisadores. Existem os chamados dados secundários. Esses dados são coletados, por exemplo, através de estatística operacional, informes financeiros e rela-

tórios de marketing. Existem também os dados primários. Estes são coletados através de observação, discussões e entrevistas. A suposta leveza reside no fato de que esses dados são baseados na percepção, e pode ser difícil interpretar a sua validade (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002).

Para o pesquisador, a geração dos dados vem através do envolvimento ativo no dia a dia dos processos organizacionais relacionados com o projeto de pesquisa-ação. Os dados não são gerados apenas a partir da participação e observação das equipes no trabalho, de problemas sendo resolvidos, decisões sendo tomadas, mas também através de intervenções que são feitas para avançar o projeto. Algumas dessas observações e intervenções são realizadas de maneira formal, através de reuniões e entrevistas; muitas são realizadas de maneira informal, durante o cafezinho, jantar ou atividades recreativas.

Thiollent (2007) afirma que, independentemente das técnicas utilizadas, os grupos de observação compostos de pesquisadores e de participantes comuns procuram a informação que é julgada necessária para o andamento da pesquisa, respondendo à solicitação da etapa de monitoramento da pesquisa. Todas as informações coletadas pelos diversos grupos de observação e pesquisadores de campo são transferidas para essa metafase, quando são discutidas, analisadas, interpretadas etc.

O pesquisador recolhe os dados coletados e os realimenta para o sistema cliente com uma conotação para torná-lo disponível para análise. Algumas vezes, o pesquisador coleta os dados e faz o relatório; outras vezes, a própria organização coleta os dados e o pesquisador facilita ou participa das reuniões de realimentação (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002). Essas reuniões ocorrem durante a metafase de monitoramento.

7.3.3. Analisar os dados e planejar as ações

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), o aspecto crítico da análise de dados na pesquisa-ação é que ela é colaborativa: tanto o pesquisador quanto os membros do sistema cliente (por exemplo, a equipe de gerentes, um grupo de clientes etc.) a fazem juntos. Essa abordagem colaborativa é baseada na suposição de que os clientes conhecem melhor a sua empresa, sabem o que irá funcionar e, principalmente, serão aqueles que irão implantar e seguir as ações a serem implantadas. Portanto, seu envolvimento na análise é crucial. Os critérios e ferramentas para a análise precisam ser discutidos e, em última instância, necessitam ser diretamente ligados ao propósito da pesquisa e ao âmago das intervenções.

Durante a análise de dados é pertinente a comparação dos dados tabulados com a teoria envolvida no tema pesquisado. Algumas questões que o pesquisador pode se fazer para auxiliá-lo na análise dos dados podem ser: os resultados estão coerentes com o disposto na teoria?, existem dados contraditórios?, os dados são convergentes?

Na pesquisa-ação, como um dos objetivos é resolver um problema técnico, o final da etapa de análise de dados se dá pela elaboração de um plano de ação. Esse plano deve

incluir todas as recomendações para a solução do problema, indicando responsáveis pela implantação, bem como o prazo para tal. As recomendações são elaboradas de maneira conjunta entre pesquisadores e participantes da organização. Entretanto, a implantação deve partir dos participantes da organização, sendo que os pesquisadores podem intervir no processo como facilitadores das mudanças.

Coughlan e Coughlan (2002) consideram que o plano de ação deveria responder a algumas questões-chave: o que precisa mudar?, em que partes da organização?, que tipos de mudanças são necessárias?, que tipo de apoio é necessário?, como é o compromisso a ser formado?, qual é a resistência a ser gerenciada? Para eles, essas questões são críticas e necessitam ser respondidas como parte do plano de mudança.

7.3.4. Implementar plano de ação

Nessa etapa, os participantes da pesquisa na organização implementam o plano de ação. Segundo Thiollent (2007), a ação corresponde ao que precisa ser feito (ou transformado) para realizar a solução de um determinado problema. Para Coughlan e Coughlan (2002), essa tarefa envolve realizar as mudanças desejadas e seguir os planos de forma colaborativa com os membros-chave da organização.

7.3.5. Avaliar resultados e gerar relatório

Westbrook (1995) considera que, na pesquisa-ação, o processo de pesquisa por si só necessita ser proativamente gerenciado. Para ele, a qualidade dos resultados pode depender tanto da gestão do projeto de pesquisa quanto do próprio projeto de pesquisa ou da análise dos resultados. Portanto, a avaliação dos resultados deveria ter como base os objetivos da pesquisa (científica e técnica) e as proposições ou hipóteses estabelecidas no início da pesquisa.

Coughlan e Coughlan (2002) consideram que a avaliação envolve uma reflexão sobre os resultados da ação, tanto intencionais quanto não intencionais, uma revisão do processo para que o próximo ciclo de planejamento e ação possa beneficiar-se do ciclo completado. A avaliação é a chave para o aprendizado. Sem ela as ações são implementadas ao acaso, independentemente de sucesso ou fracasso, e os erros proliferam, gerando um aumento da ineficácia e da frustração.

Todas as etapas citadas anteriormente devem ser sintetizadas em um relatório de pesquisa, que vai auxiliar o pesquisador na elaboração da sua monografia, dissertação, tese ou artigo. Esse relatório poderia registrar a fundamentação teórica, baseada em argumentações de outras obras científicas, e os desdobramentos da pesquisa empírica, desde o seu planejamento até a sua avaliação final e descrição dos resultados alcançados.

Miguel (2007: 225) destaca ainda que “os resultados devem estar estritamente relacionados com a teoria, tomando o cuidado para não ajustar a teoria aos resultados e

evidências, mas o inverso, ou seja, os resultados e as evidências são o que deve ser associado à teoria, possibilitando, inclusive, a geração de nova teoria”. Isso vale também para a pesquisa-ação.

Uma vez coletados todos os dados e considerando a triangulação de dados, o pesquisador necessita elaborar uma narrativa da pesquisa realizada. Especificamente no caso da pesquisa-ação, devido à sua natureza cíclica, os pesquisadores podem sentir uma certa dificuldade em registrar no relatório esses desdobramentos. No entanto, é extremamente recomendável fazê-lo.

Assim como ocorre quando o método escolhido é o estudo de caso, na pesquisa-ação também é necessário fazer uma redução dos dados, para torná-los apresentáveis e facilitar sua análise e posterior discussão. Para tal propõe-se a elaboração de um quadro-resumo, onde cada ciclo de pesquisa-ação realizado é descrito resumidamente, informando o seu período (data) de realização, a qual fase da pesquisa corresponde (ver Figura 7.1), os critérios para avaliação adotados para cada ciclo, as atividades realizadas (com indicação dos participantes), os resultados da avaliação realizada e os aprendizados e melhorias que podem ser empregados nos próximos ciclos. A Tabela 7.4 mostra um exemplo ilustrativo do quadro-resumo.

No caso de dissertações e teses, pode-se ainda adotar a estratégia de deixar os dados reduzidos no corpo do trabalho e apresentar a narrativa completa no apêndice, tal como já o fizeram alguns pesquisadores (SERSON, 1996).

7.3.6. Monitoramento

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002), o monitoramento é uma metafase que ocorre em todos os ciclos. Cada ciclo de pesquisa-ação conduz a um novo ciclo e, então, planejamento, coleta de dados, análise de dados, planejamento de ações, implementação de ações e avaliação dos resultados acontecem ao longo do tempo, de forma contínua.

Tabela 7.4 – Exemplo Ilustrativo do Quadro-resumo para Pesquisa-ação

Ciclo	Período	Fase da pesquisa	Crítérios de avaliação	Atividades executadas	Avaliação	Melhoria e aprendizagem
1	Julho a agosto de 2008	Definir estrutura conceitual teórica	Definição e codificação das variáveis de estudo no sistema	Revisão de literatura; coleta de pequena amostra de clientes para análise inicial dos dados	Existência de muitos campos vazios. A variável X se mostrou de difícil utilização. Os clientes com mais de 18 meses de inatividade foram eliminados	Verificar a necessidade de eliminar campos; definir novas respostas para alguns campos do sistema; aprofundar revisão de literatura
...

(continua)

7	Abril a maio de 2009	Analisar dados	Correlação das variáveis com divisão de grupos	A amostra para função discriminante foi dividida para cada um dos grupos. Foi testada pela primeira vez a categorização manual das variáveis	A variável Z já estava categorizada em três grupos, e os campos X e Y foram removidos, dando lugar ao novo campo W	Retornar a divisão dos grupos utilizando 30 e 60 dias; em reunião com os profissionais da empresa, decidiu-se dar uma tolerância para clientes que tivessem 20 ou mais duplicatas pagas
...

Ballantyne (2004) afirma que o ciclo da pesquisa-ação clássico envolve mudança e aprendizagem, organizado em fases interativas de ação e reflexão. A reflexão conduz para o entendimento, e o entendimento compartilhado pelos participantes é realimentado na forma de ação. Esse ciclo continua até quando os participantes desejarem ou até que os objetivos da pesquisa sejam atingidos ou abandonados, ou ainda até que aqueles objetivos sejam revisados e o processo comece novamente.

Portanto, a oportunidade para a aprendizagem contínua existe. Pode ser útil perceber que os ciclos de coleta de dados, análise de dados, planejamento de ações, implementação de ações e avaliação dos resultados ocorrem periodicamente à medida que ações particulares são planejadas e implementadas. Alguns ciclos podem se referir a eventos específicos em um ciclo de curto período; outros podem ser simultâneos e ao longo de um ciclo de tempo maior. Certamente o papel do projeto de pesquisa-ação deve ser um ciclo maior que envolve diversos outros ciclos menores (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002).

Idealmente, aqueles envolvidos nos ciclos de pesquisa-ação estão continuamente monitorando cada uma das cinco fases principais, investigando o que está acontecendo, como essas fases estão sendo conduzidas e quais suposições são operacionalizáveis. Enquanto os funcionários da organização estudada focam os resultados técnicos, o pesquisador não está apenas interessado em como o projeto está funcionando, mas está também monitorando o processo de aprendizagem e inquirindo na investigação (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002).

Portanto, a metafase de monitoramento é operacionalizada através de reuniões entre os pesquisadores e os participantes da organização. Ele centraliza todas as informações coletadas e discute as interpretações, sendo que seus resultados devem ser registrados para garantir o aprendizado.

Os papéis dos pesquisadores nessa metafase são: colocar à disposição dos participantes os conhecimentos de ordem teórica ou técnica para facilitar a discussão dos problemas; elaborar registros das reuniões, elaborar os registros de informação coletada e os relatórios de síntese; conceber e aplicar, no desenvolvimento do projeto, modalidades de ação, em estreita colaboração com os demais participantes; participar de uma reflexão global para eventuais validações e discussão dos resultados no quadro da engenharia de produção ou de outras disciplinas implicadas no problema.

7.4. Validade e confiabilidade da pesquisa-ação

Schwab (2005) considera que uma pesquisa é válida quando suas conclusões ou inferências são verdadeiras. A pesquisa-ação, assim como qualquer outro método de pesquisa científica, deve ser pautada na confiabilidade e validade, características que medem sua qualidade ou rigor científico. Yin (2005) define a confiabilidade como a capacidade de demonstrar que os procedimentos de uma pesquisa (por exemplo, as etapas para coleta ou análise de dados) podem ser repetidos apresentando os mesmos resultados. Yin (2005) classifica a validade em interna, externa e de constructo. Thompson e Perry (2004) citam ainda a validade contingente, que demonstra que um relatório científico denomina e descreve alguns mecanismos generativos gerais que explicam como os constructos podem operar dentro de seu contexto. Nesse tipo de validade, a pesquisa emprega diversas abordagens para assegurar que as incertas fronteiras dos sistemas sociais envolvidos e a natureza contemplativa dos atores participantes desses sistemas foram considerados no projeto.

Lembrando que a qualidade de uma pesquisa científica somente pode ser julgada em termos específicos do paradigma no qual o pesquisador está trabalhando (HEALY e PERRY, 2000), ou seja, os critérios para um paradigma poderiam ser quase insignificantes para um outro paradigma, Thompson e Perry (2004) sugerem seis critérios para avaliar a qualidade (validade e confiabilidade) da pesquisa-ação sob o paradigma do realismo: adequação ontológica, validade contingente, percepções múltiplas de participantes e pesquisadores associados, fidedignidade metodológica, generalização analítica e validade de constructo. A Tabela 7.5 apresenta detalhes de como esses seis critérios podem ser empregados.

Tabela 7.5 – Critérios para Avaliação da Qualidade da Pesquisa-ação

Critério	Objetivo do critério e medidas aplicadas	Fase da pesquisa utilizada	Medidas aplicadas na pesquisa
1. Adequação ontológica	O problema de pesquisa lida com o complexo fenômeno das ciências sociais envolvendo pessoas conscientes. Demonstra que o mundo que está sendo investigado é criação independente de mentes e criaturas vivas ou do mundo de ideias, arte, ciências, linguagens, ética e instituições	Projeto da pesquisa e análise de dados	Formulação adequada da questão de pesquisa; uso da teoria prévia; fundamentação teórica; projeto da pesquisa-ação; triangulação de dados; desenvolvimento da base de dados da pesquisa e de evidências para avaliação
2. Validade contingente	Estabelece a validade sobre mecanismos generativos que são denominados e descobertos pela pesquisa e os contextos que os tornam contingentes (eventuais)	Projeto da pesquisa e análise de dados	Projeto da pesquisa-ação; detalhes das circunstâncias organizacionais e do principal contexto do projeto da pesquisa-ação; desenvolvimento da base de dados da pesquisa e de evidências para avaliação

(continua)

3. Percepções múltiplas de participantes e pesquisadores associados	Demonstra como a pesquisa revela o mundo real, embora de uma forma que seja apenas imperfeita e probabilisticamente compreensível. O foco está na sensibilização dos valores da pesquisa	Projeto da pesquisa, coleta e análise de dados, posterior análise de dados	Fontes de dados múltiplas; apresentação de evidências de apoio; questionamento amplo em entrevistas antes das questões exploratórias; triangulação de dados; consciência dos valores próprios e seu impacto na coleta de dados; revisão por pares
4. Fidedignidade metodológica	Estabelecimento de um relatório que possa ser avaliado	Projeto de pesquisa, coleta e análise de dados	Desenvolvimento da base de dados da pesquisa e de evidências para avaliação; uso frequente de citações relevantes no relatório para fundamentar a construção da teoria; descrições de procedimentos com detalhes de datas, respondentes e tempo
5. Generalização analítica	Estabelecimento da primazia da construção da teoria no relatório	Projeto de pesquisa, coleta e análise de dados	Identificação das questões de pesquisa antes da coleta de dados; desenvolvimento da teoria por meio da triangulação de dados; não utilização de técnicas quantitativas
6. Validade de constructo	Determina quão bem os constructos na teoria que está sendo construída são mensuráveis pela pesquisa	Projeto de pesquisa, coleta e análise de dados	Fundamentação teórica; entrevistas com especialistas de diferentes áreas; desenvolvimento e uso de protocolos de entrevistas; avaliação de publicações e documentos de origem interna das empresas; desenvolvimento de uma base de dados detalhando o encadeamento de evidências devolutivas das transcrições das entrevistas aos informantes para confirmação e comentários; revisão das versões de rascunho do relatório pelos pares

Fonte: Adaptada de Thompson e Perry (2004).

7.5. Considerações finais

Como já apresentado na introdução deste capítulo, a pesquisa-ação é classificada como um método de pesquisa qualitativo, cujo principal objetivo é a obtenção da perspectiva dos elementos que integram o objeto de estudo. Essa característica da pesquisa qualitativa leva a muitos questionamentos dos defensores de abordagens positivistas, que defendem o controle completo do objeto de estudo por parte do pesquisador, enfatizando aspectos como o controle sobre as variáveis, a identificação clara das relações de causa/efeito e o estabelecimento de condições para a replicação da pesquisa.

Esses questionamentos dificultam a aceitação da cientificidade do método de pesquisa-ação. Entretanto, esse método permite a focalização de problemas reais e a colaboração entre o pesquisador e os indivíduos que atuam no objeto de estudo, com ênfase na descrição das atividades conduzidas para a solução do problema identificado, contribuindo de maneira significativa para o estudo de temas em que os processos de mudança são essenciais, como na engenharia de produção.

Neste capítulo, esses aspectos foram discutidos e também foi apresentada a estrutura para apoiar os pesquisadores que atuam na engenharia de produção na condução da pesquisa-ação. Espera-se, dessa forma, contribuir para a evolução da cientificidade da área, sem perder o foco no objeto de estudo que são as organizações.

Referências

- BALLANTYNE, D. Action research reviewed: a market-oriented approach. *European Journal of Marketing*, v. 38, n. 3-4, p. 321-337, 2004.
- BRYMAN, A. *Research methods and organization studies (contemporary social research)*. Londres: Routledge, 1989.
- CARR, W. Philosophy, methodology and action research. *Journal of Philosophy of Education*, v. 40, n. 4, p. 421-435, 2006.
- CHECKLAND, P.; HOLWELL, S. Action research: its nature and validity. *Systemic Practice and Action Research*, v. 11, n. 1, p. 9-21, 1998.
- COGHLAN, D.; BRANNICK, T. *Doing action research in your own organization*. Londres: Sage, 2008.
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.
- CRESWELL, J.W. *Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Trad. Luciana de Oliveira Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- DEMO, P. *Metodologia do conhecimento científico*. São Paulo: Atlas, 2000.
- DESHPANDE, R. Paradigms lost: on theory and method in research in marketing. *Journal of Marketing*, v. 47, p. 101-110, 1983.
- GUBA, E.; LINCOLN, Y. Competing paradigms in qualitative research. In: DEZIN, N.K.; LINCOLN, Y. (Eds.). *Handbook of qualitative research*. Newbury Park: Sage Publications, 1994.
- HEALY, M.; PERRY, C. Comprehensive criteria to judge validity and reliability of qualitative research within the realism paradigm. *Qualitative Market Research: An International Journal*, v. 3, n. 3, p. 118-126, 2000.
- LEWIN, K. Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, v. 2, p. 34-46, 1946.

- MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- OQUIST, P. The epistemology of action research. *Acta Sociologica*, v. 21, n. 2, p. 143-163, 1978.
- RIORDAN, P. The philosophy of action science. *Journal of Managerial Psychology*, v. 10, n. 6, p. 6-13, 1995.
- ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. *Management Research News*, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.
- SCHWAB, D.P. *Research methods for organizational studies*. Londres: Routledge, 2005.
- SERSON, S.M. Fábrica veloz: um modelo para competir com base no tempo. (Dissertação Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.
- SUSMAN, G.I.; EVERED, R.D. An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative Science Quarterly*, v. 23, n. 4, p. 582-603, 1978.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Cortez, 2007.
- THOMPSON, F.; PERRY, C. Generalizing results of an action research. Project in one work place to other situations: principals and practice. *European Journal of Marketing*, v. 38, n. 3-4, p. 401-417, 2004.
- TORRACO, R.J. Writing integrative literature reviews: guidelines and examples. *Human Resource Development Review*, v. 4, n. 3, p. 356-367, 2005.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Revista Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.
- WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 15, n. 12, p. 6-20, 1995.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.
- YIN, R. *Estudo de caso. Planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZUBER-SKERRITT, O.; PERRY, C. Action research within organizations and university thesis writing. *The Learning Organization*, v. 9, n. 4, p. 171-179, 2002.

Capítulo 8

Modelagem e Simulação

Reinaldo Morabito Neto e Vitória Pureza

Este capítulo refere-se à metodologia de pesquisa baseada em modelagem quantitativa em gestão de produção e operações, com especial ênfase na metodologia em pesquisa operacional no contexto de engenharia de produção. Um breve resumo histórico do desenvolvimento da metodologia é apresentado, enfatizando-se alguns dos principais eventos que marcaram a pesquisa quantitativa baseada em modelos matemáticos e de simulação. Também são discutidas as principais diferenças entre as classes de pesquisa quantitativa (axiomática e empírica, descritiva e normativa), utilizando-se exemplos ilustrativos, e descritas as etapas envolvidas no processo de modelagem (definição do problema, construção do modelo, solução do modelo, validação do modelo e implementação da solução), assim como os principais métodos e técnicas de solução de problemas.

8.1. Introdução

Em engenharia de produção, a gestão de sistemas de produção de bens ou serviços envolve um conjunto de decisões acerca das diversas atividades desenvolvidas em cada nível de planejamento, seja ele estratégico (longo prazo), tático (médio prazo) ou operacional (curto prazo). Tomemos como exemplo o contexto de planejamento e controle da produção de uma empresa ou organização; o que produzir, como produzir, quando, quanto e como são apenas alguns tipos de decisões, as quais, dependendo de seu número e valor estratégico, tornam o processo de planejamento bastante complexo. As decisões devem considerar as inter-relações entre as atividades e sua interação com o ambiente externo à empresa. Por exemplo, a determinação do que produzir estreita a gama de processos possíveis a serem utilizados, assim como a definição de quanto produzir precisa considerar informações como capacidade de produção, demanda dos clientes e tendências do mercado. Também no contexto de planejamento e controle logísticos de uma empresa, a gestão de suprimentos de matérias-primas e da distribuição física de produtos, antes focada em cada atividade individualmente, passa a considerar um conjunto integrado de

processos através dos múltiplos elos de uma cadeia de suprimentos. Assim, pode-se dizer que o principal desafio de gestores de ambientes empresariais é o de tomar decisões de maneira que o sistema opere da melhor forma possível, considerando que as atividades a elas associadas estão relacionadas e limitadas por vários fatores.

Em tais situações, a utilização de *modelos* permite compreender melhor o ambiente em questão, identificar problemas, formular estratégias e oportunidades e apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões. Um modelo pode ser definido como uma representação de uma situação ou realidade, conforme vista por uma pessoa ou um grupo de pessoas, e construída de forma a auxiliar o tratamento daquela situação de uma maneira sistemática. Por um lado, um modelo deve ser suficientemente detalhado para captar elementos essenciais e representar o sistema real; por outro lado, ele deve ser suficientemente simplificado (abstraido) para ser tratável por métodos de análise e resolução conhecidos.

Um simples exemplo de um processo de abstração é uma criança pequena desenhando uma figura humana (Figura 8.1). Nesse “modelo”, a criança procura capturar o essencial de uma pessoa, representando-a, de forma simplificada, com apenas algumas características, como o contorno da face e do corpo, cabelos, olhos, nariz, boca etc. Portanto, um modelo é um veículo para se chegar a uma visão estruturada da realidade, ou seja, uma representação simplificada de um sistema ou objeto real.



Figura 8.1 – Exemplo de processo de abstração.

Modelos são primariamente classificados como *concretos* ou *abstratos*. Por exemplo, a planta-baixa de uma futura construção em um projeto de arquitetura ou engenharia civil é um modelo abstrato da obra a ser realizada. Antes de se iniciar a edificação, é muitas

vezes construída uma réplica física ou maquete em escala (modelo concreto), a fim de se realizar avaliações estéticas e funcionais. Outros exemplos de modelos concretos são protótipos de aviões e automóveis em escala para experimentos em túneis de vento. De fato, modelos são utilizados de forma cotidiana, apesar de muitas vezes não serem entendidos como tal. Por exemplo, gráficos e tabelas usados para avaliar investimentos são modelos abstratos do desempenho esperado desses investimentos, assim como modelos de economia são utilizados pelo governo para basear suas decisões sobre valores de impostos, juros e outros aspectos da política fiscal.

Em particular, *modelos quantitativos* são modelos abstratos descritos em linguagem matemática e computacional, que utilizam técnicas analíticas (matemáticas, estatísticas) e experimentais (simulação) para calcular valores numéricos das propriedades do sistema em questão, podendo ser usados para analisar os resultados de diferentes ações possíveis no sistema. Modelos quantitativos compreendem um conjunto de variáveis de controle que variam em um domínio específico e variáveis de desempenho que inferem a qualidade das decisões obtidas a partir de relações causais e quantitativas definidas entre essas variáveis. Variáveis de desempenho podem tanto ter uma natureza física, como o nível de estoque de um produto ou o número de entregas atrasadas do produto, quanto variáveis econômicas, como lucros, custos ou receitas. Um grande diferencial desse tipo de abordagem é o de permitir a consideração simultânea das inter-relações descritas.

A *pesquisa operacional* (*operational research*) é uma abordagem científica para auxiliar no processo de tomada de decisões, que procura determinar como melhor projetar, planejar e operar sistemas, usualmente sob condições que requerem alocações eficientes de recursos escassos (ARENALES *et al.*, 2007). Dessa forma, ela também é chamada de ciência da gestão ou administração (*management science*) ou ciência da decisão ou da tomada de decisão (*science of decision making*). A modelagem quantitativa tem sido o cerne da metodologia da pesquisa operacional, desde seu advento na Inglaterra e nos Estados Unidos, nas primeiras décadas do século passado. Conforme alguns autores, modelos quantitativos foram inicialmente elaborados com vistas à resolução de problemas reais em *gestão* ou *administração de produção e operações* (*production and operations management*), definida como o processo de projeto, planejamento, coordenação, controle e execução de operações envolvidas na produção de bens e serviços; em poucas palavras, o processo de gerenciar pessoas e recursos para produzir um bem ou um serviço (NAHMIAS, 2009). Posteriormente, uma forte linha de pesquisa em modelos quantitativos emergiu principalmente nos Estados Unidos, orientada para problemas mais idealizados e construindo conhecimento científico. Durante o mesmo período, entretanto, boa parte dessa pesquisa perdeu sua origem empírica, e os métodos passaram a ser desenvolvidos primariamente para linhas relativamente teóricas, negligenciando por várias décadas a metodologia da pesquisa orientada ao empirismo.

Este capítulo enfoca a metodologia de pesquisa baseada em modelagem quantitativa em gestão de produção e operações, e, em particular, em pesquisa operacional no contexto da engenharia de produção. A ênfase é dada à pesquisa quantitativa baseada em modelos matemáticos e de simulação, ou seja, onde descrições matemáticas e simbólicas das relações causais entre variáveis de controle e variáveis de desempenho são desenvolvidas, analisadas e testadas. O restante deste capítulo é organizado como se segue. A seção 8.2 apresenta um histórico resumido de pesquisa baseada em metodologias quantitativas em gestão de produção e operações e pesquisa operacional. A seção 8.3 apresenta uma tipologia dessas metodologias, classificando as pesquisas quantitativas em quatro tipos (Bertrand e Fransoo, 2002): *pesquisa axiomática descritiva*, *pesquisa axiomática normativa*, *pesquisa empírica descritiva* e *pesquisa empírica normativa*. A seção 8.4 descreve o processo de modelagem e a abordagem de pesquisa operacional, baseada na definição do problema, na construção de um modelo para representá-lo, na pesquisa de métodos para resolver esse modelo, no processo de validação do modelo e na implementação da solução na prática. A seção 8.5 classifica os tipos de modelos quantitativos de pesquisa operacional e discute resumidamente métodos e técnicas de solução. A seção 8.6 apresenta alguns exemplos de aplicações reais de sucesso da pesquisa quantitativa na prática. Finalmente, a seção 8.7 apresenta as considerações finais deste capítulo.

8.2. Um breve histórico da pesquisa baseada em metodologias quantitativas

8.2.1. Gestão científica

A *gestão* ou *administração científica* (*scientific management*), introduzida principalmente pelo engenheiro e consultor americano Frederick W. Taylor, vem sendo considerada a raiz do desenvolvimento da gestão de produção e operações baseada em modelos quantitativos. A gestão científica não era uma ciência, e sim a aplicação de métodos sistemáticos para o estudo de problemas gerenciais no chão de fábrica. Sua origem remonta aos trabalhos seminais em tempos e movimentos desenvolvidos, respectivamente, por Taylor em 1881 e Frank Gilbreth em 1885, e, um pouco mais tarde, aos trabalhos de planejamento e programação de projetos por Henry Gantt. Técnicas analíticas passaram então a ser utilizadas para identificar, agrupar e sequenciar as atividades necessárias, com o objetivo de maximizar a utilização dos recursos disponíveis.

Segundo Bertrand e Fransoo (2002), a essência da gestão científica consistia na análise de exemplos de processos operacionais reais. Tal análise era baseada em observações sistemáticas e mensurações de tais processos e seu reprojeto, de maneira a obter ganhos em qualidade e produtividade, não possuindo ou produzindo conhecimento científico genérico subliminar. Não obstante, apesar dessa falta de base teórica, tal aborda-

gem era extremamente bem-sucedida na promoção de melhorias. Entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, as principais faculdades de engenharia industrial americanas passaram a oferecer os primeiros cursos em gestão industrial. A fim de ensinar métodos e técnicas aplicadas, os tipos de problemas encontrados na prática foram simplificados e formulados em termos gerais. Especificamente, foram mantidos apenas aspectos considerados relevantes pela perspectiva do método e da técnica utilizada, e o problema foi modelado independentemente de qualquer exemplo particular do problema na indústria. Dessa forma, o problema tratado era dito *idealizado*.

Processos operacionais reais podem ser sistemas complexos e difíceis de ser modelados cientificamente, em particular no que tange à reprodução do desempenho. Em ambientes reais, o desempenho desses processos é afetado por diferentes fatores, tais como as condições do maquinário, o treinamento dos funcionários e a quantidade e rapidez com que as informações são disponibilizadas. Uma desvantagem de problemas idealizados é que o efeito do fator humano no desempenho do processo operacional em geral é negligenciado. Em contrapartida, a análise de problemas idealizados pode gerar conhecimento valioso acerca dos problemas reais. Além disso, os avanços teóricos em matemática e estatística e o advento de novas tecnologias em ciências de computação, principalmente em tecnologia de informação e em software e *hardware*, permitiram o aumento da complexidade das formulações e consolidaram a pesquisa operacional como um importante instrumento de apoio ao processo de tomada de decisões.

8.2.2. Origens e desenvolvimento da pesquisa operacional

A base da pesquisa operacional foi construída entre os séculos XVI e XX, a partir de contribuições de diversos matemáticos, cientistas e engenheiros. Dentre seus precursores, incluem-se nomes como B. Pascal, I. Newton, B. Taylor, L. Euler, T. Bayes, J. L. Lagrange, C. F. Gauss, P. S. Laplace, J. B. Fourier, S. D. Poisson e W. R. Hamilton (séculos XVI a XIX), e H. Poincaré, K. Pearson, V. Pareto, J. Farkas, A. A. Markov, A. K. Erlang, F. W. Harris, R. A. Fisher, F. Pollaczek e A. N. Kolmogorov (início do século XX). Conforme Gass e Assad (2004), o surgimento da pesquisa operacional como uma abordagem delineada não pode ser estabelecido com precisão, mas está certamente vinculado ao advento do radar e às atividades militares nos primórdios da Segunda Guerra Mundial. Em 1936, o Ministério da Aviação britânico criou a Estação de Pesquisa Bawdsey Manor, em Suffolk, com a finalidade de estudar como a tecnologia dos radares poderia ser utilizada na interceptação de aviões inimigos. Seu primeiro diretor, o superintendente do Departamento de Rádio do Laboratório Nacional de Física, Robert Watson-Watt, formou equipes de cientistas compostos por oficiais e civis. Os esforços de pesquisa dessas equipes são hoje amplamente considerados como o que fomentou o que seria posteriormente conhecido como pesquisa operacional.

O termo *pesquisa operacional* é uma tradução direta de *operational research* na Inglaterra, por sua vez atribuído a Albert P. Rowe, sucessor de Watson-Watt na direção de Bawdsey Manor. Em 1939, as equipes da estação passaram a compor a Seção de Pesquisa Operacional, a qual se tornou, em 1941, a Seção de Pesquisa Operacional do Comando da Força Aérea de Combate. Seguindo-se ao trabalho com interceptação de radares, outros problemas de operações bélicas foram tratados, como dimensionamento de comboios de frota e manutenção e inspeção de aviões. Entre 1942 e 1945, grupos de pesquisa operacional foram também formados na marinha britânica, e na marinha e força aérea americanas. Em particular, durante o Projeto Manhattan (1942-1946), conduzido nos Estados Unidos com o objetivo de desenvolver a primeira bomba atômica, Stanislaw Ulam, juntamente com John Von Neumann, concebeu o método estatístico de Monte Carlo, considerado o precursor das técnicas de *simulação computacional* (discutidas na seção 8.5) existentes hoje em dia. A simulação computacional é uma importante ferramenta de planejamento que procura emular, por meio de relações lógicas, o funcionamento de sistemas reais (muitas vezes complexos demais para serem modelados analiticamente, isto é, por meio de funções matemáticas), a fim de observar seu comportamento sob diferentes cenários.

Ainda nesse período, metodologias quantitativas forneceram importantes contribuições em outros sistemas produtivos. O modelo econômico de entradas e saídas interindústrias de Wassily Leontief nos anos 1930, por exemplo, permitiu a análise do impacto de políticas governamentais e mudanças em consumo, tendo sido utilizado mais tarde pelo Departamento de Estatísticas de Trabalho americano, pelo Banco Mundial e pelas Nações Unidas. Em 1939, o trabalho de Leonid Kantorovich, intitulado *Métodos matemáticos na organização e no planejamento de produção*, mostrou que uma das maneiras para se aumentar a eficiência em uma empresa seria por meio de melhorias na organização e no planejamento da produção utilizando métodos matemáticos. Posteriormente, observou-se que a estrutura da descrição poderia ser usada para analisar problemas de refinamento de óleo, utilização de tipos de combustível, distribuição de fretes em uma rede de distribuição, dentre outros. Tanto Leontief quanto Kantorovich receberam prêmios Nobel de economia em 1973 e 1975, respectivamente, pelos desenvolvimentos de modelos econômicos importantes e pelas contribuições à teoria de alocação ótima de recursos.

Após a Segunda Guerra Mundial, verificou-se uma rápida expansão da pesquisa operacional nos Estados Unidos e na Inglaterra (Gass e Assad, 2004). Em 1948, foi fundado o projeto SCOOP (Scientific Computation of Optimal Programs) nos Estados Unidos, cujo objetivo era o de desenvolver soluções para problemas de operações da força aérea americana. O grupo, chefiado pelo economista Marshall Wood, tinha George Dantzig como matemático-chefe. Durante o projeto, Dantzig teve um papel relevante na definição da forma matemática geral de modelos de *programação linear* (definidos na seção 8.5), termo este sugerido pelo economista Tjalling Koopmans (um dos proponentes do clássico *problema de transportes*), e, juntamente com Wood, estabeleceu as

teorias econômicas e matemáticas pertinentes à seleção de atividades interdependentes em ambientes com limitação de recursos. Para resolver esses problemas, Dantzig também propôs o *método simplex*, apontado como um dos dez algoritmos que mais influenciaram a prática e o desenvolvimento da ciência e da engenharia do século XX (DONGARRA e SULLIVAN, 2000). Por meio do método simplex, Dantzig resolveu, por exemplo, o *problema da dieta* formulado alguns anos antes por George Stigler. Tanto Koopmans quanto Stigler receberam prêmios Nobel de economia em 1975 e 1982, respectivamente, pelas contribuições à teoria de alocação ótima de recursos e pelas contribuições aos estudos de estruturas industriais e funcionamento de mercados.

Além do advento da programação linear, as décadas de 1950 e 1960 foram marcadas por importantes contribuições baseadas em modelos teóricos para previsão do comportamento de processos operacionais e que podiam ser validados de maneira objetiva. Um exemplo é a técnica de otimização de problemas de decisões em multistágios, denominada *programação dinâmica*, e desenvolvida por Richard Bellman nos anos 50. Outro exemplo é a *teoria de filas* ou teoria de congestão, inicialmente motivada por aplicações em sistemas telefônicos estudadas pelo engenheiro dinamarquês Agner Erlang em 1917. A teoria de filas estuda as relações entre as demandas em um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários desse sistema; a formação de filas ocorre se a demanda excede a capacidade do sistema de fornecer o serviço em um dado período. Os sistemas de filas foram classificados por David Kendall por meio de uma tipologia amplamente utilizada a partir dos anos 50. Outro exemplo é o desenvolvimento do modelo de Forrester nos anos 60, que descreve as interações entre fluxos de recursos, materiais e informações em processos operacionais. Os modelos de dinâmica industrial de Forrester são, em geral, capazes de explicar o comportamento dinâmico de tais processos e podem ser validados empiricamente, tendo levado à definição da metodologia conhecida como *dinâmica de sistemas* (*system dynamics*) para modelagem de sistemas dinâmicos.

A literatura de pesquisa operacional também proveu contribuições importantes sobre aspectos de vários outros processos operacionais. Em particular, devem ser destacadas as técnicas de *previsão* (*forecasting*) de curto e médio prazo, baseadas em análises estatísticas de dados históricos; um dos métodos precursores (*suavização exponencial* – um tipo especial de média móvel ponderada) foi formalizado por Robert Brown nos anos 50. O termo *previsão* refere-se à estimativa “objetiva” envolvendo a análise de dados passados (quando disponíveis) e sua projeção no futuro, por meio de modelos matemáticos e estatísticos. A premissa fundamental das técnicas de previsão é de que o comportamento passado das variáveis é relevante para prever os valores futuros dessas e de outras variáveis. Dessa forma, a partir de um conjunto de dados históricos disponíveis, fazem-se inferências sobre os valores futuros das variáveis. As abordagens quantitativas de previsão consistem, principalmente, em métodos de projeção histórica (ou descritivos), os quais admitem que pelo menos grande parte do futuro seja uma réplica do passado, e métodos causais (ou explanatórios), que admitem que o valor da variável a ser previsto seja causado

ou fortemente relacionado ao valor de outra(s) variável(is), e procuram, portanto, descrever relações causais (ou explanatórias) entre elas.

Outros estudos relevantes dizem respeito à área de *controle de estoques*, em que diversos problemas idealizados foram estudados e resolvidos com sucesso, desde os trabalhos pioneiros sobre lote econômico de Ford Harris em 1913. Basicamente, esses problemas envolvem decidir, para cada ponto de estocagem do sistema, *quando* repor estoques e *quanto* pedir, tal que os custos sejam minimizados e o nível de serviço requerido pelos usuários seja satisfeito. A teoria de controle de estoque talvez tenha sido nas décadas passadas uma das mais aplicadas dentre os modelos idealizados de pesquisa operacional. Outras contribuições de pesquisa operacional a partir dos anos 50 incluíram análises de portfólio considerando o compromisso (*trade-off*) entre retorno esperado e risco por meio de modelos de *programação não linear* (definidos na seção 8.5), com os estudos de Harry Markowitz (ganhador de um Prêmio Nobel em 1990 pelo seu trabalho pioneiro na teoria de economia financeira), e problemas de mistura de óleos em refinarias, particularmente gasolinas de aviação, por A. Charnes e W. Cooper.

Um campo proeminente de aplicações bem-sucedidas de técnicas de otimização matemática foi a de situações relativas a processos de produção mais automatizados, em que o impacto do fator humano pode ser, em certa medida, negligenciado como, por exemplo, nos problemas de corte de estoque (GILMORE e GOMORY, 1961). Modelos de roteamento e programação de veículos (BODIN *et al.*, 1983) também encontraram um campo fértil de aplicações em empresas com atividades de transporte e distribuição. Esse impacto pode ser observado pelo grande número de sistemas computacionais comerciais existentes e que utilizam métodos de otimização para elaboração de rotas.

Nas décadas de 1970 e 1980, a pesquisa operacional já era um campo bem consolidado no que diz respeito à análise matemática. Os maiores avanços foram obtidos no campo de *programação matemática* e, em particular, em *otimização discreta e não linear* (definidas na seção 8.5). Entretanto, seu impacto no projeto e controle de processos operacionais reais ainda era muito limitado. A razão para isso pode ser atribuída ao fato de muitos dos modelos e métodos de soluções disponíveis não serem reconhecidos pelos gerentes como tendo correspondência estreita com os problemas com que eles lidavam. Conforme Shapiro (2001), as empresas nessa época estavam mais interessadas em métodos para obter dados do que em métodos para analisá-los. Durante esse período, a tecnologia de informação que poderia dar suporte à implementação de modelos de pesquisa operacional era ainda incipiente, e frequentemente os dados necessários para um modelo realista não estavam disponíveis ou não podiam ser obtidos em um tempo aceitável (por exemplo, ausência de sistemas de custeio efetivos nas empresas). Devido à falta de oportunidades para tratar de problemas reais, acadêmicos e pesquisadores nessa área se dedicaram principalmente ao desenvolvimento de conhecimento teórico, em muitos casos, em direções de pouca relevância prática.

De fato, conforme alguns autores, os reais desenvolvimentos de impacto ocorreram na indústria e não foram dirigidos por resultados teóricos. Nos anos 70, a tecnologia de informação para o controle de processos de manufatura foi introduzida nas indústrias, em particular por meio dos sistemas MRP (*Material Requirement Planning*). Inicialmente, boa parte da comunidade científica desconsiderou esses sistemas, não tendo desempenhado um papel importante em seu desenvolvimento. Posteriormente, os sistemas MRP foram adotados extensivamente, e os teóricos de pesquisa operacional começaram a analisar problemas a eles relacionados, criando, portanto, *insights*, mas novamente sem muito impacto prático. Um fenômeno similar foi observado em resposta à introdução de sistemas de manufatura flexível FMS (*Flexible Manufacturing Systems*). Esses sistemas já eram operacionais no início de 1970, porém somente se tornaram um tópico de estudo da pesquisa operacional cerca de dez anos depois. Modelos como os de Stecke (1983) e Whitt (1983) alavancaram a aplicação da teoria de filas e redes de filas, programação linear e não linear, simulação e *métodos heurísticos* (discutidos na seção 8.5) na resolução de problemas de planejamento e programação de FMS, e outros sistemas de manufatura.

Além disso, devem ser mencionados os esforços de modelagem do fenômeno conhecido como curva de aprendizagem. Essa curva descreve o resultado empírico de que a frequente repetição de uma operação leva à diminuição do tempo necessário para sua execução, e propõe que a relação entre horas de trabalho ou custos de produção unitários e o número total de itens produzidos seja uma função linear nos logaritmos dessas variáveis. Note que a curva de aprendizagem advém da observação de dados em processos reais, não sendo, portanto, um modelo causal. Posteriormente, foram elaborados modelos explanatórios e preditivos que relacionaram a teoria existente de áreas como psicologia e comportamento organizacional à função observada em estudos de aprendizado empírico e que descrevem relações quantitativas causais.

8.2.3. O *gap* entre teoria e prática da pesquisa operacional

A discussão dos parágrafos anteriores sugere que a pesquisa operacional é mais efetivamente aplicada quando são estudados modelos mais próximos aos processos operacionais reais, que possam ser validados e cujos resultados das análises sejam testados na prática. Dessa maneira, são obtidos *feedbacks* acerca da qualidade do modelo utilizado e das soluções obtidas dessas análises. Em outras palavras, quando a pesquisa quantitativa teórica é combinada com a pesquisa quantitativa empírica, o que vem sendo observado com mais frequência apenas mais recentemente. Apesar das faltas no passado, o futuro da pesquisa quantitativa em pesquisa operacional é bem promissor, especialmente no tocante a aplicações em gestão de produção e operações. Por exemplo, o interesse crescente de gerentes na gestão de cadeias de suprimento abriu novas oportunidades para a construção de modelos quantitativos para analisar esses sistemas. A partir dos anos 90, com a expansão dos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) nas empresas e a necessidade

de tecnologias de informação mais analíticas, tiveram início as incorporações de sistemas de apoio à decisão (DSS – *Decision Support Systems*) nesses sistemas (por exemplo, APS – *Advanced Planning Systems*), baseados em modelos de pesquisa operacional.

Mais recentemente, a pesquisa operacional também vem sendo chamada de *ciência e tecnologia de decisão* (SHAPIRO, 2001). O componente científico diz respeito às ideias e processos envolvidos na articulação e modelagem de problemas de decisão, os quais determinam os objetivos do tomador de decisão e as restrições sob as quais se devem operar. Esse componente também decorre dos métodos matemáticos utilizados para otimizar os sistemas numéricos resultantes, ao se utilizar dados nos modelos. O componente tecnológico, por sua vez, diz respeito às ferramentas de software e *hardware* que coletam, transmitem e organizam esses dados. Em outras palavras, a pesquisa operacional está se tornando um importante elemento de metodologias de tecnologia da informação. A sociedade americana INFORMS, de pesquisa operacional e ciências de administração, atualmente define pesquisa operacional e ciências de administração como disciplinas profissionais que tratam da aplicação da tecnologia da informação para a tomada de decisões informada.

8.3. Tipologia de metodologias quantitativas

Alguns autores estudaram a pesquisa em gestão de produção e operações com foco em dois padrões principais de pesquisa (MEREDITH *et al.*, 1989; CRAIGHEAD e MEREDITH, 2008): 1) a orientação do pesquisador na pesquisa, podendo ser *racional* (isto é, altamente dedutiva, axiomática) ou *existencial* (isto é, indutiva, interpretativa); 2) a fonte de dados da pesquisa para análise, podendo ser *natural* (isto é, empírica, diretamente observada) ou *artificial* (isto é, tipicamente uma reconstrução hipotética). Combinando-se esses padrões, pode-se desenvolver, por exemplo, desde pesquisas altamente racionalistas, com análises axiomáticas baseadas em reconstruções artificiais da realidade (por exemplo, por meio de simulações no computador) até pesquisas mais interpretativas, baseadas em observações naturais e experiências diretas da realidade (por exemplo, por meio de entrevistas a pessoas e observação direta da realidade).

A pesquisa em gestão de produção e operações baseada em modelos quantitativos pode ser classificada como uma abordagem de geração de conhecimento racional (MEREDITH *et al.*, 1989). Ela parte da premissa de que é possível construir modelos que expliquem pelo menos parte do comportamento de processos reais, ou que é possível capturar pelo menos parte dos problemas de tomada de decisão encontrados em processos reais. As relações entre as variáveis são descritas como causais, ou seja, é reconhecido de forma explícita que uma mudança de valor em uma variável x leva a uma mudança de valor em outra variável $y = f(x)$. Uma consequência importante do fato de as relações serem causais e quantitativas é que, em vez de apenas explicarem o que é observado, modelos quantitativos podem ser usados para prever o estado futuro dos processos modela-

dos, gerando resultados não ambíguos e verificáveis. Tais resultados não são válidos para situações não descritas no modelo; nesses casos, previsões não ambíguas e verificáveis são muito difíceis de ser feitas.

8.3.1. Pesquisa axiomática quantitativa

Conforme Bertrand e Fransoo (2002), observam-se na literatura duas classes distintas de pesquisa baseada em modelos quantitativos. A primeira classe é denominada *axiomática* e é primariamente dirigida a modelos de problemas idealizados. Nesse caso, a preocupação fundamental do pesquisador é obter soluções para o modelo em questão e assegurar que tais soluções ajudem a esclarecer a estrutura do problema descrito no modelo. A pesquisa axiomática quantitativa produz conhecimento sobre o comportamento de certas variáveis do modelo, baseada em premissas sobre o comportamento de outras variáveis do modelo. Ela pode também produzir conhecimento sobre como manipular certas variáveis do modelo, admitindo um comportamento para as outras variáveis do modelo.

A pesquisa axiomática tem sido muito produtiva, e grande quantidade do conhecimento baseado em modelos quantitativos vem sendo desenvolvida nos últimos 50 anos. Métodos formais desenvolvidos em diversas áreas, tais como matemática, estatística e ciências de computação, são usados para produzir tal conhecimento. De fato, a pesquisa baseada em modelos teóricos se baseia fortemente em resultados obtidos nessas áreas e, como resultado, os tipos de modelos estudados são grandemente determinados pelos métodos e técnicas disponíveis. Os pesquisadores dessa linha olham para o problema em questão pelo viés de modelos matemáticos que podem ser analisados.

A pesquisa axiomática quantitativa pode ser classificada como *normativa* (ou *prescritiva*) ou *descritiva*.

8.3.2. Pesquisa axiomática normativa

A pesquisa axiomática normativa desenvolve normas, políticas, estratégias e ações, a fim de melhorar os resultados disponíveis na literatura, encontrar uma solução ótima para um problema novo ou comparar o desempenho de estratégias que tratam um mesmo problema. Em outras palavras, essa pesquisa baseia-se em modelos que prescrevem uma decisão para o problema – em geral, modelos de programação matemática.

Exemplo 1: O problema clássico de dimensionamento de lotes (*lot sizing*) de produção capacitado é um problema idealizado em que se deseja planejar a produção de n tipos de produtos em um horizonte de planejamento de T períodos de tempo. Admite-se que a demanda d_{it} de cada tipo i ($i = 1, \dots, n$) de produto em cada período t ($t = 1, \dots, T$) seja conhecida previamente. Também se admite que a produção de cada unidade do produto i consuma um tempo b_i

da capacidade de produção C_t (em horas) disponível no período t . Os produtos i são produzidos a um custo unitário c_{it} e podem ser estocados a um custo unitário h_{it} em cada período t . Além disso, a produção de cada tipo i de produtos envolve um tempo fixo de preparação sp_i e um custo fixo de preparação s_i dos equipamentos. Esse problema idealizado pode ser representado por um modelo de otimização que determina os tamanhos dos lotes de produção de cada produto em cada período do horizonte de planejamento, com o objetivo de minimizar os custos totais de produção, preparação e estocagem.

Exemplo 2: O problema clássico de roteamento de veículos capacitado é outro problema idealizado em que se deseja atender à demanda por produtos de n clientes dispersos geograficamente. O atendimento da demanda é realizado por uma frota homogênea de m veículos com capacidade C . Os veículos partem de uma única garagem para a qual devem retornar em um tempo máximo igual a T . A carga de cada cliente não pode ser particionada, ou seja, cada cliente deve ser atendido por um único veículo. Admite-se que as quantidades d_i demandadas por cada cliente i ($i = 1, \dots, n$) sejam conhecidas e que a distância entre cada par (i, j) de localidades ($i, j = 0, \dots, n$, onde 0 indexa a garagem) seja igual a d_{ij} . Esse problema idealizado pode ser representado por um modelo de otimização que designa para cada veículo um subconjunto de clientes a serem atendidos e a sequência de atendimento associada até o retorno à garagem (rota), com o objetivo de minimizar a distância total percorrida pela frota.

Na pesquisa axiomática normativa, novos modelos de otimização ou variações de modelos existentes podem ser propostos para um problema idealizado, como os problemas de dimensionamento de lotes e de roteamento de veículos dos exemplos citados, utilizando métodos de solução conhecidos da literatura para resolvê-los. Também podem ser desenvolvidas pesquisas que estudam modelos de otimização conhecidos para o problema idealizado, mas que propõem novos métodos para resolver esses modelos ou variações de técnicas de solução já existentes, mas que produzem melhores resultados. Nesses casos, além de conhecimento de teoria de otimização matemática, também é necessário conhecimento nas áreas de análise numérica e ciências de computação.

8.3.3. Pesquisa axiomática descritiva

A pesquisa axiomática descritiva, por sua vez, preocupa-se em analisar modelos quantitativos, principalmente com o propósito de entender o processo modelado ou explicar suas características. Diferentemente da pesquisa normativa, essa classe baseia-se em modelos que *descrevem* o comportamento do sistema ou problema modelado, isto é, permitem uma melhor compreensão dos relacionamentos funcionais do ambiente em questão.

Exemplo 3: Em um problema idealizado de filas do tipo $G/G/1$, admite-se que o intervalo de tempo entre chegadas de usuários no sistema é uma variável aleatória com distribuição de probabilidade genérica (G), com taxa média de chegada igual a λ clientes por hora, os quais são atendidos em ordem de chegada por um único servidor. Também se admite que o tempo de serviço de cada cliente é uma variável aleatória com distribuição de probabilidade genérica (G), com taxa média de serviço igual a μ clientes por hora. Caso o servidor esteja ocupado na ocorrência de uma chegada, o cliente deve aguardar a sua vez em uma fila de espera. Esse problema idealizado pode ser representado por um modelo analítico de teoria de filas, que seja tratável e capaz de quantificar a congestão do servidor, com o objetivo de fornecer medidas de desempenho, tais como o comprimento médio e o tempo médio de espera na fila dos clientes, e a utilização média da capacidade do servidor.

Exemplo 4: No problema idealizado de jogo de soma zero com dois jogadores (*two-person zero-sum game*), o jogador 1 precisa selecionar uma dentre m estratégias disponíveis. De forma similar, o jogador 2 precisa selecionar uma dentre n estratégias disponíveis. Se o jogador 1 escolher sua i -ésima estratégia e o jogador 2 escolher sua j -ésima estratégia, o jogador 1 recebe uma recompensa de a_{ij} , enquanto o jogador 2 perde esse montante. Esse problema idealizado, no qual o sucesso das decisões de um jogador depende das decisões do outro, pode ser representado segundo a teoria de jogos por uma matriz que descreve as possíveis decisões dos jogadores e ganhos resultantes associados.

Cabe ressaltar que, além de seu papel como ferramenta descritiva do comportamento de agentes em situações estratégicas, a teoria de jogos pode representar o problema anterior por um modelo analítico de otimização com o objetivo de determinar a estratégia ótima de cada agente.

8.3.4. Pesquisa empírica quantitativa

A segunda classe de pesquisa baseada em modelos quantitativos é denominada *empírica*, sendo primariamente dirigida por descobertas e medidas empíricas. Nessa linha de pesquisa, a preocupação principal do pesquisador é assegurar que exista adesão entre observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade. Diferentemente da pesquisa axiomática, que estuda um problema idealizado, formulando teorias a partir dele e explorando o uso intensivo de métodos matemáticos, estatísticos e de ciências da computação, a pesquisa empírica está principalmente interessada em criar modelos que se adequem bem às relações causais existentes no problema real. Como decorrência, a pesquisa empírica preocupa-se com testar em processos reais, com a validade dos modelos científicos obtidos

pela pesquisa teórica quantitativa, e com a utilidade e o desempenho das soluções resultantes. Em outras palavras, essa linha de pesquisa reporta aplicações dos resultados de pesquisa teórica em processos reais, podendo ser também classificada como descritiva ou normativa.

Diferentemente da pesquisa axiomática, a pesquisa baseada em modelos empíricos quantitativos não tem sido muito produtiva. Pesquisadores dedicados a essa linha precisam ter um bom conhecimento das características relevantes do processo operacional em estudo, cujo acesso pode representar um obstáculo. Conforme Bertrand e Fransoo (2002), trabalhos em pesquisa empírica baseada em modelagem matemática devem envolver diversos passos, como identificação das premissas do processo ou problema e dos tipos do processo operacional e do problema de decisão considerados, definições operacionais do processo operacional e do sistema de decisão e derivação das hipóteses relativas ao comportamento do processo, desenvolvimento de medidas e resultados dessas medidas e observações, interpretação dos dados e observações com relação às hipóteses, e confirmação ou rejeição das premissas do modelo teórico.

8.3.5. Pesquisa empírica descritiva

A pesquisa empírica descritiva está principalmente interessada em criar um modelo que *descreva* de forma adequada as relações causais que podem existir na realidade, o que leva a uma compreensão dos processos reais.

Exemplo 5: Em usinas de açúcar e álcool, deseja-se avaliar o desempenho dos sistemas de corte, carregamento, transporte, pesagem e descarregamento de cana-de-açúcar, desde as frentes de corte nos talhões da área agrícola até o sistema de recepção (descarga de cana) defronte às moendas da área industrial. Especificamente, deseja-se descrever como os diferentes elos desse canal de suprimentos irão operar ao longo de um período de tempo, em função dos parâmetros e políticas adotados. Em particular, buscam-se estimativas precisas dos tempos médios de ciclo dos caminhões entre a usina e o campo, dos tempos médios de espera desses caminhões nas frentes de corte e nas filas dos pontos de descarga do sistema de recepção, e das quantidades médias de cana descarregadas nas moendas ao longo do tempo. Também deve ser investigado o desempenho de cenários envolvendo configurações e políticas alternativas. Esse canal de suprimentos pode ser representado por um modelo de simulação discreta que considera as características operacionais dos equipamentos nas frentes de corte e da cana cortada (picada ou inteira), da frota de caminhões para o transporte de cana (“rodotrem”, “treminhão”, “romeu e julieta”), das balanças de pesagem dos caminhões, do estoque intermediário de carretas de cana (conjuntos “julieta”) no pátio e dos pontos de descarga no sistema de recepção, assim como as metas de taxas de descarga de cana nas moendas.

Nesse exemplo, além do conhecimento de ferramentas computacionais de simulação, também são necessárias técnicas de planejamento de experimentos e análise estatística. Conforme discutido na seção 8.2, o uso de modelos de simulação é comum em situações em que o problema real é por demais complexo para se utilizar análise matemática formal, como, por exemplo, teoria de filas ou redes de filas. Outro exemplo de pesquisa quantitativa empírica descritiva é a previsão da demanda de produtos de uma empresa por meio de modelos de séries temporais derivados a partir de dados históricos de vendas desses produtos. Mais outro exemplo desse tipo de pesquisa são os trabalhos em dinâmica industrial conduzidos por Forrester a partir da década de 1950, como o conhecido jogo da cerveja (*beer game*), e as observações empíricas que levaram à identificação do fenômeno conhecido como efeito chicote. Este último descreve como a variabilidade na demanda aumenta à medida que se move a montante na cadeia de suprimentos.

8.3.6. Pesquisa empírica normativa

A pesquisa empírica normativa quantitativa, por sua vez, visa ao desenvolvimento de políticas, estratégias e ações que melhorem a situação corrente. Diferentemente da pesquisa descritiva, essa pesquisa baseia-se em modelos que prescrevem uma decisão para o problema, podendo ser baseada em modelos de otimização (ou programação) matemática.

Exemplo 6: Em fábricas de chapas de fibra de madeira reconstituída, deseja-se gerar um conjunto de planos (padrões) de corte de chapas que atenda à demanda por itens com perda mínima do material. Esse problema pode ser representado por um modelo de programação matemática que captura, em detalhes, o funcionamento dos equipamentos de corte de chapas utilizados pelas empresas. O modelo deve considerar, além das restrições usuais acerca das combinações geométricas dos itens a serem cortados dentro de cada chapa, características particulares dos processos de corte e dos tipos de equipamento. Por exemplo, restrições que consideram o número de estações de descarregamento automáticas e manuais do equipamento de corte, restrições que limitam os tamanhos dos cortes nas chapas em função das serras longitudinais e verticais do equipamento, restrições que consideram o giro do pacote de chapas no equipamento e limitam o número de estágios para os cortes no pacote, além de restrições que incluem cortes do tipo cabeça, grandezas das incisões das serras e remates, entre outras.

Note, no exemplo, que um modelo que desconsidere parte das restrições descritas pode produzir como solução um conjunto de padrões de corte de chapas inviável para ser produzido no equipamento. Nesse caso, o modelo proposto, assim como a utilidade e o desempenho das soluções por ele geradas, seria invalidado empiricamente.

Finalmente, cabe ressaltar que a classificação da pesquisa quantitativa em gestão de produção e operações geralmente se limita aos quatro tipos puros, ou seja, às pesquisas axiomática descritiva, axiomática normativa, empírica descritiva e empírica normativa. Na prática, entretanto, é possível encontrar estudos em que alguns desses tipos de pesquisa são combinados.

8.4. Processo de modelagem e abordagem de pesquisa operacional

A construção de um modelo de pesquisa operacional, em geral, envolve dois processos de abstração. Inicialmente, o sistema real, com grande número de variáveis, é abstraído em um *modelo conceitual*, ou seja, em uma descrição verbal na qual apenas uma fração das variáveis originais que definem o comportamento do sistema é considerada. Esse processo de abstração é central no caso de pesquisa empírica quantitativa. Em seguida, o modelo conceitual é abstraído em um modelo matemático *analítico* (isto é, em que a descrição das relações do sistema pode ser expressa por funções matemáticas) ou em um modelo *experimental* de simulação (isto é, que procura emular por meio de relações lógicas o funcionamento do sistema), para representar satisfatoriamente o sistema. Para formular um modelo matemático, simplificações razoáveis do modelo conceitual devem ser realizadas em diferentes níveis, tendo em mente, entretanto, que a validação do modelo proposto requer que sua solução seja coerente com os objetivos e restrições do sistema real. Note que, dessa maneira, uma análise qualitativa precede a análise quantitativa.

8.4.1. Processo de modelagem matemática

O diagrama da Figura 8.2, extraído de Arenales *et al.* (2007), ilustra um processo simplificado da abordagem de solução de um problema utilizando modelagem matemática. Outros diagramas relacionados podem ser encontrados em Ackoff e Sasieni (1968) e Mitroff *et al.* (1974), também preocupados em descrever a metodologia de pesquisa operacional na resolução de problemas. Embora seja dirigido a modelos matemáticos, esse diagrama também pode ser interpretado para modelos de simulação.

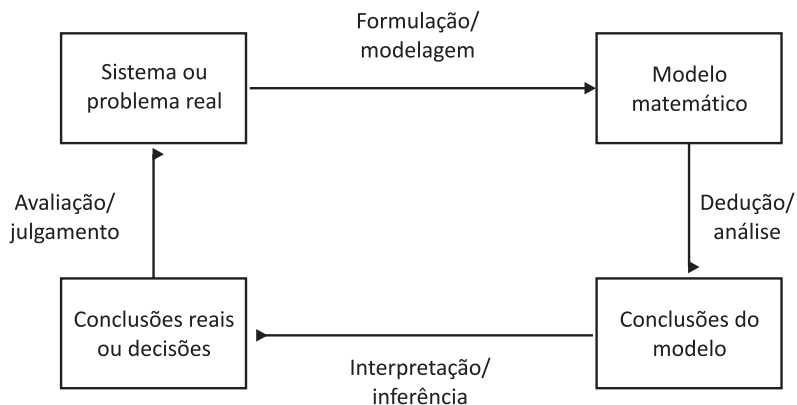


Figura 8.2 – Processo de modelagem.

A *formulação (modelagem)* define as variáveis de interesse e as relações matemáticas para descrever o comportamento relevante do sistema ou problema real. É nesse ponto que o pesquisador escolhe quais variáveis devem ser incluídas no modelo, e define as relações causais entre essas variáveis. Essa etapa é importante na pesquisa empírica quantitativa, mas também pode ser importante nos casos de pesquisa axiomática quantitativa, em que se investigam modelagens alternativas para o problema idealizado. A *dedução (análise)* aplica técnicas matemáticas e tecnologia para resolver o modelo matemático (usualmente utilizando códigos computacionais e computadores) e visualizar as conclusões e/ou decisões sugeridas pelo modelo. Essa etapa é central nos casos de pesquisa axiomática que desenvolvem métodos de solução mais efetivos ou analisam métodos existentes. A *interpretação (inferência)*, por sua vez, discute se as conclusões e/ou decisões obtidas com o modelo têm significado suficiente para inferir conclusões e/ou decisões para o problema real. Frequentemente, uma *avaliação (julgamento)* dessas conclusões ou decisões inferidas mostra que elas não são adequadas e que o escopo do problema e sua modelagem matemática precisam de revisão, o que implica a repetição do ciclo. Essa etapa também é particularmente relevante na pesquisa empírica quantitativa.

Alguns autores sugerem que a utilização da metodologia da pesquisa operacional como ferramenta de resolução de problemas é ao mesmo tempo “ciência” e “arte”. Ciência por causa das técnicas matemáticas e métodos computacionais envolvidos (objetivo); arte porque o sucesso de todas as fases que precedem e sucedem a solução do modelo depende muito da criatividade e experiência dos analistas de pesquisa operacional envolvidos e de sua habilidade em representar os conceitos de eficiência e escassez por meio de modelos matemáticos (subjetivo).

8.4.2. Abordagem de pesquisa operacional

A abordagem de resolução de um problema sob a ótica da pesquisa operacional envolve várias fases baseadas no diagrama da Figura 8.2.

Definição do problema

Nessa fase são definidos o escopo do problema em estudo, as decisões de interesse e os objetivos envolvidos, e o modelo conceitual do problema. Nesse modelo são descritas as alternativas de decisões e as limitações sob as quais o sistema modelado funciona. Conforme mencionado, essa fase é central na pesquisa empírica. Se o modelo conceitual não representar adequadamente o problema real, dificilmente se obterá a resposta “correta” para um problema “incorreto”. A definição correta do modelo conceitual é talvez a fase mais importante e mais difícil na prática da pesquisa operacional (HILLIER e LIEBERMAN, 2006; TAHA, 2009). Na pesquisa axiomática, o problema é idealizado, e o modelo conceitual em geral é tomado da literatura ou é uma variação de um modelo conceitual estudado anteriormente.

Exemplo 7: Tomando como ilustração um simples exemplo extraído de Winston (2004), considere que um gerente de banco contrate um analista de pesquisa operacional para estudar alternativas de redução de gastos com o salário dos caixas, ao mesmo tempo que um determinado nível de serviço ao cliente seja mantido. Nessa fase são especificados os objetivos da organização, por exemplo, minimizar os gastos semanais com salários contanto que o tempo médio que um cliente espera em fila seja no máximo de três minutos. Também são especificados os aspectos do sistema que interferem no alcance dos objetivos e que precisam ser estudados antes de o problema ser resolvido, por exemplo, a taxa média de chegada de clientes ao banco a cada hora, o número de clientes por hora que um caixa atende em média, se os caixas são especializados ou realizam todo tipo de atendimento, se os clientes esperam por atendimento em fila única ou em filas paralelas na frente de cada caixa, o tipo de disciplina de atendimento nas filas, entre outros. O analista coleta informações e dados para estimar o valor dos parâmetros que afetam o problema da organização. Por exemplo, em média, quantos clientes chegam a cada hora? A taxa de chegada dos clientes depende da hora do dia? Em média, quantos clientes, por hora, um caixa pode atender? A velocidade com que um caixa atende os clientes depende do número dos clientes esperando na fila? Ao chegarem e encontrarem o sistema ocupado, os clientes sempre se dirigem para a fila mais curta? Quando no fim de uma longa fila, os clientes frequentemente trocam para uma fila mais curta?

Construção do modelo

As informações e estimativas coletadas na primeira fase são usadas nessa fase para desenvolver e avaliar um modelo matemático do problema, seja através de relações matemáticas ou lógicas de simulação, ou alguma combinação delas. Em geral, o modelo matemático construído a partir do modelo conceitual é baseado em outros modelos matemáticos da literatura de pesquisa operacional. Se as relações matemáticas forem muito complexas para permitir a determinação de uma solução analítica, pode-se considerar a utilização de um modelo de simulação para produzir uma solução experimental. Além do processo de coleta de dados para determinar parâmetros para o modelo, também é comum nessa fase a realização de análises e experimentos preliminares com o modelo, a fim de se obter maior *insight* sobre o comportamento e a adequação do modelo. Essa fase não é somente importante na pesquisa empírica, mas também nos casos de pesquisa axiomática em que se investigam modelos alternativos para o problema idealizado, particularmente na pesquisa axiomática normativa.

Exemplo 7 (continuação): No exemplo do banco, um modelo matemático pode ser desenvolvido para prever o tempo médio que um cliente espera em fila (W_q), baseado em parâmetros (dados e informações coletados), como o número médio de clientes chegando ao banco a cada hora (λ), o número médio de clientes que um caixa pode atender a cada hora (μ), o número de caixas disponíveis (m), além do tipo de filas e a maneira como os clientes entram nas filas. Um modelo matemático que resulta em uma equação relacionando esses três parâmetros a W_q é um exemplo de modelo analítico. Por exemplo, se as informações relativas ao problema real sugerem que ele possa ser modelado simplesmente como m sistemas de filas paralelas e independentes do tipo M/M/1 (isto é, os processos de chegada e serviço dos clientes em cada caixa são supostos markovianos), então pode ser mostrado que, sob a hipótese de que o sistema atinja equilíbrio (*steady-state*), o tempo médio de espera em cada fila é dado por $W_q = \frac{\lambda/m}{\mu(\mu - \lambda/m)}$. Se, por outro lado, os processos de chegada e serviço dos clientes não foram markovianos ou se não for razoável admitir que o sistema esteja em equilíbrio, então o modelo deve ser estendido para considerar outras distribuições de probabilidade para esses processos e incorporar uma análise transiente do sistema.

Solução do modelo

Nessa fase, métodos de solução e algoritmos são utilizados para resolver o modelo da segunda fase, em geral utilizando software e *hardware* computacionais (um algoritmo é uma sequência finita e não ambígua de instruções computáveis para solucionar um problema). Esses algoritmos podem ser conhecidos da literatura de pesquisa operacional ou desenvolvidos especificamente para tratar o modelo da segunda fase. É comum, nessa fase, a realização de diversos testes preliminares para identificar possíveis erros e verificar a adequação e o desempenho da implementação computacional dos algoritmos (isto é, do modelo computacional). Também é comum a realização de análises de sensibilidade e de cenários (levantando questões do tipo *what-if*), para verificar a consistência e a robustez das soluções, particularmente quando os parâmetros do modelo não podem ser estimados com precisão.

Em geral, a terceira fase é a mais bem definida do processo de implementação de um estudo de pesquisa operacional, uma vez que lida em grande parte com modelos matemáticos precisos. Conforme mencionado anteriormente, essa fase é central nos casos de pesquisa axiomática, em que são explorados métodos de solução mais efetivos para resolver o modelo, particularmente na pesquisa axiomática normativa. Nesse tipo de pesquisa, é comum a realização de experimentos comparando as soluções obtidas com as soluções de outros métodos da literatura (*benchmarking*).

Exemplo 7 (continuação): No exemplo do banco, o analista poderia resolver a equação de W_q para determinar quão bem o sistema, no caso o banco, está controlando os tempos de espera. Entretanto, se os processos de chegada e serviço dos clientes não forem markovianos ou se os clientes aguardando atendimento nos caixas trocam de fila, então na maioria das situações não existe uma simples equação matemática que possa ser usada para relacionar os três parâmetros a W_q . Quando isso ocorre, caso se opte por não desenvolver um modelo analítico de filas mais elaborado, pode-se construir um modelo de simulação a fim de emular o comportamento do sistema real ao longo do tempo. Dado um modelo e um conjunto de alternativas, o analista aplica um método de solução para escolher a alternativa ou solução que melhor atende aos objetivos da organização, ou seja, determina quantos caixas devem ser empregados de forma a minimizar os custos semanais com salários, sujeito à restrição de que em média cada cliente espere em fila no máximo por três minutos.

Validação do modelo

Nessa fase é verificado se o modelo proposto representa apropriadamente o problema, ou seja, se o modelo descreve adequadamente o comportamento do sistema real, diante das hipóteses admitidas na definição do problema na primeira fase. Note que a qualidade da solução de um modelo depende da precisão com que esse modelo representa o problema. Um modelo mais preciso, mesmo que resolvido de forma aproximada, pode ser bem mais útil do que um modelo menos preciso resolvido de forma exata. Um método comum para verificar a validade de um modelo é comparar seus resultados com dados históricos do problema. A qualidade da solução do modelo também depende da qualidade dos dados de entrada do modelo; a conhecida expressão inglesa “*garbage in, garbage out*” (entra lixo, sai lixo) sintetiza essa questão.

Essa fase é importante na pesquisa empírica, mas também na pesquisa axiomática, embora não seja comumente considerada nesta última. Conforme observado antes, a pesquisa empírica quantitativa deve ser projetada para testar a validade dos modelos teóricos quantitativos e as soluções dos problemas teóricos quantitativos com respeito aos processos operacionais reais. A pesquisa empírica orientada para modelos tem a vantagem da grande quantidade de pesquisa axiomática quantitativa disponível. A essência é validar tanto o modelo conceitual da primeira fase quanto a solução proposta pelos resultados da pesquisa axiomática.

Exemplo 7 (continuação): No exemplo do banco, o valor estimado de W_q é confrontado com os valores observados em situações reais. Se a estimativa não estiver próxima da realidade, deve-se retornar à primeira ou segunda fase e revisar ou desenvolver um novo modelo. Mesmo que a estimativa esteja próxima da realidade, deve-se considerar a validade do modelo em situações estressantes, por exemplo, quando o banco experimenta grande fluxo de clientes.

Implementação da solução

Nessa fase a preocupação é com a implementação da solução na prática da empresa ou organização, traduzindo os resultados do modelo em conclusões ou decisões. A realização dessa fase pode requerer bastante tempo, principalmente se ela envolver a implantação de um sistema computacional integrado ao sistema de informações gerenciais e bases de dados da empresa para apoiar as decisões na prática. Conforme mencionado anteriormente, essa fase é importante na pesquisa empírica.

Exemplo 7 (continuação): No exemplo do banco, caso o gerente tenha aceitado o estudo, o analista deve participar da implementação da alternativa escolhida. O sistema precisa ser constantemente monitorado (e atualizado sempre que houver alterações) para assegurar que a organização esteja alcançando seus objetivos. Suponha que depois de as sugestões do analista terem sido implementadas na prática, 60% dos clientes esperem mais de três minutos. Nesse caso, o objetivo do banco não está sendo atingido e o analista deve retornar à primeira, segunda ou terceira fase e reexaminar o modelo.

A discussão dos parágrafos anteriores revela que um modelo matemático nem sempre é formulado de uma só vez, podendo haver ciclos entre a primeira e a quinta fase para correções. Equívocos não são incomuns, mesmo para os mais experientes modeladores. Algumas vezes, a análise da solução do modelo é suficiente para revelar inconsistências no mesmo, o que requer sua reformulação. Outras vezes, somente após a operação do modelo na prática é que as falhas se tornam evidentes, o que demanda a repetição de todo o ciclo. Com o aprimoramento dos métodos de solução dos modelos e o desenvolvimento tecnológico dos computadores e da informática (principalmente a partir dos anos 80, com a popularização dos microcomputadores), tem sido possível resolver modelos de pesquisa operacional cada vez mais complexos, outrora intratáveis. As soluções dos modelos apoiam o processo de tomada de decisões, mas, em geral, diversos outros fatores pouco tangíveis e não quantificáveis também são levados em consideração para a decisão final (por exemplo, soluções que não levem em conta o comportamento humano podem ser inadequadas). Em outras palavras, modelos não substituem tomadores de decisão.

8.5. Classificação de modelos de pesquisa operacional e métodos de resolução

Esta seção apresenta resumidamente alguns modelos de pesquisa operacional e discute métodos de resolução associados, com base em Arenales *et al.* (2007) e em outros livros introdutórios de pesquisa operacional referenciados no final deste capítulo.

8.5.1. Modelos de programação matemática (determinísticos)

Modelos de programação matemática (otimização matemática) têm um papel de destaque na pesquisa operacional. Para um dado problema (por exemplo, a determinação do *mix* de produção em um processo produtivo), um modelo de programação matemática é um modelo analítico que representa alternativas ou escolhas desse problema como *variáveis de decisão* (por exemplo, quanto produzir de cada produto em cada período do horizonte de planejamento), e procura por valores dessas variáveis de decisão que minimizam ou maximizam uma função dessas variáveis denominada *função objetivo* (por exemplo, minimizar o custo total de produção ou maximizar a margem de contribuição ao lucro total). Os valores das variáveis de decisão na alternativa selecionada devem satisfazer um conjunto de relações analíticas entre estas e outras variáveis do problema denominadas *restrições* (por exemplo, limitações de capacidade do processo de produção e de disponibilidade de matérias-primas em cada período). A forma geral de um modelo de programação matemática é:

Minimizar ou maximizar *função objetivo*,
sujeito a *restrições*

Em modelos de programação linear (otimização linear), a função objetivo e as restrições são lineares nas variáveis, ou seja, consistem em somatórios de termos, cada qual composto pela multiplicação de uma constante e uma única variável de decisão. Além disso, os valores das variáveis podem assumir valores contínuos (fracionários). Em modelos de programação discreta (otimização binária, inteira), as funções são lineares nas variáveis; entretanto, os valores destas estão limitados a inteiros (isto é, 0, 1, 2,...). Modelos de *programação (fluxos) em redes* (otimização em redes), por sua vez, são utilizados quando o problema possui características que permitem sua representação como uma rede ou grafo. Em modelos de programação não linear (otimização não linear), uma ou mais funções são não lineares nas variáveis, por exemplo, quando tais funções possuem expoentes ou logaritmos nas variáveis. Outros modelos de programação matemática são a *programação multiobjetivos* (por exemplo, programação de metas, análise de otimalidade de Pareto e curvas de *trade-off*, análise de envoltória de dados – DEA), que consideram situações com múltiplas funções objetivos possivelmente conflitantes. Nessa classe, também se incluem modelos baseados em técnicas de programação dinâmica determinística.

8.5.2. Modelos estocásticos (ou probabilísticos)

Diferentemente dos modelos determinísticos, modelos de *programação estocástica* (otimização probabilística) consideram incertezas nos parâmetros do problema. Por exemplo, em um problema de roteamento de veículo estocástico, o tempo de viagem em trechos (arcos) e a demanda dos clientes podem não ser conhecidos com certeza antes da implementação prática das rotas. Nessas situações, modelos de programação estocástica

são construídos para obter uma solução que maximize, por exemplo, a probabilidade de atendimento das demandas ou a probabilidade de completar as rotas no tempo máximo estabelecido. Modelos estocásticos requerem, em geral, grande quantidade de dados históricos e tratamento estatístico adequado. Outros exemplos de modelos estocásticos discutidos na seção 8.2 e que consideram incertezas são aqueles baseados em teoria de filas, os modelos de previsão baseados em séries temporais (por exemplo, modelos de regressão linear e suavização exponencial, modelos de Box-Jenkins e inferência bayesiana), os modelos de gestão de estoques em que as demandas dos itens estocados e os *leadtimes* de reposição desses itens são considerados incertos, e os modelos econômicos que representam as inter-relações entre vários setores da economia de uma região (por exemplo, modelos de fluxo de Leontief, modelos de entrada-saída ou insumo-produto). Outros exemplos são ainda os modelos baseados em técnicas de programação dinâmica estocástica, os modelos de otimização robusta, os modelos de teoria de decisão com incerteza (por exemplo, análise de árvores de decisão com regras de Bayes), os modelos de teoria de jogos (discutida na seção 8.3), os modelos baseados em cadeias de Markov e processos markovianos de decisão, e os modelos de simulação.

A teoria ou análise de decisão envolve o uso de um processo racional de seleção da melhor dentre as diversas alternativas. Dependendo de o processo de tomada de decisão admitir certeza ou incerteza nos dados, pode-se utilizar, por exemplo, o processo de análise hierárquica (AHP) ou análise de árvores de decisão (por exemplo, com regras de Bayes), respectivamente. A teoria de jogos trata das situações de tomada de decisão nas quais os “jogadores” (adversários) têm objetivos conflitantes e o resultado depende da combinação de estratégias escolhidas pelos jogadores. Além de jogos de salão, exemplos de aplicação incluem campanhas de marketing e políticas de preços de produtos (os jogadores são empresas que disputam mercados para vender seus produtos), programação de programas de televisão (os jogadores são redes de televisão que disputam espectadores para obter maior audiência) e planejamento de estratégias militares de guerra (os jogadores são exércitos adversários). Alguns modelos são o jogo de soma zero com dois jogadores (discutido na seção 8.3) e o jogo de soma não constante com dois ou mais jogadores (dilema do prisioneiro).

8.5.3. Modelos de simulação

Uma classe importante de modelos de pesquisa operacional são os de *simulação*. Conforme discutido na seção 8.2, esses modelos são poderosos e amplamente utilizados para analisar sistemas complexos. Em geral, eles imitam as operações do sistema real à medida que este evolui no tempo, mas também podem ser usados para analisar o sistema em um instante de tempo particular; nesse caso, são denominados modelos estáticos ou simulação de Monte-Carlo (por exemplo, estimativa da área sob uma curva). Modelos de simulação dinâmicos podem ser contínuos ou discretos. Modelos contínuos buscam re-

produzir sistemas cujo comportamento muda continuamente com o tempo. Um exemplo prático é a simulação do processo de produção de biodiesel em uma indústria química; as propriedades dos componentes nos reatores (variáveis do sistema) estão se alterando continuamente e não se pode precisar exatamente quando cada mudança ocorre (produção contínua), sendo em geral descritos por sistemas de equações diferenciais.

Modelos de simulação discretos, por sua vez, representam sistemas em que as mudanças ocorrem em pontos discretos do tempo. Note, no exemplo 7 da seção 8.4, que as variáveis do sistema se alteram nos instantes em que um usuário chega ao banco ou quando termina o atendimento em um caixa. Modelos discretos são os mais utilizados em engenharia de produção e, diferentemente dos modelos analíticos de teoria de filas, são modelos experimentais. A vantagem desses modelos sobre os modelos de filas é que eles são, em geral, relativamente fáceis de ser aplicados. Por outro lado, são mais difíceis de ser incorporados em modelos de otimização para tomadas de decisões. Eles têm sido utilizados para analisar, por exemplo, sistemas discretos de manufatura com produção intermitente (em lotes).

8.5.4. Métodos de solução dos modelos

Modelos de pesquisa operacional são resolvidos por meio de diversas técnicas e métodos disponíveis na literatura. No caso de modelos de otimização, um método ótimo (ou exato) é aquele que gera a melhor solução possível (*solução ótima*) do ponto de vista do critério (função objetivo) a ser otimizado. Note, entretanto, que caso o modelo exiba certo grau de complexidade, determinar uma solução ótima em tempo computacional razoável (considerando as decisões envolvidas) pode ser muito difícil ou até impossível. Exemplos de tais situações compreendem a maioria dos modelos de programação inteira; para esses modelos, a satisfação das condições que atestam a otimalidade de uma dada solução pode requerer um grande esforço computacional (tempo e memória), mesmo em problemas com um número moderado de variáveis de decisão e restrições. Modelos de programação linear, por outro lado, podem ser resolvidos de forma exata, ainda que envolvam milhares de variáveis e restrições. Por essa razão, são normalmente utilizados métodos ótimos baseados no algoritmo simplex (seção 8.2) ou em algoritmos de pontos interiores.

Para se resolver modelos de programação inteira, pode-se empregar métodos ótimos baseados no algoritmo *branch-and-bound*, algoritmos de planos de corte e combinações desses métodos (*branch-and-cut* e *cut-and-branch*). Quando a complexidade do modelo impede que esses métodos forneçam uma solução ótima em tempo computacional aceitável, a literatura oferece algumas alternativas para sua resolução ótima. Para modelos com estrutura especial, podem ser utilizados métodos exatos baseados em geração de colunas do modelo (métodos Dantzig-Wolfe e *branch-and-price*), métodos baseados em decomposição do modelo (método de Benders) e métodos baseados em relaxações do modelo (relaxações lagrangiana, *surrogate* e lagrangiana-*surrogate*). Uma outra alternativa

é utilizar métodos heurísticos (ou aproximados). Esses métodos utilizam informações e intuição do analista acerca do problema e de sua estrutura, em geral aproximando-se mais da maneira como o ser humano raciocina e gera soluções para uma dada situação. Um dos principais atrativos dos métodos heurísticos é requererem apenas uma fração do esforço computacional de um método exato; quando bem projetados, são capazes de gerar soluções de alta qualidade, porém sem garantia de otimalidade. Dentre os diversos métodos heurísticos para resolução de modelos de programação inteira, incluem-se *heurísticas construtivas*, *busca local*, e *meta-heurísticas* (algoritmo genético, busca tabu, *simulated annealing*, *scatter search*, colônia de formigas, GRASP, entre outras), estas últimas em geral inspiradas em processos físicos e da natureza. Em particular, nas últimas décadas, meta-heurísticas se tornaram bastante populares na pesquisa normativa em função de suas habilidades em gerar soluções de alta qualidade em espaços de solução complexos.

Modelos de otimização realistas podem ter centenas ou mesmo milhares de variáveis e restrições, e em geral só são tratáveis com o uso de computadores. Com a popularização das técnicas e métodos de pesquisa operacional, hoje existem diversos softwares comerciais de otimização para resolver os modelos e facilitar a análise de sensibilidade das soluções em função de perturbações dos parâmetros envolvidos. Exemplos incluem os softwares CPLEX, GINO, LINDO, Minos, OSL e XPRESS. Em particular, o CPLEX utiliza o método *branch-and-cut* para resolver modelos de programação discreta, enquanto o Minos utiliza métodos baseados nos algoritmos de gradiente reduzido, quase Newton e lagrangiano projetado para resolver modelos de programação não linear. Outros aplicativos muito empregados são a planilha Excel e os sistemas algébricos computacionais Maple, Mathematica e Matlab. Existem também as chamadas linguagens de modelagem que auxiliam na representação dos dados e na implementação dos modelos no computador, servindo como interface para os softwares de otimização utilizados. Alguns exemplos são as linguagens AIMMS, AMPL, GAMS, Lingo e MPL. Mais recentemente, heurísticas e meta-heurísticas vêm sendo incorporadas a softwares comerciais de otimização, tanto como método principal de resolução de problemas quanto para agilizar a convergência dos métodos exatos empregados. Exemplos desses produtos incluem CPLEX, OPT-QUEST e XPRESS.

Conforme mencionado na seção 8.2, uma tendência recente é a incorporação de modelos de pesquisa operacional (por exemplo, modelos de otimização) em softwares de sistemas de apoio à decisão (DSS) e sistemas de informação gerencial e planejamento de recursos (MIS, MRP, ERP), com vistas a facilitar sua integração com as bases de dados das empresas e a interação com os tomadores de decisão. Por exemplo, essa integração é observada em sistemas computacionais logísticos projetados para apoiar decisões de roteamento e programação de veículos, tais como LogiX, Winroute e Roadshow. Os modelos de pesquisa operacional podem ser úteis em inteligência artificial e sistemas especialistas, também para auxiliar no processo de tomada de decisão. Algumas abordagens de inteligência artificial que também têm sido utilizadas em pesquisa operacional são redes

neurais, conjuntos nebulosos ou difusos (*fuzzy sets*) e programação por restrições. Com relação aos modelos de simulação discreta, existem diversas linguagens de simulação para tratar os modelos, tais como GASP, GPSS, Siman e SLAM. Exemplos de softwares simuladores que utilizam essas e outras linguagens e acompanham animação gráfica dinâmica são Arena, AutoMod, Factor, GPSS/H, ProModel e Simscript.

8.6. Alguns exemplos de aplicações de sucesso de pesquisa quantitativa

Vários livros de pesquisa operacional podem ser encontrados na literatura descrevendo o escopo e as aplicações de pesquisa operacional. Outras fontes de informações são os diversos periódicos científicos que publicam os mais recentes desenvolvimentos teóricos da área, assim como sua aplicação em processos de tomada de decisão de empresas. Para ilustrar, são descritos alguns exemplos de aplicações de sucesso de pesquisa operacional em empresas e organizações de diversos setores, extraídos de Morabito (2008).

Planejamento da produção, estocagem e distribuição na Kellogg

Utilizando modelos de programação linear multiperíodos para auxiliar no processo de tomada de decisões de produção e distribuição dos seus cereais, a Kellogg desenvolveu um modelo de planejamento operacional para determinar onde produzir os produtos e como transportá-los entre as plantas e os centros de distribuição. Também desenvolveu um modelo de planejamento tático para apoiar decisões de expansão de capacidade de produção e de localização de centros de distribuição. A Kellogg estima que, com o uso do modelo de otimização operacional, tenha reduzido os custos anuais de produção, estocagem e distribuição em US\$ 4,5 milhões. Com o uso do modelo de otimização tático, as economias atingiram cerca de US\$ 40 milhões por ano.

Programação de tripulação aérea da Air New Zealand

Utilizando modelos de programação discreta, a companhia aérea Air New Zealand toma decisões de como escalonar turnos de trabalho (roteiros de trabalho que alternam sequências de voos e períodos de descanso) para cobrir todos os seus voos programados (centenas de voos semanais) e como alocar os membros das tripulações (milhares de tripulantes) a esses roteiros, com o menor custo possível. A Air New Zealand estima que, com o uso dos modelos, passou a economizar mais de US\$ 15 milhões por ano, o equivalente a mais de 10% do seu lucro operacional líquido.

Dimensionamento e gerenciamento de testes de veículos protótipos na Ford

Utilizando modelos de programação discreta e modelos de simulação, a Ford desenvolveu um modelo de otimização de protótipos para orçar, planejar e gerenciar a frota de veículos protótipos, com o objetivo de minimizar o número de veículos construídos e

sujeito às restrições dos testes a serem realizados nos veículos dentro dos prazos estabelecidos. O modelo reduziu em cerca de 25% o tamanho da frota necessária de protótipos, resultando em economias anuais estimadas pela Ford de cerca de US\$ 250 milhões.

Planejamento estratégico e operacional da produção da Tata Steel

Utilizando modelos de programação discreta para maximizar a contribuição ao lucro do *mix* de produção, sujeito a restrições de marketing, capacidades produtivas, limitações de recursos e energia, e balanceamento de oxigênio, a siderúrgica indiana Tata Steel obteve benefícios anuais da ordem de US\$ 73 milhões. O uso dos modelos também motivou uma mudança na estratégia gerencial da empresa, passando a focar a maximização da contribuição ao lucro, em vez da maximização da produção.

Planejamento da produção em refinarias de petróleo da Texaco

Utilizando modelos de programação não linear, a Texaco toma decisões de como refinar óleo cru para produzir gasolina de diferentes tipos (*regular unleaded, plus unleaded e super unleaded*) em suas refinarias. A Texaco estima que, com o uso dos modelos, passou a economizar anualmente cerca de US\$ 30 milhões. Os modelos permitem à Texaco responder a diversas questões do tipo *what-if*, por exemplo, de quanto um aumento de 0,01% do conteúdo de enxofre na gasolina regular aumenta o custo de produção dessa gasolina.

Planejamento da cadeia de suprimentos global da IBM

Combinando modelos de teoria de filas, controle de estoques e simulação para analisar o *trade-off* entre os níveis de serviço aos clientes e os investimentos em estoques, a IBM revisou o projeto e a operação da sua cadeia de suprimentos global (rede de instalações interconectadas com diversos locais de estocagem) para responder mais rápido aos seus clientes, mantendo menores níveis de estoque na rede. A IBM estima que, com o uso dos modelos, obteve economias anuais de cerca de US\$ 750 milhões.

Mais detalhes desses e de muitos outros exemplos também podem ser encontrados no *site* www.scienceofbetter.org, em Winston (2004) e em Hillier e Lieberman (2006), tais como: planejamento da produção das fábricas químicas da Monsanto, programação dos turnos de trabalho nos balcões de reserva da United Airlines, programação do patrulhamento policial na cidade de San Francisco, roteamento e programação dos técnicos de manutenção dos elevadores da Schindler, projeto e planejamento da rede de transporte rodoviário da Yellow Freight, reprojeto do sistema de produção e distribuição da Proctor and Gamble, programação de caminhões na North American Van Lines, programação do escalonamento de funcionários nos restaurantes da Taco Bell, redução dos tempos de fabricação e níveis de estoque nas instalações da Samsung, realocação de tripulações na ocorrência de desajustes de horários de voos na Continental Airlines.

Reportagens de outras aplicações de sucesso, tanto em pequenas como grandes empresas e organizações, podem ser encontradas em diversos periódicos científicos, como *Interfaces e Pesquisa Operacional*.

8.7. Considerações finais

Neste capítulo foi abordada a metodologia de pesquisa baseada em modelagem quantitativa em gestão de produção e operações, em particular a metodologia em pesquisa operacional no contexto da engenharia de produção. Um resumo histórico do desenvolvimento da metodologia destacou alguns dos principais eventos que marcaram a pesquisa em modelos matemáticos e de simulação. Foram também descritas e discutidas as principais diferenças entre as classes de pesquisa quantitativa (axiomática e empírica, descritiva e normativa), as etapas do processo de modelagem (definição do problema, construção do modelo, solução do modelo, validação do modelo e implementação da solução) e os principais métodos e técnicas de solução de problemas.

Enquanto os resultados obtidos na pesquisa axiomática apontam a modelagem matemática e os métodos de solução associados como uma poderosa ferramenta no tratamento de problemas complexos em engenharia de produção, ainda não foram suficientemente explorados os potenciais benefícios de suas aplicações no processo de tomada de decisões em sistemas reais. Para que isso se verifique, tornam-se necessários maiores esforços de pesquisadores, empresas e organizações no sentido de viabilizar a integração das pesquisas quantitativas teórica e empírica. Tal integração certamente trará contribuições importantes, especialmente no tocante a atividades de gestão de produção e operações.

Referências

- ACKOFF, R.L.; SASIENI, M.W. *Fundamentals of operations research*. Nova York: Wiley, 1968.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. *Pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2007.
- BANKS, J. *Handbook of simulation*. Atlanta: Wiley, 1998.
- BERTRAND, J.W.M.; FRANSOO, J.C. Modelling and simulation – operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 3, p. 241-264, 2002.
- BOAVENTURA NETTO, P.O. *Grafos – teoria, modelos, algoritmos*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- BODIN, L.D.; GOLDEN, B.; ASSAD, A.; BALL, M. Routing and scheduling of vehicle and crews, the state of the art. *Computers and Operational Research*, v. 10, n. 2, p. 63-211, 1983.

- BREGALDA, P.F.; OLIVEIRA, A.A.F., BORNSTEIN, C.T. *Introdução à programação linear*. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1988.
- BRONSON, R.; NAADIMUTHU, G. *Operations research*. Nova York: McGraw-Hill, 1997.
- CAIXETA FILHO, J.V. *Pesquisa operacional*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CRAIGHEAD, C.W.; MEREDITH, J. Operations management research: evolution and alternative future paths. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 28, n. 8, p. 710-726, 2008.
- DONGARRA, J.; SULLIVAN, F. Top ten algorithms of the century. *Computing in Science and Engineering*, v. 2, n. 1, p. 22-23, 2000.
- GASS, S.I.; ASSAD, A.A. *An annotated timeline of operations research: an informal history*. Nova York: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- GILMORE P.; GOMORY R. A linear programming approach to the cutting stock problem. *Operations Research*, v. 9, p. 849-859, 1961.
- GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L. *Otimização combinatória e programação linear*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- GOMES, L.F.A.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. *Tomada de decisão gerencial*. São Paulo: Atlas, 2002.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. *Introdução à pesquisa operacional*. 8. ed. São Paulo: Mc-Graw Hill, 2006.
- JOHNSON, L.A.; MONTGOMERY D.G. *Operations research in production planning, scheduling and inventory control*. Nova York: Wiley, 1974.
- LACHTERMACHER, G. *Pesquisa operacional na tomada de decisões*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- LARSON, R.; ODONI, A. *Urban operations research*. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1981.
- LINS, M.E.; CALOBA, G. *Programação linear*. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.
- MACULAN, N.; FAMPA, M.H. *Otimização linear*. Brasília: UnB, 2006.
- MEREDITH, J.R.; RATURI, A. AMOAKO-GYAMPAH, K.; KAPLAN, B. Alternative research paradigms in operations. *Journal of Operations Management*, v. 8, p. 297-326, 1989.
- MITROFF, I.; BETZ, F.; PONDY, L.; SAGASTI, F. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. *Interfaces*, v. 4, n. 3, p. 46-58, 1974.
- MORABITO, R. Pesquisa operacional. In: Batalha, M. (Ed.). *Introdução à engenharia de produção*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2008. p. 157-182.
- NAHMIAS, S. *Production and operations analysis*. Nova York: McGraw-Hill, 2009.
- PUCCINI, A.L.; PIZZOLATO, N.D. *Programação linear*. Rio de Janeiro: LTC, 1987.
- RARDIN, R.L. *Optimization in operations research*. Nova Jersey: Prentice Hall, 1998.

- SCHRAGE, L.E. *Optimization modeling with LINDO*. 5. ed. Pacific Grove: Duxbury, 1997.
- SHIMIZU, T. *Decisões nas organizações*. São Paulo: Atlas, 2001.
- STECKE, K.A. Formulation and solution of nonlinear integer production planning problems for flexible manufacturing systems. *Management Sciences*, v. 29, n. 3, p. 273-288, 1983.
- TAHA, H.A. *Pesquisa operacional*. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2008.
- WAGNER, H.M. *Pesquisa operacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 1986.
- WHITT, W. The queueing network analyzer. *The Bell System Technical Journal*, v. 62, n. 9, p. 2779-2815, 1983.
- WILLIAMS, H.P. *Model building in mathematical programming*. 4. ed. West Sussex: Wiley, 1999.
- WINSTON, W.L. *Operations research*. 4. ed. Toronto: Thomson, 2004.

Capítulo 9

Processos: Uma Abordagem da Engenharia para a Gestão de Operações

Sérgio E. Gouvêa da Costa e Edson Pinheiro de Lima

“O acaso ocorre apenas para as mentes preparadas”
(frase atribuída a Louis Pasteur).

Este capítulo apresenta a abordagem por processos, que corresponde a um método para a concepção e desenvolvimento de processos de operacionalização de *frameworks* conceituais, auxiliados por um conjunto de instrumentos e coordenados por procedimentos de gerenciamento. A validação e teste do processo criado a partir da abordagem por processos são realizadas através de estudos de caso e fazendo uso da pesquisa-ação (apresentados nos Capítulos 6 e 7, respectivamente). O capítulo apresenta os princípios e características da abordagem por processos, ilustra a sua aplicação através exemplos e discute os benefícios do seu emprego.

9.1. A abordagem por processos de Cambridge

O Dr. Ken Platts, no editorial do volume 21, n. 8, do *International Journal of Operations and Production Management* (IJOPM, 2001), comenta que, ao iniciar a sua carreira acadêmica, após 14 anos atuando como engenheiro e gerente de produção, encontrou grande dificuldade para relacionar o conhecimento teórico, na área de gestão, com as necessidades dos engenheiros que atuam na prática.

O autor argumenta que a “engenharia diz respeito ao uso do conhecimento científico, e à aplicação deste no problema de projetar e construir artefatos ou sistemas. Engenharia envolve a proposital criação e mudança, tendo como teste-chave se a pergunta se ‘a criação atende ao propósito desejado no mundo real?’”. Remete a discussão ao que já havia ocorrido em 1998 (PLATTS *et al.*, 1998), que perguntas do tipo “o quê” e “por quê” são mais relacionadas com o conhecimento científico, enquanto que a pergunta “como” é mais relacionada com o “Conhecimento da Engenharia” (*Engineering Knowledge*) – que

compreende procedimentos, técnicas e códigos de práticas. Platts também se refere ao conhecimento de engenharia como “*process knowledge*”.

Para Platts *et al.* (1996), um processo “é uma sequência de eventos que descreve como as coisas se modificam ao longo do tempo”. Um processo é usualmente desenvolvido com algum objetivo em mente (PLATTS *et al.*, 1998). O propósito pode ser implícito ou explícito (*e.g.* desenvolver habilidades e cultura de *times*).

Analisando as abordagens existentes para o desenvolvimento de estratégias de manufatura, Platts (1994) diz que “todos esses autores [que haviam sido citados] concentram-se na lógica da abordagem, *i.e.*, nos passos a serem seguidos, e dizem pouco sobre a operacionalização da abordagem, *i.e.*, como o processo deveria ser organizado e conduzido. [...] Há a necessidade de identificar algumas diretrizes para a operacionalização dos conceitos, e de desenvolver os aspectos práticos do processo estratégico. [...] Os gerentes necessitam determinar como conduzir o desenvolvimento da estratégia, não apenas em termos dos passos a serem dados, mas também em termos de como organizar e gerenciar o processo”.

Assim, a abordagem por processo (*Process Approach* ou *Cambridge Approach*) tem como motivação o desenvolvimento de uma abordagem prescritiva, que operacionaliza um conjunto de conceitos, através de um processo estruturado, e com instrumentos de coleta de dados, dinâmica e critérios de avaliação que serão discutidos a seguir.

9.2. O desenvolvimento da abordagem por processos

O trabalho de Platts e Gregory (1990) sobre auditorias da manufatura para a elaboração da estratégia de operações (manufatura) foi o precursor de uma série de dobramentos e desenvolvimentos posteriores, que consolidaram e deram maior robustez à abordagem. A partir de uma revisão de literatura sobre as abordagens utilizadas no tratamento de questões que envolvem a gestão de operações, sob a “lente da engenharia”, o autor aponta as seguintes deficiências (PLATTS, 1993):

- *base conceitual pobre* – Platts cita diversos autores que colocam que as pesquisas, no âmbito da gestão de operações, tendem a não consolidar uma teoria própria, uma vez que geralmente não se baseiam em trabalhos já existentes;
- *baixo nível de trabalho empírico e de teste da teoria* – também cita diversos autores que ressaltam o fato de que as pesquisas na área são muitas vezes de cunho teórico e falham no sentido de testarem adequadamente os quadros teóricos desenvolvidos;
- *falta de relevância para o mundo real* – cita novamente o fato de que os pesquisadores, em busca de assegurarem a validade interna de suas pesquisas, têm como resultado a falta de relevância prática para os seus trabalhos.

A partir da identificação dos pontos fracos das abordagens correntes, Platts (1993) propõe a abordagem por processo, que defende ser adequada ao desenvolvimento, teste e refinamento do processo de formulação de estratégia de operações, e que pode ser aplicada num escopo mais amplo de gestão de operações. O método é projetado, assim, para atender aos requisitos:

- o processo necessita ter *links* com os *frameworks* existentes;
- há a necessidade de se fazer testes empíricos adequados e verificação de qualquer processo proposto;
- os resultados necessitam ser relevantes para o mundo prático dos engenheiros e gerentes de áreas afins.

Platts (1993) ressalta que “é preciso reconhecer claramente que este tipo de pesquisa [que adota a abordagem por processo] não objetiva o desenvolvimento de uma teoria descritiva, mas o desenvolvimento de processos que irão operacionalizar *frameworks* existentes e prover as empresas com abordagens práticas para a melhoria de suas operações”.

Posteriormente, num grande trabalho de pesquisa longitudinal, para avaliar os processos de formação de estratégia de manufatura numa empresa, em Platts *et al.* (1996), colocam que “a abordagem é pragmática e orientada à aplicação industrial, na medida que busca prover as empresas com formas de pensar sobre a avaliação dos seus processos, ao invés de descrever, relatar e analisar processos sob um enfoque acadêmico”.

No que se refere à instrumentalização de conceitos, a metodologia cria uma sequência de fases, sendo cada fase composta por passos (como, por exemplo, as auditorias da manufatura, de Platts e Gregory, 1990). A coleta de dados se dá num processo dinâmico de pesquisa-ação, que emprega folhas de tarefa (*worksheets*) que “são usadas para capturar informação”, além de que várias ferramentas de visualização podem ser empregadas (como *flip-charts* ou os mapas estratégicos, descritos em Mills *et al.*, 1998).

O preenchimento de cada folha de tarefa é individual, sendo realizado um “preenchimento final” de cada uma delas, como o resultado dos *workshops*.

9.3. As características da abordagem por processos

Em Platts (1994) e Platts *et al.* (1998) encontra-se que, para ser efetivo, um processo deve ter os seguintes elementos:

- *Procedimentos* (expor os passos lógicos do processo);
- *Participação* (garantir o envolvimento dos atores-chave);
- *Gestão do Projeto* (garantir que o processo contará com os recursos necessários e que terá andamento de acordo com um plano definido);
- *Ponto de Entrada* (forma de apresentar o processo e obter comprometimento).

A Tabela 9.1 apresenta as características desejáveis que um processo deve conter.

Tabela 9.1 – Características desejáveis dos processos

Procedimento	Participação	Gestão do Projeto	Ponto de Entrada
Bem definido	Atividades individuais e em grupo	Prover de recursos adequados	Definir claramente as expectativas
Estágios de: – busca de informações – análise de informações – identificação de oportunidades para mudanças / melhorias	Busca-se obter: – entusiasmo – compreensão – comprometimento	Identificar: – Grupo coordenador – Grupo de apoio – Grupo de operação	Obter compreensão e concordância do grupo coordenador
Ferramentas e técnicas simples e facilmente entendidas	Intervenções do tipo <i>workshop</i> para: – concordância de objetivos – identificação de problemas – desenvolvimento de melhorias – catalisar envolvimento	Cronograma de consenso	Estabelecer comprometimento dos grupos, coordenador e dos demais membros do Grupo
Relatório escrito dos resultados de cada etapa	Fórum de tomada de decisão que direciona a ação		

Fonte: Adaptado de Platts (1994).

9.3.1. Procedimento

O procedimento é um requerimento fundamental do processo, pois especifica os passos a serem dados.

Os gerentes operacionais necessitam visualizar a estrutura global do processo e compreender como as partes se unem de uma forma lógica.

O requerimento de um relatório escrito para cada parte do procedimento serve para garantir que os dados e as premissas poderão ser revisados no futuro. Mesmo podendo ser um processo pontual, é importante considerar que muitas vezes é esperado que um processo “estratégico” se torne parte das atividades de gestão, que seja um processo contínuo.

9.3.2. Participação

Dada a natureza diversa dos negócios das empresas atuais, seus tamanhos e complexidade, torna-se cada vez mais difícil o emprego de abordagens baseadas em uma pessoa nos processos de gestão. A estratégia de operações, por exemplo, tem que ser entendida como sendo parte da estratégia de negócios da empresa, e o sucesso na sua implementação terá mais chances de ocorrer se a estratégia for amplamente “aceita”. Além do mais, a complexidade crescente dos sistemas faz com que seja praticamente impossível que uma só pessoa tenha capacidade de tratar dos mais variados assuntos que fazem parte de uma estratégia de operações.

O uso de grupos de trabalho envolvendo em especial grupos multifuncionais apresenta os seguintes benefícios:

- provê um fórum onde a conceitos errados e erros na coleta de dados podem ser detectados num estágio inicial;
- provê informações (entradas) de diferentes funções dentro da companhia e fornece conhecimentos específicos que podem auxiliar a todo o grupo;
- possibilita uma variedade, em natureza, de opiniões para serem apresentadas e discutidas de forma relativamente rápida e provê um meio de se atingir consenso a cada estágio, antes de se avançar para os estágios seguintes;
- assegura que as pessoas da empresa se envolvam durante o andamento do processo e que, desta forma, sejam “donas” dos resultados obtidos.

9.3.3. Gestão do Projeto

São criados diversos grupos para operacionalizar e supervisionar o andamento do processo.

Os papéis dos grupos são muitas vezes sobrepostos, mas é importante que sejam claramente identificados.

O Grupo Coordenador necessita assegurar que o processo possua os recursos necessários para o seu andamento e que possua a necessária atenção da empresa. Deve garantir que o processo tenha a sua importância reconhecida dentro da empresa e facilitar a participação interfuncional.

O Grupo de Apoio fornece a *expertise* no processo. Envolve as seguintes tarefas e responsabilidades:

- o andamento do processo através de seus diversos estágios;
- organização dos encontros;
- assegurar que o processo é adequadamente “registrado”;
- orientar e encaminhas as ações entre os encontros;
- realizar, quando necessário, o papel de “advogado do diabo”.

Muitas vezes, o Grupo de Apoio pode ser composto por apenas uma pessoa, o chamado Facilitador. O Facilitador deve ser crítico, independente (*independent thinker*),

capaz de questionar o “conhecimento aceito”, e ainda ser aceito pelos gerentes por seu estilo participativo e democrático.

O Grupo de Operação compreende as pessoas que “farão” o trabalho: coleta e análise de dados, consideração e análise de mudanças potenciais etc.

O cronograma deve ser acordado no início do trabalho.

9.3.4. Ponto de Entrada

É o mecanismo de “introdução” do processo dentro da empresa. Deve visar mais do que apenas garantir que cada um saiba o que vai acontecer. O processo precisa ser formalmente documentado. Deve ser uma forma de demonstrar a necessidade de que todo o processo deve ser conduzido. O processo deve ser “vendido” ao pessoal que deverá estar intimamente envolvido com ele, assim como aos gerentes superiores da empresa.

O Ponto de Entrada do processo deve estabelecer uma compreensão comum dentro da empresa sobre qual é o propósito do processo e que resultados devem ser esperados.

9.4. A avaliação do processo

Platts *et al.* (1996, 1998) reportam que a investigação sobre a avaliação de processos para o desenvolvimento de estratégias é escassa. Há trabalhos que buscam avaliar os resultados de tais processos, e não o processo propriamente dito. No entanto, conforme colocado em Platts (1993) e posteriormente em Platts *et al.* (1996, 1998), sob o ponto de vista da elaboração de uma metodologia prescritiva para o desenvolvimento de estratégias de operações, é importante avaliar o processo que conduz e orienta a elaboração da estratégia, uma vez que os resultados obtidos e seus efeitos podem não ser conclusivos, dado que sofrem influência de vários fatores internos e externos à empresa (desempenho das outras áreas da empresa e ambiente macroeconômico, por exemplo), e que estariam fora do controle do pesquisador.

Do ponto de vista do processo, Platts (1993) estabeleceu 3 critérios de avaliação:

- *Factibilidade*: o processo pode ser seguido?
- *Usabilidade*: o quanto é fácil seguir o processo?
- *Utilidade*: o processo forneceu um passo útil na solução da questão que o *framework* visa tratar?

9.4.1. Factibilidade

A factibilidade pode ser testada a partir da constatação de que o processo pôde ser seguido (PLATTS, 1993; PLATTS *et al.*, 1998). Para minimizar a importância do pesquisador (experiência, *expertise*) na factibilidade do processo, os autores recomendam a utilização de diferentes facilitadores, em diferentes casos. Platts *et al.* (1998) relatam que, no teste do processo, numa primeira fase, os estudos de caso foram conduzidos por pes-

quisadores envolvidos com o projeto; numa segunda fase, foram utilizados empregados das empresas onde os processos foram testados.

9.4.2. Usabilidade

Buscam-se identificar os problemas ocorridos em cada fase do processo e a forma com que o processo é conduzido (PLATTS, 1993; PLATTS *et al.*, 1998). Podem ser utilizados questionários, com questões fechadas e abertas para avaliar o processo. Através de tal avaliação, além de se testar o processo inicialmente desenvolvido, as informações coletadas servem para refiná-lo.

9.4.3. Utilidade

A utilidade do processo pode ser testada indiretamente, através dos resultados como a definição dos objetivos da estratégia de operações, da identificação de problemas e da geração de planos de ação. Adicionalmente, podem-se aplicar questionários com perguntas abertas e fechadas, bem como a realização de entrevistas. (PLATTS, 1993; PLATTS *et al.*, 1998)

9.5. O uso da abordagem por processos

A partir de um *framework* que se queira implementar, desenvolve-se um processo, constituído por fases e etapas. É importante que o processo criado observe as características desejáveis dos processos, apresentadas na Tabela 9. 1.

As fases constituem etapas do processo criado. Cada fase, por sua vez, é instrumentalizada por passos, e a cada passo corresponde a uma folha de tarefa (FT). As FTs são quadros ou tabelas que, na realidade, correspondem a instrumentos para a coleta e síntese dos dados.

As discussões para o preenchimento das folhas de tarefa são feitas em grupos e são conduzidas por facilitadores, com um papel de coordenação e não técnico/especialista. As folhas de tarefa são apresentadas aos participantes antes dos encontros dos grupos, de forma a permitir uma reflexão quando do seu preenchimento.

Serão apresentados exemplos para clarificar o uso da abordagem por processos.

9.5.1. Seleção de Tecnologias Avançadas de Manufatura (AMT)

Neste exemplo, foi desenvolvido um *framework* para a seleção estratégica de tecnologias avançadas de manufatura (*advanced manufacturing strategies* – AMT) (GOUVÊA DA COSTA, PLATTS e FLEURY, 2006). Para o refinamento e teste do *framework*, ele foi operacionalizado através da abordagem por processos. A Figura 9.1 apresenta o *framework* para Seleção Estratégica de AMT.

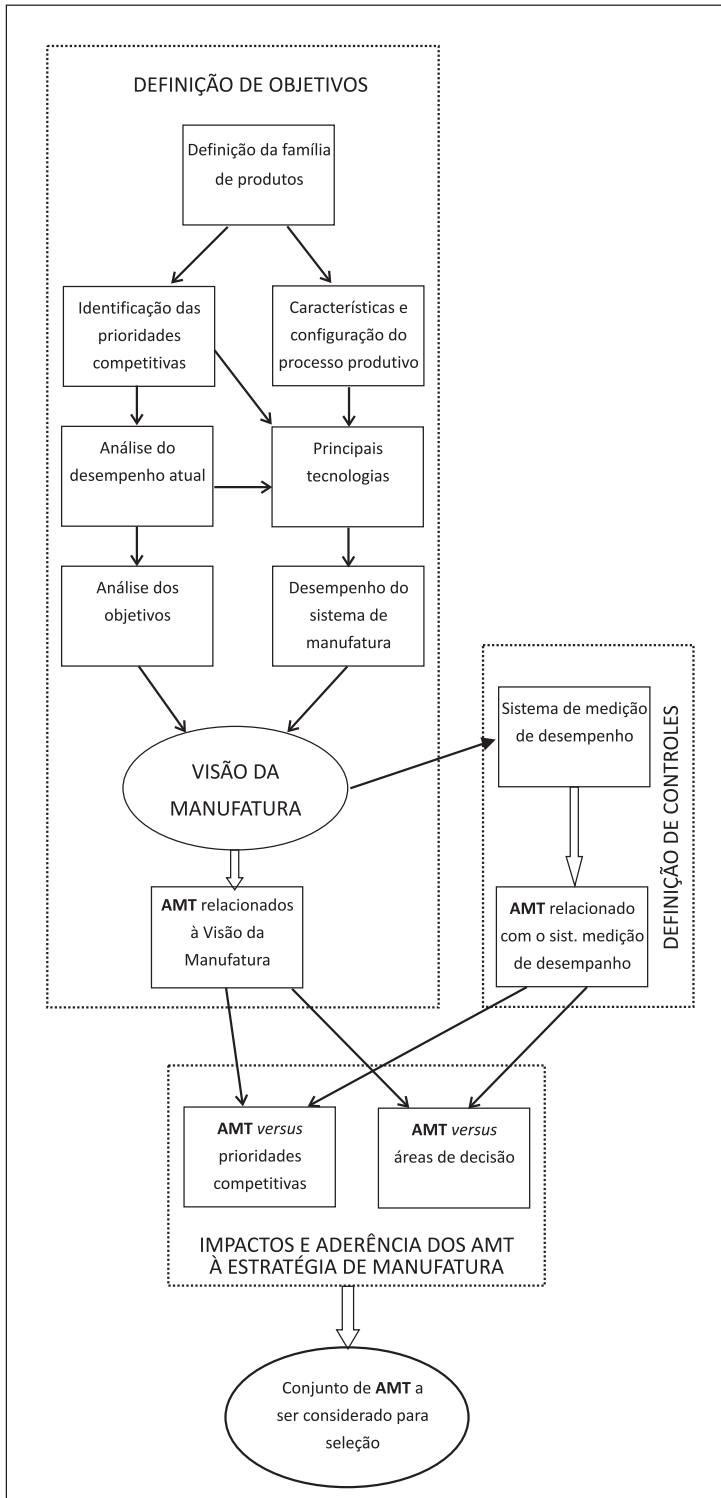


Figura 9.1 – Framework para Seleção Estratégica de AMT.

9.5.1.1. Procedimento

O *framework* foi operacionalizado por um processo constituído por 5 fases (etapas), e a instrumentalização de cada fase correspondeu a um total de 23 passos. A Figura 9.2 descreve os nomes de cada fase e o número de etapas de que cada uma é composta.

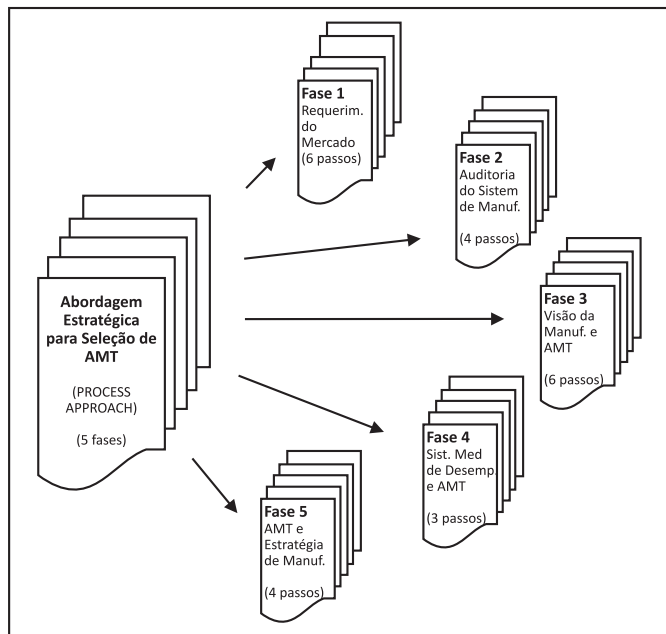


Figura 9.2 – Fases do processo para seleção estratégica de AMT.

É importante observar que para cada passo corresponde uma (ou mais) folha de tarefa, sendo possível, também, que uma folha de tarefa seja utilizada em mais de um passo. A sequência das folhas de tarefa estabelece o fluxo do processo operacionalizado, além de ser o próprio instrumento de coleta de dados.

A Tabela 9.2 apresenta, para cada passo do processo de seleção de AMT, o seu objetivo e a correspondente folha de tarefa.

Tabela 9.2 – Passos, seus objetivos e folhas de tarefa para a seleção de AMT

PASSO	FT	DESCRIÇÃO	OBJETIVO
1.1	1	Análise das famílias de produtos	Identificar as principais famílias de produtos.
1.2	2	Prioridades competitivas	Avaliar o que é valorizado pelo mercado, em relação às famílias de produtos.
1.3	3	Desempenho atual	Avaliar o desempenho dos produtos em relação às exigências do mercado.
1.4	4	Tendências do mercado	Identificar as tendências do mercado para as famílias de produtos.

continua

continuação

1.5	5	Objetivos de negócio	Descrever os objetivos de negócio para as famílias de produtos.
1.6	6	Tarefa para a manufatura	Avaliar o que deve ser feito, em termos da função manufatura, para que se possa ser mais competitivo no mercado.
2.1	7	Características e Configuração do Processo Produtivo	Identificar as principais características e configurações do sistema de manufatura.
2.2	8	Principais Tecnologias	Identificar as principais tecnologias empregadas no sistema de manufatura.
2.3	9	Desempenho do Sistema de Manufatura	Avaliar o desempenho das práticas adotadas no sistema de manufatura, por área de decisão.
2.4	10	Pontos Fortes e Pontos Fracos	Analisar os Pontos Fortes e Pontos Fracos do sistema de manufatura.
3.1	11	<i>Best practices</i>	Identificar as <i>Best Practices</i> para a relação produto / mercado analisada.
3.2	12	Capacitação dos competidores	Relacionar as mais importantes capacitações dos principais competidores.
3.3	13	Objetivos corporativos para a manufatura	Descrever os objetivos corporativos para a manufatura.
3.4	14	Visão da manufatura	Identificar as capacitações a serem desenvolvidas para tornar a função manufatura suportativa aos objetivos de negócio.
3.5	15	Agrupar ideias, refinar e priorizar a Visão	Agrupar, refinar e priorizar a Visão da manufatura.
3.6	16	Identificar AMT relacionados com a Visão	Identificar e relacionar AMT que possam criar / realizar as capacitações desejadas no âmbito da manufatura.
4.1	17	Medidas de Desempenho	Identificar as medidas necessárias para monitorar a performance do sistema produtivo, auxiliar na realização da estratégia e realimentar o processo de aprendizagem.
4.2	18	AMT para o Sistema de Medição de Desempenho	Identificar AMT necessários para realizar o sistema de medição de desempenho operacional.
4.3	19	Atributos / Especificações adicionais para os AMT identificados na Fase 3	Para os AMT relacionados na Fase 3, identificar eventuais atributos / especificações adicionais necessários para que eles sejam compatíveis com os requerimentos do sistema de medição e controle de desempenho.
5.1	20	Impactos dos AMT nas Prioridades Competitivas	Analisar os impactos dos AMT identificados nas prioridades competitivas.
5.2	21	Impactos dos AMT nas Áreas de Decisão	Analisar os impactos dos AMT identificados nas áreas de decisão.
5.3	20 21	Aderência dos AMT à Estratégia de Manufatura	Analisar a aderência dos AMT em relação à estratégia de manufatura.
5.4	22	Descrição dos AMT e seus atributos	Descrever os AMT selecionados, fornecendo características e informações sobre suas contribuições para a realização da Visão da Manufatura.

Para a operacionalização do processo foram realizadas 20 visitas à empresa, incluindo o Ponto de Entrada (fase de “venda” do projeto), visitas às instalações, reuniões dos Grupos de Coordenação e Apoio e coleta e análise dos dados (*workshops*, preenchimento e discussão das folhas de tarefa).

9.5.1.2. Participação

A Tabela 9.3 apresenta a lista de participação sugerida para os passos da fase 3 (Visão da Manufatura e AMT) do processo de seleção de AMT. As tabelas com a participação sugerida para todos os passos do processo podem ser encontradas em Gouvêa da Costa, 2003.

Tabela 9.3 – Participação sugerida para cada passo do processo de seleção de AMT

PASSO	DESCRIÇÃO	PARTICIPAÇÃO SUGERIDA	ESTRATÉGIA
3.1	<i>Best practices</i>	Manufatura, Engenharia, P&D, RH, Vendas, Compras	<i>workshop</i>
3.2	Capacitação dos competidores	Manufatura, Engenharia, P&D, RH, Vendas, Compras	<i>workshop</i>
3.3	Objetivos corporativos para a manufatura	Gerentes corporativos e / ou outros gerentes	entrevista e apresentação
3.4	Visão da manufatura	Manufatura, Engenharia, P&D, RH, Vendas, Compras, Grupo de Coordenação	<i>workshop</i>
3.5	Agrupar ideias, refinar e priorizar a Visão	Grupo de Coordenação	reunião
3.6	Identificar AMT relacionados com a Visão	Grupo de Coordenação e convidados com <i>expertise</i> nos temas tratados	reunião

9.5.1.3. Gestão do Projeto

O Grupo Coordenador foi composto por 8 pessoas, sendo 2 Facilitadores (pesquisadores) e 6 funcionários da empresa onde o caso estava sendo conduzido (2 da Engenharia de Manufatura, 1 de Engenharia do Produto, 1 da Qualidade, 1 da Manutenção e 1 da Engenharia Industrial).

O Grupo de Apoio foi constituído por 2 engenheiros da Engenharia de Manufatura (que participavam do Grupo de Coordenação), os Facilitadores e um aluno de Iniciação Científica que acompanhou o desenvolvimento do processo.

O Grupo de Operação contou com a participação de mais 20 pessoas da empresa, além dos 8 participantes do Grupo Coordenador. Houve, também, a participação de um especialista em automação, que tomou parte em alguns passos em que foram discutidos equipamentos e softwares para automação.

9.5.1.4. Ponto de Entrada

Inicialmente foi feito contato com pessoal dos setores de planejamento e manufatura da fábrica onde se pretendia testar o processo, quando se fez uma apresentação dos objetivos gerais e resultados esperados da aplicação do processo de seleção de AMT.

Em seguida à apresentação, a empresa enviou uma lista com sete temas que tinha interesse que fossem abordados, para ser analisada a compatibilidade entre a aplicação processo a ser refinado e testado e o tratamento daqueles temas. Foram 8 encontros, incluindo discussão com pessoal técnico, gerentes de área e o presidente daquela unidade de negócios, quando então se fez o “lançamento do projeto”.

9.5.1.5. Avaliação do Processo

Para o acompanhamento, registro e avaliação do andamento do processo, foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Folha de anotações do facilitador

A folha de anotações do facilitador foi organizada para o registro do andamento das reuniões. Nela havia campos para observações sobre os participantes, horários, cumprimento de objetivos, participação, estrutura do processo, tempo, facilidade na condução do processo e atingimento de consenso, resultados e satisfação dos participantes. Havia um campo, também, para sugestões de melhorias e observações consideradas importantes.

Este material serviu para registro das sessões e atividades de campo, sendo um dos elementos da base de dados do estudo de caso, importante para garantir a confiabilidade do estudo (YIN, 1994).

- Ficha para Avaliação da fase

A ficha de avaliação da fase foi preenchida pelos participantes de cada uma das cinco fases. O participante usou uma escala de um a cinco (muito pouco, pouco, médio, bom, muito bom) para responder perguntas relacionadas com os critérios adotados para a avaliação do processo – factibilidade, usabilidade e utilidade, segundo Platts (1993). Sob estes critérios, eram formuladas perguntas sobre os objetivos, participação, estrutura do processo, tempo, resultados, concordância, aprendizado / contribuição, satisfação e sobre o papel e a atuação do facilitador. Ao lado de cada pergunta, além do campo para atribuição da nota, havia um campo para observações.

- Ficha para Avaliação do processo

A ficha de avaliação do processo foi apresentada a cada participante ao final do estudo de caso, quando foram feitas perguntas, novamente empregando-se escores de um a cinco para as respostas, sobre factibilidade, utilidade e usabilidade do processo. Novamente,

ao lado de cada pergunta, havia um campo para observações. No final do instrumento há um campo para comentários adicionais.

A folha de anotações do facilitador e as fichas para avaliação das fases e do processo podem ser encontradas em Gouvêa da Costa, 2003.

9.5.2. Gestão estratégica de operações em serviços

No exemplo desta seção, a abordagem por processos foi aplicada para operacionalizar um *framework* para a gestão estratégica de operações (PINHEIRO DE LIMA, GOUVÊA DA COSTA E FARIA, 2009). Além de rever a formulação da estratégia de operações e o projeto do sistema de medição de desempenho operacional, o processo contribui para a formulação de um plano de ação para as operações. Para o desenvolvimento e teste do processo, ele foi aplicado em dois estudos de caso em empresas prestadoras de serviços, mostrando-se factível, usável e útil.

A Figura 9.3 apresenta o *framework* para a gestão estratégica de operações que foi operacionalizado a partir da abordagem por processos.

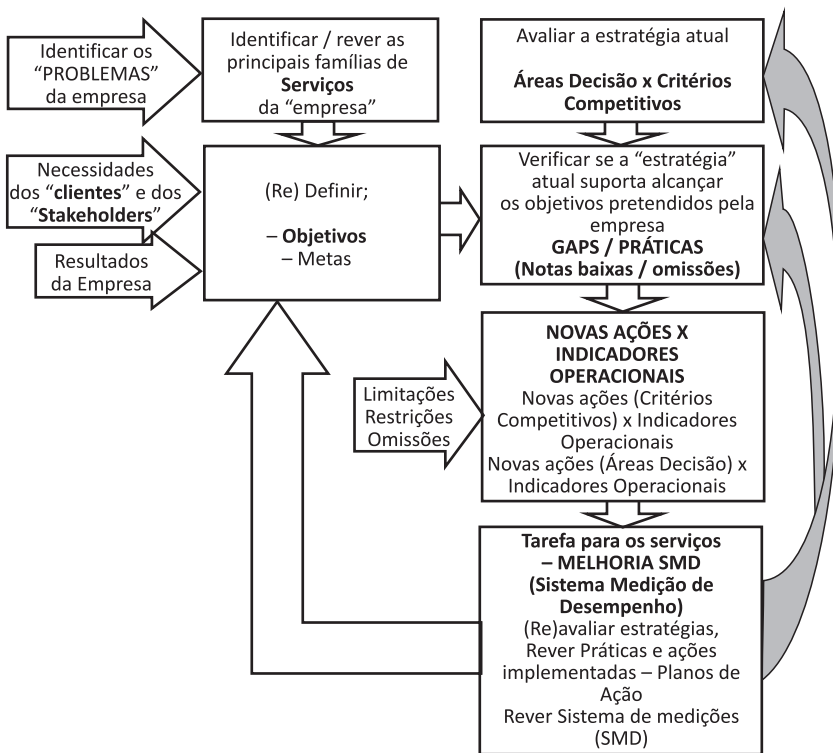


Figura 9.3 – *Framework* para gestão estratégica de operações.

O processo resultante possui 4 fases (etapas), divididas em 16 passos e instrumentalizado por 16 folhas de tarefa.

A Figura 9.4 mostra o processo para a gestão estratégica de operações.

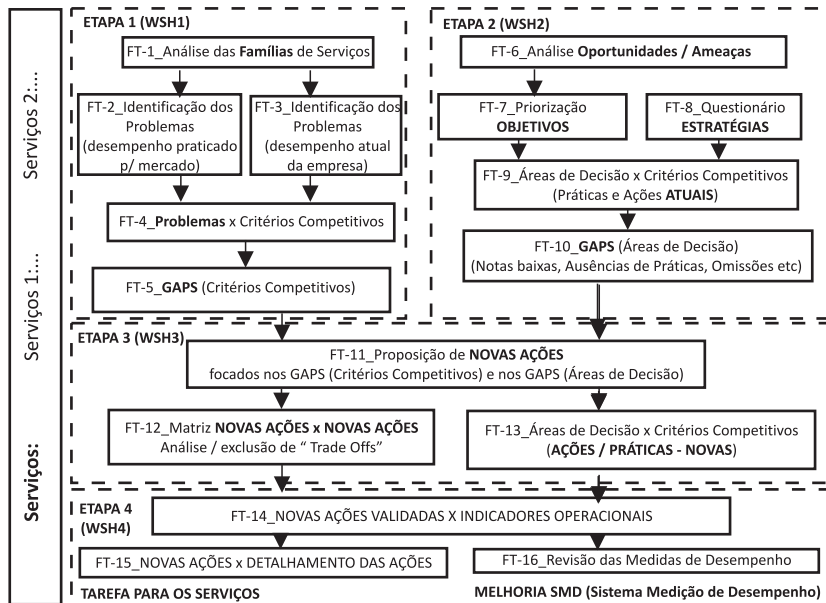


Figura 9.4 – Processo para gestão estratégica de operações.

9.5.3. A integridade do processo desenvolvido

Embora consolidado pelo uso, a aplicação da abordagem por processos é feita de forma manual e depende da *expertise* do facilitador na condução do processo, o que pode comprometer a integridade dessa aplicação e resultar em um processo operacional inadequado para a resolução do problema abordado (BONFIM, 2005). Com o objetivo de contribuir para a garantia da integridade da aplicação dos conceitos preconizados pela abordagem por processos, foi desenvolvida uma modelagem fundamentada em um metaprocesso. Desta maneira, o metaprocesso pode guiar qualquer tipo de aplicação do *process approach*, na medida em que desenvolve um *workflow* para tal.

Considerando que um processo e seu contexto constituem uma percepção da realidade, seu enunciado expressa os caminhos e direções a serem tomadas durante o trabalho de representação da realidade. O conjunto de princípios que definem a abordagem por processos contribuem para que a modelagem esteja condizente com a realidade, e também auxiliam para que as alterações decorrentes de novas percepções e fatos da realidade sejam devidamente representados. Os princípios ampliam a capacidade de percepção promovendo reflexões e orientando as interpretações e representações acerca da realidade. Tal conjunto de informações permite que se crie um mapa da inteligência da realidade que serve os propósitos de se garantir a integridade na aplicação ou uso da abordagem por processos.

Um mapa de “inteligência da realidade” foi construído para avaliar a integridade da abordagem por processos. Tal aplicação fundamenta-se na aplicação de técnicas de mode-

lagem de processos e verifica o domínio de tal exercício. A Figura 9.5 apresenta o mapa relacionado à abordagem por processos, enquanto a Figura 9.6 mostra o mapa da inteligência do processo para a gestão estratégica de serviços (representado na Figura 9.4).

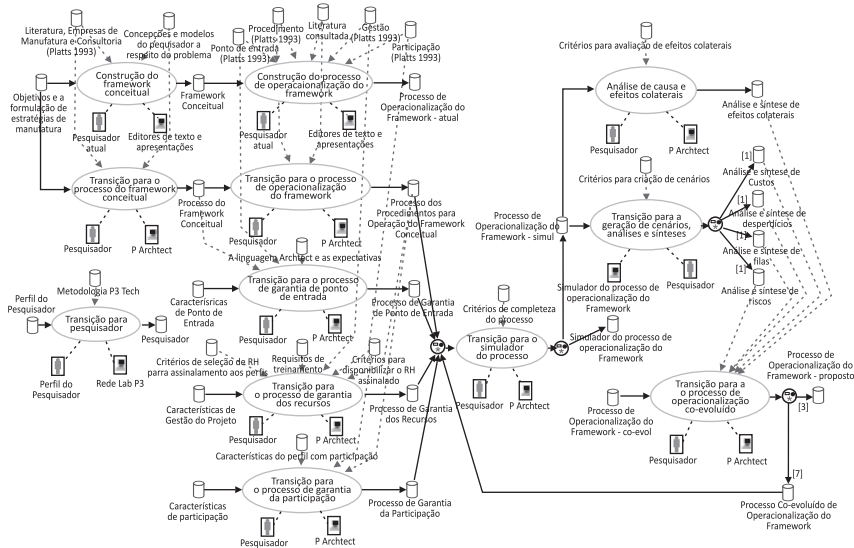


Figura 9.5 – Mapa da inteligência da abordagem por processos.

Observa-se que a representação do mapa da inteligência da realidade cobre o domínio completo de aplicação da abordagem por processos na medida em que integra os elementos “ponto de partida”, “procedimentos”, “participação” e “gestão de projeto”. Tal integração define causalidades e também os elementos que são mobilizados.

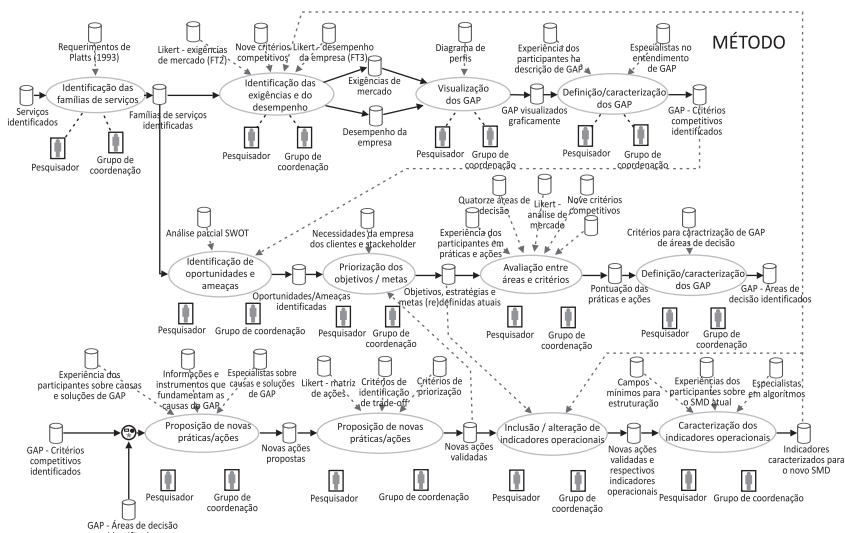


Figura 9.6 – Mapa da inteligência da gestão estratégica de serviços.

A Figura 9.6 apresenta o produto final da aplicação da abordagem por processos, cujo resultado é um processo estruturado para o projeto de um sistema de gestão estratégica para operações de serviço.

9.6. Benefícios do emprego da abordagem por processos

O emprego da abordagem por processos apresenta diversas vantagens, a saber:

- as folhas de tarefa e a organização do processo podem ser comparados a protocolos de pesquisa, orientando a condução da pesquisa (YIN, 1994);
- o emprego de *workshops* faz com que se tenham múltiplos respondentes para uma mesma pergunta, de forma a melhorar a validade construtiva (ajuda a evitar subjetividade e vieses), como se fosse uma forma de triangulação de dados;
- as folhas de tarefa são enviadas com antecedência aos participantes do *workshop*, de forma que eles possam se preparar para o momento em que terão de expressar as suas posições, o que pode aumentar a qualidade dos dados coletados (VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002);
- a coleta de dados se dá de forma organizada, evitando um problema típico nas pesquisas qualitativas que é a aquisição de uma grande massa de dados (YIN, 1994);
- as folhas de tarefa, uma vez preenchidas, acabam formando “naturalmente”, ou seja, com o desenvolver natural do processo, uma documentação de cada fase;
- os *workshops* resultam em convergência e clarificação, que ajudam o pesquisador na análise dos dados (VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002);
- o fato de o processo ser conduzido por um facilitador permite que, se a cada caso estudado se utilizarem diferentes facilitadores, evite-se ou minimize o viés do observador (PLATTS, 1993; PLATTS *et al.*, 1998; VOSS, TSIKRIKTSIS e FROHLICH, 2002);
- sendo o preenchimento final de cada folha de tarefa feita pelo grupo, é mais provável que os membros do grupo sintam-se “donos” da estratégia desenvolvida, fator que é apontado como importante para a eficaz implementação dos resultados (PLATTS *et al.*, 1996);
- as folhas de tarefa preenchidas são excelentes meios de comunicação dos resultados.

9.7. Considerações finais

A abordagem por processos, como já definida, corresponde a um método para a concepção e desenvolvimento de processos de operacionalização de *frameworks* conceituais, auxiliados por um conjunto de instrumentos e coordenados por procedimentos de gerenciamento.

É importante observar que a abordagem por processos é o método para a concepção e o desenvolvimento de um processo, e não o processo resultante. Com o emprego da abordagem por processos, um *framework* conceitual pode ser operacionalizado através de um processo. Para o refinamento e teste do processo, de acordo com as características desejáveis de um processo (PLATTS, 1994), é seguido um conjunto de procedimentos, fazendo-se uso da pesquisa-ação. O refinamento e teste do processo dão-se através de estudos de caso. Assim, o refinamento e teste de um processo que busca operacionalizar um *framework* conceitual, através da abordagem por processos, faz-se através de estudos de caso, empregando-se a pesquisa-ação.

Uma vez testado e validado o processo (de operacionalização de um *framework* criado a partir da abordagem por processo), a sua aplicação já não mais corresponde à abordagem por processos, dado que ela representa, como foi ressaltado, um método para concepção e desenvolvimento de processos, e não à aplicação do processo criado. Obviamente, o processo resultante terá características “desejáveis dos processos”, ou seja, terá um procedimento, primará para participação dos envolvidos do problema em questão, terá um procedimento definido de gestão e também uma etapa inicial visando definições e motivação (ponto de entrada).

Referências

- BONFIM, W. S. Uma metodologia para garantir a integridade da aplicação do *process approach* utilizando a metodologia P3Tech. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.
- GOUVEA DA COSTA, S.E. Desenvolvimento de uma abordagem estratégica para a seleção de tecnologias avançadas de manufatura. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- GOUVEA DA COSTA, S.E.; PLATTS, K.; FLEURY, A. Strategic selection of advanced manufacturing technologies (AMT), based on the manufacturing vision, *International Journal of Computer Applications in Technology*, v. 27, n. 1, p. 12–23, 2006.
- IJOPM. INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT. Round Spinney: MCB University Press, v. 21, n. 8, 2001.
- MILLS, J.; NEELY, A.; PLATTS, K.; GREGORY, M. Manufacturing strategy: a pictorial representation. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, n. 11, p. 1067-1085, 1998.
- PINHEIRO DE LIMA, E.; GOUVÊA DA COSTA, S.E.; FARIA, A.R. Taking operations strategy into practice: Developing a process for defining priorities and performance measures. *International Journal of Production Economics*, v. 122, n. 1, p. 403-419, 2009.

- PLATTS, K. A process approach to researching manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 13, n. 8, p. 4-17, 1993.
- PLATTS, K. Characteristics of methodologies for manufacturing strategy formulation. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 7, n. 2, p. 93-99, 1994.
- PLATTS, K.; GREGORY, M. Manufacturing audit in the process of strategy formulation. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 10, n. 9, p. 5-26, 1990.
- PLATTS, K.; MILLS, J.; NEELY, A.; GREGORY, M.; RICHARDS, H. Evaluating manufacturing strategy formulation processes. *International Journal of Production Economics*, v. 46-47, p. 233-240, 1996.
- PLATTS, K.; MILLS, J.; BOURNE, M.; NEELY, A.; RICHARDS, H.; GREGORY, M. Testing manufacturing strategy formulation processes. *International Journal of Production Economics*, v. 56-57, p. 517-523, 1998.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.
- YIN, R. K. *Case Study Research: design and methods*. 2nd ed. Thousand Oaks : Sage, 1994.

Capítulo 10

Métodos e Técnicas para a Elaboração de Monografias de Cursos de Graduação e de Especialização

Paulo A. Cauchick Miguel

Este capítulo apresenta os princípios para a adoção de métodos e técnicas em monografias, mais especificamente voltadas para trabalhos de conclusão de cursos de graduação que, em algumas instituições, também são chamados de trabalhos de formatura, ou de cursos de especialização (pós-graduação). Um TCC é então um trabalho redigido na forma de uma monografia, sendo requisito para a obtenção do diploma de graduação em engenharia, administração ou outros cursos, tais como os de especialização *lato sensu*.

Em geral, o objetivo da monografia é desenvolver um trabalho que resulte em um texto estruturado, orientado por um professor, que empregue os conceitos abordados no referido curso. No caso dos cursos de engenharia, por exemplo, é importante que o trabalho tenha uma relação entre a teoria e a prática dos assuntos apresentados ao longo curso. Esta afirmativa também é válida para cursos de especialização. Nesse sentido, o presente capítulo apresenta então as partes mais relevantes de um TCC, com destaque para a parte de métodos e técnicas a serem adotados. A Figura 10.1 ilustra algumas das partes relevantes de um TCC.

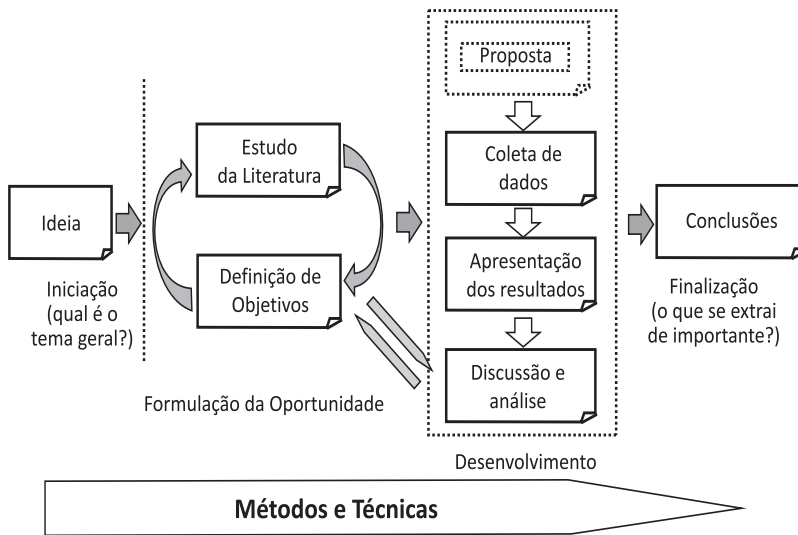


Figura 10.1 – Estrutura de um TCC e suas partes relevantes.

10.1. A ideia do TCC

Como mostrado na Figura 10.1, um TCC surge a partir de uma ideia, ou melhor, de uma oportunidade para desenvolvimento do trabalho. Esta oportunidade pode advir de variadas fontes, internas ou externas à instituição que requer o desenvolvimento do trabalho, tais como:

- A realização de um estágio no país ou no exterior, no nível de graduação ou aperfeiçoamento profissional;
- Um problema vivenciado em uma organização industrial, de prestação de serviço ou outras (tais como organizações não governamentais – ONGs ou instituições públicas estaduais ou federal), da qual o aluno faz parte;
- A condução de um projeto de extensão pelo orientador (como, por exemplo, um projeto de extensão associado ao “apoio em gerência de negócios de organizações não governamentais”);
- A condução de um projeto de pesquisa pelo orientador (como, por exemplo, um trabalho de iniciação científica);
- Um projeto de cooperação com uma empresa;
- Uma ação institucional (não caracterizada como pesquisa ou extensão) vinculada a um departamento, a faculdade ou centro ou a instituição (como, por exemplo, a participação em um “programa de avaliação institucional”);
- A condução de projetos de outra natureza como, por exemplo, projetos desenvolvidos por quaisquer grupos na universidade.

Como pode ser visto, as oportunidades são variadas e cada uma delas pode gerar uma monografia de características diferenciadas mas similares em termos de estrutura geral, seja esta monografia requerida para o nível de graduação ou de pós-graduação. Qualquer que seja o trabalho a ser desenvolvido, este dependerá de uma fundamentação teórica que auxiliará para definir os objetivos. As bases da fundamentação teórica são descritas a seguir.

10.2. Construção da fundamentação teórica

Em geral, a fundamentação teórica é representada (e as vezes considerada como sinônimo) de uma revisão bibliográfica. Uma revisão bibliográfica é um processo que consiste na busca, seleção e organização da literatura visando a construção de um texto que servirá para fundamentar a monografia.

A busca bibliográfica compreende a identificação de fontes importantes para o trabalho, tais como: artigos em periódicos, livros, trabalhos em congressos e eventos, normas, leis, relatórios etc. Para o acesso aos periódicos no exterior é preciso identificar bases de dados para realizar a busca e decidir quais serão as palavras-chave a serem utilizadas. O portal de periódicos da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (www.capes.gov.br no *link* “Periódicos”) é uma excelente fonte para a busca de artigos em periódicos, principalmente internacionais, além de teses e dissertações sobre temas em diversas áreas do conhecimento. No entanto, tem acesso limitado a algumas instituições de ensino.

Uma base de dados aberta ao público é o Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) onde estão os principais periódicos brasileiros em português e em inglês (www.scielo.org). Outras fontes são os anais de eventos disponíveis eletronicamente tais como os do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, disponibilizados pela ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção) e os do SIMPEP (Simpósio de Engenharia de Produção), disponibilizado pela UNESP de Bauru. Como já mencionado, as buscas devem ser feitas por palavras-chave que melhor identifiquem o assunto a ser estudado.

A seleção compreende a verificação e escolha das fontes que podem, ser úteis e serem usadas para a redação da fundamentação teórica do trabalho. Após esta escolha, deve-se organizar estas fontes de modo a registrar as informações importantes visando resgatá-las posteriormente quando necessário. Pode-se então fazer uma planilha agregada com os dados do trabalho (Anexo 2), além de fichamento individual (Anexo 1) de cada trabalho. Também podem ser utilizados programas para apoio a organização bibliográfica tais como o EndNote (www.endnote.com), Medelin (www.mendeley.com), Procite (www.procite.com), Bibloscape (www.bibloscape.com), dentre outros.

Em linhas gerais, o referencial teórico corresponde a cerca de 25 a 30% do conteúdo do texto, ou seja, da monografia. A monografia também contém outras partes importantes, como por exemplo a introdução, os métodos adotados, os resultados e as conclu-

sões, além da lista de referências bibliográficas. Estas partes, definidas como a estrutura base da monografia, são apresentadas mais a frente.

Alguns pontos importantes para formular a oportunidade do trabalho são:

- Estabelecer o que será desenvolvido com base na oportunidade identificada;
- Incluir a importância do desenvolvimento do trabalho sob o ponto de vista da engenharia de produção e suas áreas (ou de outras áreas do conhecimento);
- Desenvolver os objetivos do trabalho, a partir da oportunidade identificada.

Como anteriormente apontado, é preciso definir os objetivos do trabalho. O texto de fundamentação teórica também auxilia nessa definição pois podem surgir objetivos mais precisos a medida que o aluno vai tendo maior familiaridade com o assunto, conforme o estuda. Por esta razão, a Figura 10.1 mostra uma relação entre o estudo da literatura e a definição dos objetivos indicada por meio de setas. Esta relação contribuirá para a formulação da oportunidade do trabalho, isto é, da redação de um texto (que geralmente vai estar na introdução da monografia) que descreverá a formulação da oportunidade do trabalho. Um resultado importante da formulação da oportunidade (ou do problema¹) são os objetivos do trabalho, definidos na sequência.

10.3. Definição dos objetivos

O objetivo é a formalização do propósito do trabalho. A escolha do verbo é importante, pois estabelece a ação e o que pretende-se fazer e, geralmente, onde pretende-se chegar. Os objetivos devem ser passíveis de mensuração, isto é, deve ser passíveis de verificação se foram atingidos. Deve-se evitar objetivos amplos e/ou vagos (representados com verbos tais como: “estudar”, “discutir”, “abordar” etc.). É recomendável que o trabalho tenha um objetivo geral e objetivos intermediários ou específicos.

A verbalização do(s) objetivo(s) é importante e pode definir diferentes níveis (não excludentes), a saber:²

- Nível de conhecimento: apontar, definir, relatar, descrever, identificar;
- Nível de compreensão: descrever, esclarecer, explicar;
- Nível de aplicação: aplicar, demonstrar, empregar, ilustrar;
- Nível de análise: analisar, classificar, comparar, diferenciar, provar, investigar, experimentar;

¹ Em geral utiliza-se o termo “formulação do problema”. No entanto, este termo pode causar certa confusão uma vez que é considerado como algo negativo e, nem sempre, o “problema” é negativo. Por sugestão do professor Fernando Forcellini do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), será aqui usado o termo “formulação da oportunidade” do trabalho.

² Esta verbalização teve a iniciativa e a colaboração do prof. José A. Arantes Salles da Universidade Nove de Julho, para o qual o autor presta seus agradecimentos.

- Nível de síntese: reunir, organizar, esquematizar, sintetizar;
- Nível de avaliação: apreciar, avaliar, escolher, selecionar, validar.

Para cada tipo de trabalho, é necessário verificar se o tipo de verbo usado no(s) objetivo(s) atende(m) ao trabalho. A partir dos objetivos pode-se trabalhar nas etapas necessárias para alcançá-los, apresentadas a seguir.

10.4. Definir etapas do trabalho e métodos e técnicas a serem adotados

Para o desenvolvimento de um TCC não existe uma grande rigorosidade quanto a abordagem metodológica (de pesquisa ou de outro tipo). No entanto, o trabalho deve evidenciar a preocupação de rigor mínimo na sua construção. Este rigor pode ser traduzido pela definição de etapas para condução do trabalho, bem como métodos e técnicas utilizados para cada uma dessas etapas.

Alguns cursos, como os de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) consideram no seu regimento de 2010 que a monografia resultante do TCC pode ser categorizada em experimento, estudo teórico ou estudo de caso. Cabe ressaltar que sempre é importante considerar o tipo de trabalho a ser desenvolvido. Entretanto, esta consideração não deve ser uma mera formalidade. Pelo contrário, a sua formalização é uma indicação de que o indivíduo que desenvolve a monografia tem consciência de que tipo de trabalho está lidando e, assim, possibilitará desenvolver métodos e técnicas mais adequados. Não necessariamente estes métodos e técnicas são “de pesquisa” pois a natureza de um TCC pode variar. Por exemplo, um TCC pode advir de um trabalho de engenharia feito em uma empresa (em decorrência de um estágio), a partir de um problema real identificado. Nesse caso, não necessariamente, é uma proposta de pesquisa. Porém, isso não significa que não deva considerar métodos e técnicas para sua condução.

Assim, é importante a definição das etapas de desenvolvimento do trabalho pois:

- é útil para identificar a sequência do conjunto de eventos para a condução do trabalho;
- pode já definir que o trabalho tem uma parte empírica (ou seja, de trabalho de campo), além da parte teórica (necessária a qualquer tipo de monografia);
- estabelece se algumas das etapas (eventos) devem ser conduzidas sequencialmente ou em paralelo;
- relacionam as etapas aos objetivos geral e específicos;
- para cada etapa/conjunto de eventos devem ser definidos os métodos e técnicas para o desenvolvimento do trabalho.

As etapas podem ser representadas por uma figura. A Figura 10.2 mostra uma ilustração de etapas na condução de um trabalho de pesquisa, enquanto que a Figura 10.3 apresenta as etapas de um TCC de um curso de especialização.

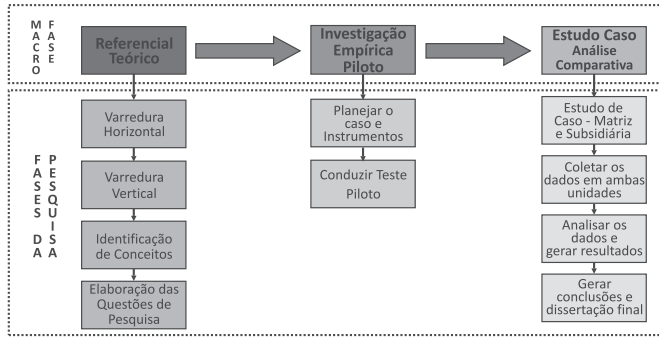


Figura 10.2 – Exemplo de etapas de um trabalho de pesquisa (mestrado).³

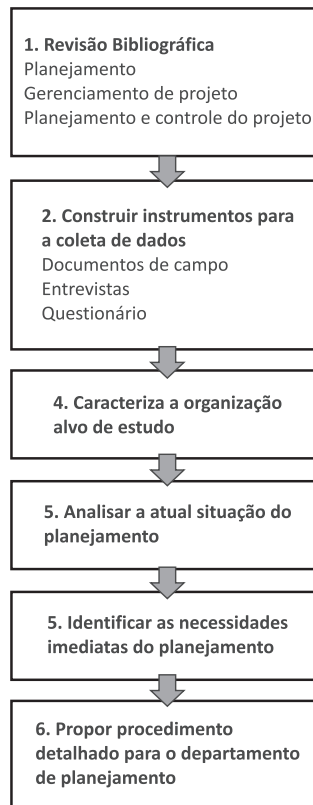


Figura 10.3 – Exemplo de etapas de um TCC de um curso de especialização.⁴

³ Segismundo, A. Processo de Descentralização do Desenvolvimento de Novos Produtos: Uma Análise em uma Empresa do Setor de Veículos Comerciais. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Eng^a de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2009.

⁴ Santos, Rui Celestino. Definição de Métodos de Apoio ao Controle do Planejamento numa Empresa de Engenharia Dedicada a Projetos na Área de Meio Ambiente. do Curso de Especialização em Gestão de Projetos – CEGP, Fundação Carlos Alberto Vanzolini, Universidade de São Paulo, 2010.

Para cada uma das etapas ilustradas na Figura 10.2, é necessário estabelecer os métodos e técnicas a serem utilizados para a coleta e análise dos dados. Em geral, os dados podem ser classificados de várias formas. Uma classificação é segundo a natureza: quantitativos ou qualitativos (ver Capítulo 3). Os dados qualitativos dão ênfase em interpretações subjetivas dos indivíduos e importância na concepção da realidade organizacional. As técnicas em geral utilizadas para coletar estes dados são: entrevistas, observação, análise documental etc., enquanto que as técnicas utilizadas para analisar os dados são transcrições, análise de conteúdo, *displays* (ver Capítulo 6) etc. Os dados quantitativos são aqueles que permitem mensuração, em geral numérica e a aplicação de métodos numéricos estatísticos, por exemplo (ver Capítulo 5). As técnicas em geral utilizadas para coletar estes dados são: questionários, experimentos, cronometragem etc., enquanto que as técnicas utilizadas para analisar os dados são: métodos matemáticos, estatísticos etc.

Os dados também pode ser categorizados segundo a fonte de onde estes dados são acessados, ou seja, podem ser subdivididos em primários e secundários (como já citado no Capítulo 7). Os dados primários são aqueles coletados diretamente na fonte primária, ou seja, obtidos diretamente na própria organização ou indivíduo estudado, como por exemplo: entrevistas com operadores de estações de trabalho sobre necessidades ergonômicas. Os dados secundários, por sua vez, são aqueles obtidos de outras fontes (diferentes das primárias) tais como: relatórios de atividades setoriais, publicações internas das organizações, atas de reuniões etc. Geralmente, os dados secundários são aqueles que não tiveram tratamento analítico; publicações em congressos, periódicos, revistas profissionais, por exemplo, já tiveram algum nível de análise e, portanto, não são fontes para a análise documental. Um exemplo de uso de dados secundários poderia advir de uma análise da relação entre o crescimento populacional e o aumento da renda com base nos dados públicos disponíveis no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Neste caso, os dados do IBGE são secundários e o aluno os utilizará na sua análise.

10.5. Estrutura da monografia

A estrutura geral de uma monografia (de graduação ou de pós-graduação) não é muito diferente de outros trabalhos, como as dissertações de mestrado ou teses de doutorado. Em geral, compreende as seguintes partes principais (algumas destas partes estão ilustradas na Figura 10.1):

- Título: é a identidade do trabalho e deve representá-lo sinteticamente (dica: máximo de três linhas);
- Resumo: é uma síntese do trabalho para representá-lo como um todo. Logo, deve conter de forma sintética todas as partes do trabalho (dica: de 200 a 500 palavras em parágrafo único);

- **Introdução:** deve apresentar o contexto do tema, ou seja, onde o trabalho posiciona-se em termos de tema, em que área se insere etc.) e também a justificativa de sua importância. Na introdução também deve ser descrita a formulação da oportunidade do trabalho (resolver um problema prático? solucionar um problema de pesquisa? etc.), bem como apresentar os seus objetivos com clareza e precisão (dica de extensão: 3-6 páginas).
- **Desenvolvimento do trabalho:** nome genérico que pode ser composto por dois, três ou quatro capítulos com o desenvolvimento realizado como, por exemplo: fundamentação teórica (dica de extensão: 15-25 páginas), métodos adotados (dica de extensão: 5-15 páginas), proposta do trabalho (dica de extensão: 2-10 páginas), resultados e discussão (dica de extensão: 10-25 páginas). No entanto, capítulos com pequeno número de páginas não são recomendáveis. Portanto, quando for um conteúdo pequeno, este deve ser incorporado como um subitem de um capítulo, cujo conteúdo seja mais similar.
- **Conclusões:** devem indicar explicitamente os pontos conclusivos principais relacionados aos objetivos (indicar o alcance ou não destes). Devem ser restritas ao desenvolvimento realizado, ou seja, devem ter sustentação face ao que foi desenvolvido e apresentado (dica: 2-4 páginas).
- **Lista de referências:** corresponde a listagem das fontes utilizadas no trabalho. Existe uma padronização para a descrição de livros, artigos em revistas, trabalhos em congressos etc. A norma ABNT NBR 10520 (2002) recomenda como deve ser feita a citação em documentos, enquanto que a ABNT NBR 6023 (2002) indica como deve ser a descrição individual de cada fonte na lista, que pode ser elaborada de acordo com o sistema utilizado para citação de autor-data ou numérico.⁵

Esta estrutura pode ter variações (bem como não está completa pois não inclui sumário, lista de figuras, lista de tabelas, listas de abreviações etc.), mas as partes principais são aquelas apontadas anteriormente. Em geral, a monografia deve resultar em torno de 100 páginas, excetuando-se os anexos e apêndices,⁶ mas incluindo a lista de referências.

⁵ A Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) disponibiliza orientações nesse sentido em: <http://www.bu.ufsc.br/framerefer.html>.

⁶ Existe diferença entre um anexo e um apêndice. Em geral, o anexo corresponde a material de não autoria do candidato, enquanto que o apêndice é de sua autoria. Geralmente são utilizados como partes extensivas ao texto, destacados deste para evitar descontinuidade da sequência lógica dos itens. Normalmente referem-se a material que não é pertinente ser inserido no texto. Para um anexo pode-se ter descrição de equipamentos, técnicas e processos de uma empresa, modelos de formulários ou impressos etc. Questionários, roteiros de entrevistas etc., desenvolvidos pelo aluno, devem ser apêndices. Todos devem ser numerados, ter título e chamados no texto.

10.6. Dicas quanto à forma do TCC

A forma (apresentação) do trabalho é muito importante, não somente porque é um requisito de trabalhos acadêmicos (textos com redação formal, diferenciados de textos jornalísticos, por exemplo), mas também porque uma forma ruim pode prejudicar o conteúdo do trabalho, por melhor que este seja. Assim, são listadas algumas dicas quanto a forma:

- Iniciar e encerrar os capítulos: todo capítulo deve ter um parágrafo com meia dúzia de frases que o sintetizam e apresentam seus objetivos. Analogamente, no final de cada capítulo um parágrafo deve encerrá-lo e, se for o caso, preparar para o próximo.
- Consistência na redação: o texto deve ser padronizado. A falta de padronização ou consistência (tamanho das letras no texto, títulos e subtítulos, espaçamento entre linhas, recuos nos parágrafos etc.) pois pode passar a ideia de descuido do autor e/ou falta de rigor na redação.
- Uso de tabelas e elementos gráficos em geral (quadros, figuras, gráficos etc.): o papel destes elementos é de auxiliar o entendimento do texto. Assim, não devem simplesmente repetir a informação que está na forma textual. Os elementos devem ser numerados, terem títulos e respectivas fontes (citação por exemplo), se for o caso. Todos devem ser chamados e discutidos no texto, ou seja, a interpretação não deve ficar por conta do leitor. Se estes elementos forem grandes, excedendo uma página e se for necessário interrompê-los, devem continuar na página seguinte mas mantendo sua numeração e título acrescentado pela palavra “... – continuação” no título.
- Evitar o uso de certos termos: algumas palavras não devem ser usadas como, por exemplo: “acima”, “abaixo” etc. pois na edição final do texto, o posicionamento (localização) pode não corresponder a palavra usada. Embora não seja incorreto, o uso das expressões “na sequência”, “a seguir” etc. deve ser evitado, principalmente, tratando-se de chamadas de tabelas e figuras. O uso de jargão interno a uma certa empresa ou mesmo setor deve ser evitado, além de termos coloquiais usados no dia a dia.
- Espaços em branco no texto: uma monografia é um documento e como qualquer documento não deve conter espaços em branco. Exceção se faz no final de cada capítulo, pois este é um encerramento parcial. Se houver problemas com a inserção de figuras ou tabelas, por exemplo, que devem ficar mais próximas possíveis do texto onde são chamadas, o texto deve ser editado de tal forma que não permita um espaço em branco maior que 20% da página.

- Lista de itens: sempre que for necessário usar uma série de itens (tópicos, como no caso desta lista de conteúdo), em geral com o uso de marcadores ou hífen, esta deve ser apresentada. Não é adequado estabelecer um subtítulo e logo em seguida simplesmente listar os pontos desejados, ou seja, esta lista deve ser chamada no texto antes de apresentá-la como, por exemplo: “... Os fatores críticos e sucesso identificados no trabalho de campo são os seguintes: ...”

Os pontos anteriormente citados não esgotam as necessidades relativas a forma do trabalho, pois devem ser vistos também os procedimentos internos de cada instituição que, em geral, podem recomendar as regras mínimas para apresentação de uma monografia.

10.7. Aspectos importantes para o sucesso de um TCC

Os seguintes aspectos são relevantes para obtenção de um TCC com sucesso:

- Definição o mais cedo possível do tema do trabalho e seus objetivos (geral e específicos);
- Iniciar o mais cedo possível a leitura sobre o tema e formar uma boa base teórica sobre o tema;
- Iniciar a redação da monografia, começando por um sumário para, posteriormente, ir trabalhando para preencher os conteúdos de cada seção;
- Escolher o orientador e ter contato periódico com o ele(a) após a sua designação;
- Definir os métodos e técnicas de apoio ao desenvolvimento do trabalho e a sua condução;
- Disponibilizar tempo para o desenvolvimento do TCC.

10.8. Considerações finais

Hoje em dia, diversos cursos de graduação contemplam em sua estrutura curricular o cumprimento de projetos tais como TCC – Trabalho de Conclusão de Curso, até porque esta é uma condição *sine qua non* para que o aluno possa se graduar, conforme as diretrizes curriculares estabelecidas pelo MEC (Ministério da Educação e Cultura). Para os cursos de engenharia, os requisitos de um TCC variam, embora sejam similares, tanto em universidades públicas quanto privadas.

Por exemplo, no curso de engenharia de alimentos da PUC-PR (Pontifícia Universidade Católica do Paraná), os alunos executam o seu trabalho de conclusão de curso voltado para um estudo de viabilidade técnica e econômica e de um projeto básico de processo de uma unidade de produção agroindustrial. Em relação aos cursos de engenharia de produção, o Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica

da USP por exemplo, considera o TCC (denominado de trabalho de formatura ou TF) como “um dos pontos altos do curso de graduação em Engenharia de Produção”. O trabalho é considerado como uma documentação da “resolução de um problema”. Desta forma, o departamento considera que a estrutura do mesmo deve refletir quatro atividades fundamentais, a saber: (i) a determinação precisa do problema a ser resolvido; (ii) a determinação de um método adequado à obtenção da solução para o problema; (iii) a obtenção da solução através da aplicação do método escolhido; e (iv) a pesquisa bibliográfica (que fornece subsídios para a adequada determinação do problema e do método). Já para o Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC, já citado, a monografia resultante do TCC pode ter características de experimento, de estudo teórico ou de estudo de caso.

Qualquer que seja a abordagem adotada pelos cursos de graduação em engenharia de produção, uma monografia de qualidade deve considerar os pontos citados anteriormente, relativos à estrutura, padrões da ABNT, etapas e métodos e técnicas para a coleta e análise dos dados, dentre outros. Obviamente, estes pontos não substituem o conteúdo mas, sem dúvida, são decisivos para a avaliação do trabalho.

Referências

- ABNT. NBR6023: informação e documentação – referências – elaboração. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT. NBR6024: numeração progressiva das seções de um documento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. NBR6027: sumário. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. NBR6028: informação e documentação: resumos – apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. NBR 10520: informação e documentação, citações em documentos, apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT. NBR14724: informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2005.

Considerações Finais

Paulo A. Cauchick Miguel

A importância metodológica de um trabalho de pesquisa pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, geralmente caracterizado pela busca da melhor abordagem de pesquisa a ser adotada para endereçar as questões da pesquisa, verificar as proposições e/ou testar hipóteses. A seleção dos métodos e técnicas mais apropriados ao planejamento e condução de um trabalho de pesquisa aumenta as chances de que a proposta traga efetiva contribuição para o conhecimento. Além disso, o resultado é um trabalho mais bem estruturado, possibilitando inclusive a replicação, o aperfeiçoamento e a constante evolução por outros pesquisadores.

Como visto nos capítulos anteriores, existe uma diversidade de abordagens e métodos comumente adotados na engenharia de produção e gestão de operações. A escolha dentre as possibilidades existentes não é uma tarefa trivial. A tendência é que os trabalhos de pesquisa, principalmente aqueles em nível de doutorado, adotem mais de uma abordagem metodológica. Essa tendência frequentemente aponta para a necessidade de adoção de multimétodo visando, acima de tudo, a busca incessante do desenvolvimento da teoria, por meio da sua extensão, refinamento ou, em última instância, da proposição de novas teorias, contribuindo assim para a geração de conhecimento.

Um ponto importante para qualquer trabalho de pesquisa refere-se às questões éticas. No limite, o trabalho não pode provocar nenhum dano ao meio ambiente, seja no sentido material ou social. Embora, muitas vezes, as questões éticas sejam negligenciadas na engenharia de produção e na gestão de operações, não pode ser esquecido que, frequentemente, lida-se com seres humanos, na obtenção de dados e informações relevantes para a condução do trabalho de pesquisa, seja por meio de dados primários ou secundários. Assim, aspectos de confidencialidade na divulgação dos resultados, cuidados ao lidar com a análise documental e preocupações na comunicação interpessoal são alguns exemplos que caracterizam algumas das questões éticas que devem ser levadas em consideração.

Partindo-se do pressuposto de que as questões éticas são devidamente consideradas, um projeto de pesquisa deve ser bem planejado e conduzido. É importante, portanto,

que o pesquisador considere todas as peças necessárias para montar esse projeto, mesmo levando em conta o nível embrionário em que algumas propostas de pesquisa possam estar. Assim, o contexto do trabalho é importante para inserir o tema na área de pesquisa, ou seja, para posicioná-lo, bem como justificar a sua relevância, com o devido apoio da literatura para sustentar os argumentos importantes. Os objetivos estabelecem o que o trabalho pretende e, em alguns casos, até onde quer chegar. Os objetivos são, geralmente, expressos por verbos que devem ser claros o suficiente para demonstrar tal intento (ver Capítulo 10). Pode-se, então, estabelecer um objetivo geral para a proposta de pesquisa a alguns (poucos) objetivos específicos (ou complementares) no sentido de que cada um deles ofereça uma parcela de contribuição para o objetivo geral. Outro ponto extremamente importante: não tem sentido o desenvolvimento de um projeto de pesquisa se ele não tiver forte lastro teórico. Assim, o pesquisador deve ir além da busca da familiaridade sobre o tema a ser pesquisado, estabelecendo um modelo teórico inicial que fundamente e apresente as lacunas¹ para a condução da pesquisa. A partir desse referencial teórico (que é preliminar no momento da elaboração de um projeto de pesquisa, mas que deverá ser ampliado e aprofundado na condução da pesquisa propriamente dita) e dos objetivos gerados pelas lacunas identificadas na literatura parte-se para a seleção de métodos e técnicas para a condução do trabalho (Figura 2.4).

Ao nível de um projeto de pesquisa, o pesquisador deve estabelecer as condições metodológicas nas quais o trabalho deve ser conduzido, caracterizando-o e estabelecendo minimamente as condições metodológicas associadas à natureza dos dados (Capítulo 3), às etapas para a sua condução e respectivo tempo a ser despendido em cada uma delas, bem como outros instrumentos a serem utilizados na coleta e na análise dos dados. Infelizmente, é comum que o pesquisador sem experiência considere que só deve pensar (e estabelecer) esses fatores operacionais quando o trabalho de pesquisa for conduzido. Ledo engano. Os rumos de um trabalho de pesquisa geralmente são redirecionados ao longo da sua condução, mas esse ajuste de rota deve ser feito com base em algo previamente estabelecido, que é o projeto de pesquisa. O Anexo 5 mostra um exemplo das partes básicas necessárias para estabelecer um projeto de pesquisa. Finalmente, nesse projeto de pesquisa devem ser estabelecidos os “resultados esperados” com a condução do trabalho. Esses resultados devem ser concretos e não devem confundir-se com os próprios objetivos do trabalho. Geralmente, resultados abstratos não são possíveis de serem verificados. Assim, os resultados esperados devem ser, se possível, tangíveis. Estes devem relatar as “entregas” esperadas (ou subprodutos) decorrentes do desenvolvimento do trabalho. Os subprodutos podem ser teóricos ou práticos. A sua obtenção demonstra o alcance dos objetivos. Exemplos de resultados esperados podem ser: uma nova forma de trabalho de operadores (procedimento), uma nova versão, a partir de uma revisão, de um processo de negócios (por exemplo de gestão de *portfolio*), diretrizes para a tomada de decisões estra-

¹ A lacuna (ou *gap*) de pesquisa representa uma oportunidade para a pesquisa identificada na literatura, no sentido de trazer uma contribuição ao conhecimento, seja no nível teórico ou empírico.

tégicas, solução geral para um problema de gargalo na linha de produção, dentre outros. No entanto, apesar desses exemplos simples, os resultados esperados sempre devem estar alinhados à contribuição para o conhecimento.

Uma visão que pode auxiliar o pesquisador é olhar para o trabalho de pesquisa como um processo de negócio que tem entradas, uma ou mais fases de transformação e saídas (resultados), como ilustra a Figura 1. Os métodos e técnicas fazem parte de um conjunto que transformará essas entradas em saídas. Rigorosamente, o termo “metodologia de pesquisa” compreende o “estudo dos métodos”, ou seja, o pesquisador deverá estudar os métodos (e respectivas técnicas) existentes para estabelecer quais deles serão mais adequados para realizar essa transformação.

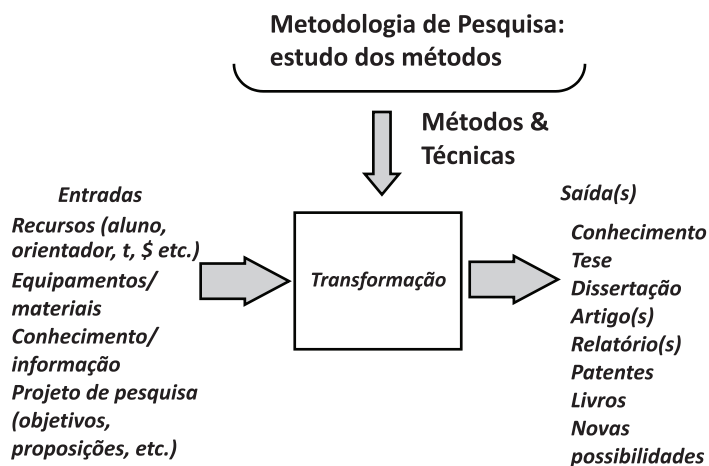


Figura 1 – A visão do trabalho de pesquisa como um processo.

Além de considerar a visão de processo mostrado na Figura 11.1, é importante estabelecer quem são os *stakeholders* de um projeto de pesquisa, ou seja, quem são as partes interessadas. Esses *stakeholders* podem variar conforme o tipo do projeto de pesquisa mas, geralmente, são representados por aqueles para quem os resultados do trabalho de pesquisa interessa. Amplamente, pode-se considerar a comunidade acadêmica, industrial e/ou sociedade em geral como partes interessadas. Mais especificamente, o próprio pesquisador, o orientador (no caso do desenvolvimento de dissertações ou teses), o departamento, a escola e a universidade, a agência de fomento, entre outros. Ter clara a definição de quem são os *stakeholders* também é importante na definição e condução de um projeto de pesquisa, considerando ou não a visão de processo.

Finalmente, considera-se que a comunidade da engenharia de produção necessita mobilizar esforços voltados ao aperfeiçoamento metodológico. No entanto, cabe ressaltar que, se em um passado recente essa discussão nem ao menos estava presente, hoje em dia existe uma preocupação relativamente generalizada quanto a essa necessidade em diversas instituições de ensino e pesquisa. Na essência metodológica, os trabalhos devem

apresentar uma coerência integrada nas suas partes principais: referencial teórico, objetivos (proposições, hipóteses etc.), desenvolvimento da proposta (voltada para a consecução dos objetivos) e conclusões sustentáveis e vinculadas à contribuição para a teoria. Nesse sentido, entende-se que a caracterização da pesquisa, bem como os métodos e técnicas adotados e apresentados nos capítulos anteriores, possibilita alcançar essa coerência e prover maiores condições de explicar os fenômenos estudados na engenharia de produção e gestão de operações.

Anexo 1 – Exemplo de ficha de registro de dados

Ficha de registro de dados adaptada do trabalho de Martín <i>et al.</i> (1999)				Controle	
Identificação:	A case study on modularity in product development and production within the auto industry				
Autores:	Cauchick Miguel & Pires			Base de dados	
Periódico	Vol.	Nº	Pág.	Ano	
<i>International Journal of Automotive Technology and Management</i>	6	3	315-330	2006	
Características da Pesquisa					
Conceitual		Empírico	1	Tipo de Estudo de Caso	
A: Modelagem		E: <i>Survey</i>		FR: Retrospectivo	
B: Teórico-conceitual		F: Estudo de caso	1	FA: Atual	
C: Revisão de literatura		G: Pesquisa-ação		FL: Longitudinal	1
D: Simulação		H: Experimental		FU: Caso único	1
Dados Demográficos				FM: Casos múltiplos	
Nº de Autores	2	Nome de todos os autores		CAUCHICK MIGUEL, P.A.; PIRES, S.R.I.	
Filiação	UNI: Universidade	1		País da Instituição	Brasil
	CP: Centro de Pesquisa				
	EP: Empresa				
Financiamento	AFS: Sim	1	Nº: 1		
	AFN: Não		Quem financiou?	CNPq	
Autor por Filiação					
Autor	Instituição	Autor	Instituição	Autor	Instituição
CAUCHICK MIGUEL, P.A.;	Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, USP				
PIRES, S.R.I.	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, FEAU, Unimep				

Abordagem					
a: Quantitativo	b: Qualitativo	ac: Descritivo		bc: Descritivo	1
	1	ad: Preditivo		bd: Preditivo	
Ambiente geográfico	REG: Regional	NAC: Nacional	INT: Internacional		
de pesquisa empírica					
Escopo/Objetivo	Cauchick Miguel e Pires (2006) realizam um estudo de caso na fábrica da VW de Resende para verificar o efeito da modularidade no desenvolvimento de novos produtos modulares.				
Palavra-chave que define o trabalho	Consórcio Modular; projeto de novos produtos; modularidade; estudo de caso; relações entre os tipos de modularidade				
Palavra-chave do artigo	modularity; new product development; modular design; modular consortium; auto industry				
Resumo: Cauchick Miguel e Pires (2006) analisam por estudo de caso (na fábrica da VW de Resende) os efeitos da modularidade aplicados no desenvolvimento de novos produtos modulares, na modularidade do processo de fabricação e na modularidade organizacional. Segundo os autores, todos os tipos de modularidade (projeto, produção, uso e organizacional) têm despertado interesse da indústria. A VW criou um centro de desenvolvimento de produtos, que, com o apoio da VW na Alemanha e a participação dos fornecedores de módulos, desenvolveu novos produtos, o que gerou alterações nos processos de fabricação, ampliação da fábrica (inclusive em número de funcionários), entrada de novos fornecedores de módulos, ou seja, afetou a modularidade de produção e organizacional, devido à modularidade de projeto.					
Tipos de modularidade adotados					
MD: Projeto		MUS: Uso	1		
MP: Produção	1	MPO: Processos organizacionais		1	
Unidade de Análise					
PE: Pessoas	GR: Grupos	O: Unidade Organizacional	EMP: Empresas	Relatório Interorganizacional	Mercados
		1			
Técnicas de Tratamentos de Informações					
Estatística Descritiva		Análises de viabilidade/Validades			
Regressão		Equações Não Paramétricas			
Técnica Log-Lineares		Equações Paramétricas			
Análise Fatorial		Séries Temporais			
Análise Cluster		Equações Estruturadas			

Análises Discriminantes		Análises de Casos/Aplicações	1	
Fontes de Informações				
Documentação Direta	1: Questionário	2: Entrevistas	3: Observação Direta	4: Observação Participante
		1	1	
Documentação indireta	5: Análise Documental	6: Dados Públicos	7: Imprensa	8: Bibliográfica
	1	1		1
Informações de interesse sobre modularidade				
Definição de modularidade	Segundo Cauchick Miguel e Pires (2006), a modularidade pode ser vista como um conceito com várias facetas que influencia a empresa interna e externamente sobre a sua relação com outras empresas.			
Regras, métodos e técnicas utilizadas na modularidade	Usa a estratégia de customização do produto para os clientes e de desenvolvimento de produtos plataformas e seus derivativos (CAUCHICK MIGUEL e PIRES, 2006)			
Benefícios de aplicação por tipo de modularidade	Com o consórcio modular, a VW reduziu o número de fornecedores de 400 para 7 módulos. A VW tornou-se líder no mercado interno. A VDO, que fabricava velocímetros e tacômetros, com o consórcio modular se tornou uma empresa que fornece 60% dos itens do caminhão (CAUCHICK MIGUEL e PIRES, 2006).			
Dificuldades de aplicação por tipo de modularidade	O desenvolvimento de um novo produto modular gerou a necessidade de investimento na linha de produção, no controle de qualidade e na ampliação da fábrica, além de buscar mais um fornecedor de módulos (CAUCHICK MIGUEL e PIRES, 2006) .			
Departamentos e empresas envolvidos				
Relações entre os tipos de modularidade	A modularidade de projeto de um novo produto gerou alterações no processo de fabricação, ampliou a fábrica, criou a necessidade de um novo fornecedor de módulo, ou seja, afetou a modularidade de produção e organizacional (CAUCHICK MIGUEL e PIRES, 2006) .			
Seleção e relações com os fornecedores de primeiro nível	A VW mantém um pequeno controle sobre os seus fornecedores através de regras de projeto e coordenação dos fornecedores feitas por ela. Também existe restrição de transferir as funções de projeto para os fornecedores, ficando centralizado na montadora. No início do consórcio modular, a fábrica da VW tinha 7 modularistas que faziam toda a montagem dos módulos dentro da fábrica da VW e eram responsáveis pela gestão da cadeia de suprimentos dos módulos. Os modularistas participaram do desenvolvimento do novo produto junto com a VW (CAUCHICK MIGUEL e PIRES, 2006).			

Anexo 2 – Exemplo de registro geral de fontes bibliográficas

Número	Tema(s)	Título	Autor(es)	Fonte	Ano
1	6 Sigma	The journey to steps to six sigma	George Elliott	<i>Handbook of Business Strategy</i>	2004
2	6 Sigma & Lean	Lean, six sigma and the systems approach, managements...	Robert B. Pojasek	<i>Environmental Quality Management</i>	2003
3	TQM	A violation of assumptions: why TQM won't work in the Ivory Tower	Lawrence R. Jauch, Robert A. Orwig	<i>Journal of Quality Management</i>	1997
4	TQM & JIT	An empirical investigation of the relationship between quality...	Mohammad R. Azaranga, Graciela G., Lawrie R.	<i>Journal of Quality Management</i>	1998
5	6 Sigma	Benefits, obstacles and future of six sigma approach	Young Hoon Kwaka, Frank T. Anbarib	<i>Technovation</i>	2004
6	6 Sigma	Six sigma, a goal theoretic perspective	Kevin Linderman, Roger G. Schroeder, Srilata Zaheer	<i>Journal of Operat. Management</i>	2003
7	6 Sigma, Lean	Six sigma, quality processing through statistical analysis	Jennifer Markarian	<i>Plastics Additives & Compounding</i>	2004
8	Total Quality	The development and test of a model of total quality: organizational practices...	Robert D. Gatewood, Christine M. Riordan	<i>Journal of Quality Management</i>	1997
9	QM, TQM ISO 9000	The effect of quality management and participation in decision-making on...	Shmuel Stashevsky, Dov Elizur	<i>Journal of Quality Management</i>	2000
10	Satisfação do cliente	The impact of quality practices on customer satisfaction and business results...	Lars Nilsson, Michael D. Johnson, Anders Gustafsson	<i>Journal of Quality Management</i>	2001
11	TQM	TQM and sustainable competitive advantage	Richard Reed, David J. Lemak, Neal P. Mero	<i>Journal of Quality Management</i>	2000
12	6 Sigma	Use of corporate six sigma performance-improvement strategies to reduce...	Frankel, Crede, Topal, Roumanis, Devlin, Foley	<i>American College of Surgeons</i>	2005
13	6 Sigma, Taguchi	A methodological comparison of three strategies for quality improvement	Jeroen de Mast	<i>The International Journal of Quality</i>	2004
14	6 Sigma & TQM	A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic...	Rodney McAdam, Brendan Lafferty	<i>International Journal of Operations</i>	2004
15	6 Sigma	A solid foundation	Mike Carnell	<i>Quality Progress</i>	2005
16	Lean 6 Sigma	Accelerating six sigma rollout	Anonymous	<i>Quality</i>	2005
17	6 Sigma & Lean	Analyze this – applying six sigma concepts to facilities maintenance	David L Stymiest	<i>Health Facilities Management</i>	2005
18	6 Sigma	Answering questions about six sigma	Blanton Godfrey	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2004
19	6 Sigma	Applying six sigma to your organization – benefits and considerations	Mike Isakson	<i>Franchising World</i>	2004
20	6 Sigma	Approaching transformation	Jeanenne LaMarsh	<i>Industrial Engineer</i>	2005
21	6 Sigma, Lean	Beyond manufacturing	Noel Wilson	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2005
22	6 Sigma	Bof a tackles six sigma	Chris Costanzo	<i>USBanker</i>	2005
23	6 Sigma	Crunching data – the key to six sigma success	Joseph Goedert	<i>Health Data Management</i>	2004

24	6 Sigma	A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement	J.P.C. Tong; F. Tsung; B.P.C. Yen	<i>Int. J. Adv. Manuf. Technol</i>	2004
25	6 Sigma, CMM	Breakthrough in delivering software quality: capability model and six sigma	Gregory H. Watson	<i>Springer-Verlag Berlin Heidelberg</i>	2002
26	6 Sigma, Design	Design for six sigma through robust optimization	P.N. Koch; R.-J. Yang; L. Gu	<i>Struct Multidisc Optim</i>	2004
27	6 Sigma, GUM	GUM and six sigma approaches positioned as deterministic tools in quality target engineering	Frits van Merode; Hanneke Molema; Henk Goldschmidt	<i>Accred Qual Assur</i>	2004
28	6 Sigma, COTS	Managing COTS components using a six sigma-based process	Alejandra Cechich; Mario Piattini	<i>Springer-Verlag Berlin Heidelberg</i>	2004
29	6 Sigma	Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects...	Ricardo Bañuelas Coronado; Jiju Antony	<i>The TQM Magazine</i>	2002
30	6 Sigma	Customer-centric six sigma quality and reliability management	Chu-Hua Kuei; Christian N. Madu	<i>International Journal of Quality</i>	2003
31	6 Sigma	Effective management commitment enhances six sigma success	Charles Thevnin	<i>Handbook of Business Strategy</i>	2004
32	6 Sigma	Improving on the six sigma paradigm	T. N. Goh; M. Xie	<i>The TQM Magazine</i>	2004
33	6 Sigma	Integrating six sigma with quality management systems	Tilo Pfeifer; Wolf Reissinger; Claudia Canales	<i>The TQM Magazine</i>	2004
34	6 Sigma	Key ingredients for the effective implementation of six sigma program	Ricardo Bañuelas Coronado; Jiju Antony	<i>Measuring Business Excellence</i>	2002
35	6 Sigma Statistics	Six sigma and introductory statistics education	John Maleyeff; Frank C. Kaminsky	<i>education + training</i>	2002
36	6 Sigma	Six sigma and lifelong learning	John Man	<i>Work Study</i>	2002
37	6 Sigma	Six sigma black belt implementation	Sarah Ingle; Willo Roe	<i>The TQM Magazine</i>	2001
38	6 Sigma	Six sigma: concepts, tools and applications	Mahesh S. Raisinghani; Hugh Ette; Roger Pierce	<i>Industrial Management</i>	2005
39	6 Sigma, Miths	Six sigma: myths and realities	Nihar Ranjan Senapati	<i>International Journal of Quality</i>	2004
40	6 Sigma or DFSS	Six sigma or design for six sigma?	Ricardo Bañuelas Coronado; Jiju Antony	<i>The TQM Magazine</i>	2004
41	6 Sigma e TQM	Six sigma seen as a methodology for TQM	Bengt Klefsjö; Hakan Wiklund; Rick L. Edgeman	<i>Measuring Business Excellence</i>	2001
42	6 Sigma	Some pros and cons of six sigma: an academic perspective	Jiju Antony	<i>The TQM Magazine</i>	2004
43	6 Sigma	Successful implementation of six sigma: benchmarking G.E.	Kim M. Henderson; James R. Evans	<i>Benchmarking: Na International Journal</i>	2000
44	6 Sigma, Lean	The integration of lean management and six sigma	Edward D. Arnheiter; John Maleyeff	<i>The TQM Magazine</i>	2005
45	6 Sigma, ISO 9000	The trajectory of implementing ISO 9000 standards versus TQM in Western Europe	Hongyi Sun; Sapphire Li; Karis Ho; Frank Gertsen; Poul Hansen	<i>International Journal of Quality</i>	2004
46	6 Sigma, ISO 9000	The values of TQM in the revised ISO 9000 quality system	Winco K. C. Yung	<i>International Journal of Operations</i>	1997
47	6 Sigma, ISO 9000	A critical examination of the ability of ISO 9000 certification to lead to...	Sime Curkovic; Mark Pagell	<i>Journal of Quality Management</i>	1999
48	ISO 14000	ISO 14000 total quality environmental management	Morgan P. Miles; Gregory R. Russell	<i>Journal of Quality Management</i>	1997
49	6 sigma	Six sigma and the bottom line	Soren Bisgaard; Johannes Freiesleben	<i>Quality Progress</i>	2004

50	6 sigma & peq. empresa	Six sigma for small and medium-sized enterprises	Godecke Wessel; Peter Burcher	<i>The TQM Magazine</i>	2004
51	6 sigma & peq. empresa	Six sigma for small companies	Arthur G. Davis	<i>Quality Management</i>	2003
52	6 sigma & peq. empresa & lean	South West Region: six sigma for SMEs	Elwyn C. Davies	<i>Management Services</i>	2005
53	6 sigma	Six Ssgma leaders	Dan Quinn	<i>Quality Management</i>	2005
54	6 sigma & design	Six sigma or design for six sigma?	Ricardo Bañuelas; Jiju Antony	<i>The TQM Magazine</i>	2004
55	6 sigma & CRM	Six sigma returns to CRM	Jason Compton	<i>Customer Relationship Management</i>	2004
56	6 sigma	Six sigma safety	Michael M. Williamsen	<i>Professional Safety</i>	2005
57	6 sigma	Six sigma stigma	David Drickhamer	<i>Industry Week</i>	2004
58	6 sigma em serviços	Six sigma toolkit at your service	Andrew D. Steele	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2004
59	6 sigma	Six sigma's seven deadly sins	James P. Zimmerman; Jamie Weiss	<i>Quality Management</i>	2005
60	6 sigma	Some pros and cons of six sigma: an academic perspective	Jiju Antony	<i>The TQM Magazine</i>	2004
61	6 sigma	The management accountant's role in six sigma	Frank Rudisill; Diana Clary	<i>Strategic Finance</i>	2004
62	6 sigma	The rise, fall and revival of six sigma quality	Rob McClusky	<i>Quality Focus - Measuring Bussness Excellence</i>	2000
63	6 sigma	The six sigma mambo	Mike Carnell	<i>Quality Progress</i>	2004
64	6 sigma & design	The trouble with DFSS and the future or six sigma	Larry R. Smith	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2004
65	6 sigma	Two steps to faking informed decisions	Cesar A. Vasquez	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2005
66	6 sigma	Understanding six sigma	Steve Jones	<i>Quality Management</i>	2004
67	6 sigma	Using six sigma to improve the finance function	Peter C. Brewer; Jan E. Eighme	<i>Strategic Finance</i>	2005
68	R6sigma	Value creation	Don Ronchi	<i>Leadership Excellence</i>	2005
69	6 sigma	Weave six sigma into the fabric of an organization	Ronald D. Snee	<i>Quality Progress</i>	2004
70	6 sigma	What is six sigma anyway?	Ismael Dambolena; Ashok Rao	<i>Quality Management</i>	1994
71	6 sigma	What makes a six sigma project successful	Joseph G. Voelkel	<i>Quality Progress</i>	2005
72	6 sigma	What's wrong with six sigma	John Goodman; Jon Theuerkauf	<i>Quality Progress</i>	2005
73	6 sigma	Which sigma metric should I use	Frank Rudisill; Steve Druley	<i>Quality Progress</i>	2004
74	6 sigma	Demystifying six sigma	Bruce Brigham	<i>Circuits Assembly</i>	2005
75	6 sigma e DFSS	DFSS: lessons learned	Liem Ferryanto	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2005
76	6 sigma e serviços	Driving organic growth at Bank of America	Daniel Cox, James Bossert	<i>Quality Progress</i>	2005
77	6 sigma and CI	Exploring six sigma and CI capability development	Arto Haikonen; Taina Savolainen; Pekka Järvinen	<i>Journal of Manufacturing Techn.</i>	2004
78	6 sigma	Get in step with six sigma	Anônimo	<i>Quality Progress</i>	2004

79	6 sigma	Integrating six sigma with quality management systems	Tilo Pfeifer; Wolf Reissiger; Claudia Canales	<i>The TQM Magazine</i>	2004
80	6 sigma	Measuring and achieving six sigma performance	Robert L. Horst	<i>Manufacturing Engineering</i>	2004
81	6 sigma	Measuring what matters	Leah B. Garris	<i>Buildings</i>	2004
82	6 sigma	Minimize your waste line	Anna Thorton	<i>Quality Progress</i>	2005
83	6 sigma e serviços	Near zero-defect accounting with six sigma	Peter C. Brewer; Nancy A. Bagranoff	<i>The Journal of Corporate Accounting</i>	2004
84	6 sigma	Organizational excellence through six sigma discipline	Mike Carnell; Jim Lambert	<i>Quality Focus</i>	2000
85	6 sigma	Problem solving techniques create safer, healthier worksites	Jack B. ReVelle	<i>Professional Safety</i>	2004
86	6 sigma	Six sigma community improvement projects	Frank Voehl	<i>Quality Congress</i>	2004
87	6 sigma e serviços	Six sigma ... at a bank	Milton H. Jones Jr.	<i>ASQ Six Sigma Forum Magazine</i>	2004
88	6 sigma	Six sigma add-no help companies make the leap	Lorraine Joice	<i>R & D</i>	2004
89	6 sigma e serviços	Six sigma in the UK service organizations: results from a pilot survey	Jiju Antony	<i>Managerial Auditing Journal</i>	2004
90	6 sigma	Six sigma: it's implementation in Ford's facility management and...	Robert Holtz; Paul Campbell	<i>Journal of Facilities Management</i>	2004
91	6 sigma	Six sigma: myths and realities	Nihar Ranjan Senapati	<i>International Journal of Quality</i>	2004
92	6 sigma e serviços	Six sigma: the myth, the mystery, the magic	Allan Rosenburg	<i>Call Center Magazine</i>	2005
93	6 sigma	Six sigma – the next generation	Mikel J. Harry; Doug Crawford	<i>Machine Design</i>	2005
94	6 sigma	Six sigma and statistical leadership	Roger W. Hoer; William Rodebaugh; Ronald D. Snee	<i>Quality Congress</i>	2004
95	6 sigma	Six sigma for the little guy	Mikel J. Harry; J. Douglas Crawford	<i>Engineering Managment</i>	2004
96	6 sigma e serviços	Six sigma for services	Gopal Kulkarni	<i>Businessline</i>	2004
97	6 sigma	Six sigma and management	Anônimo	<i>Quality</i>	2004
98	6 sigma	Six sigma in sight	Linda Heuring	<i>HRMagazine</i>	2004

Anexo 3 – Exemplo de roteiro de entrevista¹

Levantamento de campo sobre a adoção da modularidade em empresas do setor automotivo visando investigar aspectos sobre a sua aplicação

Instrumento de Coleta de Dados

(*Formulário FLAT MOTORES*)

1. Informações sobre a empresa

Data da visita: _____

1.1. Nome da empresa: _____

1.2. Nome do entrevistado: _____

1.3. Cargo: _____

1.4. Depto.: _____

1.5. Tel.: (_____) _____ E-mail: _____@_____

2. Implantação da modularidade

2.1. A empresa aplica a modularidade? (Se sim, vá para a questão 2.2; se não, vá para a questão 2.3.)

2.2. Qual o tipo ou tipos de modularidade que a empresa aplica?

- Projeto (consiste em projetar produtos modulares definindo os módulos, suas funções e interface de modo que sejam independentes, mas trabalhem no produto de forma interdependente)
- Produção (consiste em simplificar os processos de fabricação e de montagem, podendo ou não transferir alguma dessas atividades para os fornecedores)
- Processos organizacionais (consiste nas alterações de processos e procedimentos de fabricação da empresa, bem como alterações no relacionamento com seus fornecedores, para aplicar a produção modular)
- Uso (consiste na adaptação do produto final aos requisitos dos clientes, por alterações de módulos, que podem ser opcionais ou de *performance*)

¹ Desenvolvido por José Antonio Carnevali, Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP.

2.3. Como é o desenvolvimento do projeto do motor na Fiat?

2.4. Como são definidas as especificações do produto (características da qualidade) para satisfazer o usuário final?

2.5. Como o foco na economia de combustível afeta o desenvolvimento do motor?

3. Aplicação da modularidade

3.1. Caso a empresa aplique a modularidade, quais processos de modularidade são utilizados (pode ser projeto baseado no cliente, nas funções, na estrutura ou lista de materiais)?

3.2. Como são definidas as interfaces entre os subconjuntos do motor e o produto final (automóvel)?

3.3. Os motores da empresa apresentam muitas variantes de componentes? Se sim, existe uma padronização dos encaixes (interfaces)?

3.4. A interface entre os subconjuntos afeta a definição dos componentes que formam cada motor (restrição de espaço físico)? Se sim, como?

3.5. Caso a empresa aplique a modularidade e trabalhe com mais de um tipo, quais as relações entre esses diferentes tipos?

3.6. Como são feitos o planejamento e a organização da produção dos motores para atender a demanda da Fiat na fabricação de automóveis? É sincronizada com a produção da montadora?

4. Alterações na cadeia de suprimento causadas pela abordagem modular

4.1. Caso a empresa aplique a modularidade, o uso da abordagem alterou as relações entre a empresa com seus fornecedores? Se sim, como?

4.2. Caso a empresa aplique a modularidade, ocorreu transferência de atividades e/ou responsabilidades da empresa para seus fornecedores? Se sim, quais?

4.3. O projeto do produto motor foi desenvolvido com a participação dos fornecedores da empresa? Se sim, como foi essa participação?

4.4. Existe o fornecimento de *know-how* da empresa para seus fornecedores desenvolver e/ou produzirem subconjuntos do motor?

4.5. Existe o fornecimento de apoio financeiro da empresa para seus fornecedores desenvolver e/ou produzirem os subconjuntos do motor?

4.6. Os fornecedores entregam seus componentes *just-in-time* na empresa?

5. Resultado

5.1. Caso a empresa aplique a modularidade, quais foram os benefícios que a sua aplicação realmente trouxe para a empresa?

5.2. Caso a empresa aplique a modularidade, existe algum ponto negativo no uso dessa abordagem?

() Manter o nome da empresa sob sigilo.

Anotações da entrevista

Anexo 4 – Exemplo de parte de um protocolo de pesquisa¹

Exemplo de Protocolo de Estudo de Caso

Fonte: Sousa, R. *Quality management practice: universal or context dependent? An empirical investigation*. Tese Ph.D. Londres: London Business School, 2000.

0. Introdução

Este protocolo descreve os procedimentos de campo que devem ser seguidos para cada estudo de caso.

1. Preparação Pré-visita

O diretor de produção, o diretor de qualidade ou um profissional que ocupe cargo equivalente na fábrica escolhida deve receber uma carta com a descrição geral do estudo e das áreas que deverão ser estudadas, solicitando sua participação (veja uma amostra de carta no Anexo 1). Alguns dias depois, ele deve ser contatado por telefone, quando será determinado se participará do estudo. Deve-se identificar um “defensor do projeto” na empresa participante, que agirá como o principal elo de coordenação entre o pesquisador e a fábrica. Cada fábrica participante será objeto de um estudo de caso envolvendo várias visitas às instalações fabris em dias diferentes. Antes do início das visitas, devem ser investigadas fontes de arquivo para colher informações gerais sobre a empresa ou local. Essas fontes podem ser relatório anuais, recortes de noticiário, histórico da empresa, bancos de dados (por exemplo, ABI, Financial Times Index, Bloomberg) e informações gerais sobre o setor industrial (por exemplo, revistas especializadas).

2. Coleta de Dados no Local

No contato inicial com o local, o pesquisador deve procurar a ajuda do defensor do projeto para identificar várias pessoas que conheçam bem as áreas que serão estudadas e com as quais serão realizadas entrevistas semiestruturadas. Nesse estágio, o pesquisador deve também identificar a linha principal de produto e o processo dominante nos quais serão focalizados alguns dos esforços futuros de coleta de dados. Onde existirem linhas de produto claramente definidas e estáveis, a linha de produto principal será definida como a linha de produto que exibir o volume de produção mais alto. Quando o conceito de produto individual estável não for aplicável, ele será definido como o conjunto de produtos representativo da tecnologia mais comumente fornecida. Essa é a situação típica de uma fábrica cuja produção é dirigida a um projeto fornecido pelo cliente. Normalmente, esse tipo de instalação oferece capacidade para vários conjuntos de tecnologias (por exemplo, PCBs para aplicações nos setores de telecomunicações, produtos industriais, instrumen-

¹ Desenvolvido por Rui Sousa, Universidade Católica do Porto, Portugal. In: Sousa, R. *Quality management practice: universal or context dependent? An empirical investigation*. Tese Ph.D. Londres: Business School, 2000.

tação etc.). A linha principal de produto deve consistir no conjunto de produtos na categoria de tecnologia mais comum (isto é, a que corresponde a um pedido “típico” do cliente).

O processo dominante deve compreender as linhas de montagem de PCBs que são usadas para produzir a linha principal de produto.

O pesquisador deve também instruir o defensor do projeto sobre o questionário incluído no Anexo 2. O questionário deve ser respondido pelos participantes escolhidos pelo pesquisador com a ajuda do defensor do projeto da empresa. O questionário solicita informações gerais sobre a fábrica, bem como informações específicas sobre a linha principal de produto e o processo dominante de produção. Os nomes da linha principal de produto e do processo dominante devem ser escritos claramente nas lacunas existentes na página de instruções do questionário. Assim, os participantes estarão clara e inequivocamente instruídos para referir-se à linha principal de produto e ao processo dominante quando responderem às perguntas respectivas no questionário.

O pesquisador deve colher informações em quatro áreas principais:

- o contexto do negócio e de fabricação da empresa;
- a utilização de diversas práticas de gestão de qualidade na empresa;
- controles de pesquisa;
- informações valiosas que contribuam para o entendimento da utilização das práticas de gestão observadas.

As seções seguintes especificam detalhadamente os dados que devem ser coletados.

A. Contexto do Negócio e da Fabricação

A tabela a seguir mostra as áreas de contexto que devem ser abordadas, as perguntas que o pesquisador deve ter em mente e que devem ser respondidas sobre cada área, a unidade de medida à qual as perguntas devem referir-se e os procedimentos de campo e fontes potenciais de informação para responder a essas perguntas. As perguntas marcadas com “Q” também são abordadas diretamente no questionário.

Área de Contexto	Unidade de Medida	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação*
Identificação da linha principal de produto e do processo dominante	Fábrica	Onde houver linhas de produtos claramente definidas e estáveis, a linha principal de produto é definida como a linha de produto que exibe o volume de produção mais alto. Quando o conceito de produtos individuais estáveis não for aplicável, ela é definida como um conjunto de produtos representativo da tecnologia mais comumente fornecida. O processo dominante deve compreender as linhas de montagem de PCB que são usadas para produzir a linha principal de produto	Entrevistas (PM, ME, PTM) Documentação (brochuras do produto) Observação direta (passeio pela fábrica)
Ambiente de negócio	Fábrica	Características fundamentais do ambiente de negócio (setor industrial, taxa de crescimento dos mercados atendidos, participação de mercado etc.) Principais mudanças nas demandas de clientes e condições de negócios nos últimos anos	Entrevistas (PTM, MKTG) Fontes de arquivo (informações sobre o histórico da empresa)
Estratégia competitiva	Fábrica	Mercados nos quais a empresa compete, tipos de clientes (setor, tamanho, número) Como a empresa compete no mercado Metas de mercado: <ul style="list-style-type: none"> • abrangência do mercado: poucos, muitos mercados • foco no cliente: poucos, muitos clientes • foco no produto: ênfase em atributos físicos, ênfase no serviço Número de clientes atendidos pela fábrica (Q)	Entrevistas (PTM, MKTG) Questionário
Vencedores e qualificadores do pedido dominante	Linha principal de produto	Vencedores e qualificadores de pedidos para grandes clientes da linha principal de produto (Q)	Questionário Entrevistas (PTM, PM, MKTG): discutir respostas dadas na seção B do questionário
Grau de customização do produto	Linha principal de produto	Natureza da customização de produtos (extensão e previsibilidade) Consequências da customização na fabricação (processo dominante)	Documentação (brochuras do produto) Entrevistas (PM, MKTG) Observação direta (passeio pela fábrica)
Taxa de introdução de novo produto	Fábrica	Ciclo de vida médio de produtos (Q) Porcentagem de vendas de produtos introduzidos nos 5 últimos anos (Q) Proporção de receitas da unidade de negócios gasta com R&D (Q) Mudanças no produto ocorridas na fábrica nos cinco últimos anos Estabilidade dos projetos de produto na introdução de novos produtos e durante o ciclo de vida de um produto Consequências da introdução de novos produtos na fabricação	Documentação (brochuras do produto) Entrevistas (QM, PM, ME, MKTG, DSG) Questionário
Tipologia do processo dominante	Processo dominante	Etapas do processo, leiaute, rotas do produto, investimento em equipamentos de montagem (Q) Volume de produção anual em unidades (Q) Número de trabalhadores na produção (Q) Rendimento: a taxa média de colocação de componentes eletrônicos sobre as placas vazias (Q)	Entrevistas (QM, PM, ME, WK) Questionário Observação direta (passeio pela fábrica)

Área de Contexto	Unidade de Medida	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação*
Volume total de produção	Fábrica	Volume de produção anual da fábrica em unidades (Q) Valor de venda da produção (£000) (Q)	Questionário
Taxa de mudança do processo	Processo dominante	Taxa de mudança no processo dominante causada pela introdução de novos produtos, customização de produto e solicitações de mudanças da engenharia e dos clientes	Entrevistas (QM, PM, ME) Observação direta (passeio pela fábrica)
Grau de padronização	Processo dominante	Nível de detalhe de procedimentos de trabalho da fabricação (padrões de excelência dos trabalhadores) Existência de procedimentos de operação por escrito, acessíveis aos trabalhadores no piso da fábrica (por exemplo, montadores e inspetores) Grau de padronização dos parâmetros/procedimentos de processo	Entrevistas (QM, PM, ME, WK) Observação direta (passeio pela fábrica)
Tamanhos de partidas internas	Processo dominante	Tamanho médio do lote de produção (Q)	Questionário
Variedade do item interno	Processo dominante	Consequências da ocorrência de mudança em um item/peça para as atividades de controle de qualidade, procedimentos de trabalho de fabricação e equipamentos. Descrição de operações de preparo. O equipamento é dedicado a uma única peça ou a algumas peças semelhantes, ou tem de processar muitas peças diferentes? Número de tipos de placas exclusivas (números de peças diferentes) no processo dominante (Q) Número de tamanhos de placas diferentes no processo dominante (Q) Distâncias entre fios (<i>lead pitches</i>) (distância centro a centro entre fios de componentes) nas placas produzidas no processo dominante (Q) Número médio de componentes (montagem em superfície ou <i>through-hole</i>) por placa (Q) Número médio de tipos de componentes diferentes na mesma placa (Q)	Entrevistas (QM, PM, ME, WK) Observação direta (passeio pela fábrica)
Nível de habilidade do pessoal	Fábrica	Porcentagem de empregados com múltiplas habilidades Porcentagem da mão de obra que possui diploma de técnico ou de engenharia (Q) Nível de capacitação da fábrica em comparação com o do setor Treinamento (frequência, sistemático, <i>ad hoc</i> , específico profundo, base de capacitação ampla; treinamento em melhoria de qualidade) Avaliação de empregados	Entrevistas (QM, PM)
Estrutura organizacional	Fábrica	Número de trabalhadores da produção, outros (pessoal geral) (Q) Número de pessoas empregadas em várias categorias (por exemplo, gerência, controle de qualidade, engenharia etc.) (Q) Número de níveis hierárquicos na produção e tarefas designadas a cada nível (Q) Número de classificações de trabalho diferentes (Q) Organograma	Entrevistas (QM, PM, PTM) Questionário Documentação (organograma)

Área de Contexto	Unidade de Medida	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação*
Função da organização da qualidade	Fábrica	Existência de um departamento de qualidade separado Número de pessoas que trabalham no departamento de qualidade	Entrevistas (QM) Documentação (organograma)
Natureza dos problemas de qualidade	Processo dominante	Causas mais frequentes de problemas de qualidade (relacionados ao projeto, materiais entregues ou processos e equipamentos de fabricação) Problemas de qualidade mais frequentes na linha de montagem principal e ocorridos na linha principal de produto em campo	Entrevistas (QM, PM, ME)
Desempenho da qualidade	Fábrica/processo dominante	Tendências recentes: Evolução da taxa de defeitos, sucata, retrabalho, custos de garantia e satisfação do cliente nos últimos 3 anos Desempenho atual da fábrica: Porcentagem de itens que passam pela inspeção sem retrabalho (Q) – Processo dominante Porcentagem de sucata e retrabalho internos (Q) – Processo dominante Taxas de defeitos de soldagem (defeitos na soldagem de componentes às placas) (Q) – Processo dominante Custos de garantia como porcentagem de vendas (Q) – fábrica Satisfação do cliente (Q) – fábrica	Entrevistas (QM) Questionário
Intensidade de mão de obra	Processo dominante	Papel dos operadores no processo	Entrevistas (QM, PM, ME, WK) Observação direta (passeio pela fábrica)
Taxa de rotatividade dos trabalhadores da produção	Fábrica	Porcentagem anual de rotatividade para trabalhadores da produção (Q)	Questionário
Desempenho global da fabricação	Fábrica	Desempenho global da fabricação em relação a outras fábricas no setor (percepção) (Q) Evolução do desempenho operacional nos últimos 3 anos (estoque, tempos de espera, entrega no prazo, produtividade, custo) Áreas fortes e fracas do desempenho de fabricação	Questionário Entrevistas (PTM, PM)
Desempenho global da fábrica em dimensões competitivas relevantes	Fábrica	Desempenho em vencedores e qualificadores de pedidos em relação à concorrência (Q)	Entrevistas (PTM, PM, MKTG) Questionário
Desempenho financeiro	Fábrica	Lucro, ativos, ROI, vendas e outros indicadores financeiros	Entrevistas (PTM, PM, MKTG) Documentação (relatório anual, demonstrações financeiras)

* Consulte no final do protocolo as definições das abreviaturas usadas.

As perguntas marcadas com “Q” são abordadas diretamente no questionário.

B. Utilização de Práticas de Gestão de Qualidade

A tabela a seguir mostra as práticas de gestão de qualidade que devem ser abordadas, com as perguntas que o pesquisador deve manter em mente e que devem ser respondidas sobre cada prática, a unidade de medida com as quais as perguntas devem ser expressas e os procedimentos de campo e fontes potenciais de informação para responder a essas perguntas.

Prática	Unidade de Medida	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação*
Retorno em tempo real	Processo dominante	O pesquisador deve caracterizar os diversos modos de obtenção de retorno em tempo real do processo (por exemplo, localização de pontos de retorno, dados coletados e utilização desses dados). Isso pode incluir a leitura de variáveis de processo (por exemplo, altura da massa de solda), a inspeção de produtos em busca de defeitos etc. Seja por coleta e registro de dados e subsequente comparação desses dados com “padrões de controle internos” (por exemplo, gráficos SPC, níveis de defeitos para os quais o processo é considerado como fora de controle), seja por observação informal de tendências (sem nenhum registro de dados propriamente dito), essas práticas fornecem retorno em tempo real sobre o estado de controle do processo. O pesquisador deve também assegurar-se de que essas práticas estejam ligadas à análise de dados em tempo real e mecanismos de ação corretiva. Perguntas interessantes a fazer aos participantes seriam: Como você sabe que há algo errado no processo?, Poderia descrever a sequência de eventos que ocorreu quando algo foi considerado errado?	Entrevistas (QM, PM, ME, WK) Observação direta (passeio pela fábrica)
Nível zero de defeitos	Processo dominante	Existência de mecanismos de nível zero de defeitos, tais como inspeção automatizada (controle de qualidade em linha), processos equipados com mecanismos que impedem a possibilidade da produção despercebida de grande quantidade de defeitos, processos equipados com mecanismos para incentivar ou forçar o desempenho adequado de uma operação, processos projetados de modo que não possam funcionar fisicamente em peças defeituosas, trabalhadores treinados e providos de recursos adequados para verificar a qualidade de sua própria produção	Entrevistas (QM, PM, ME, WK) Observação direta (passeio pela fábrica)
Retorno fora da linha	Processo dominante	O pesquisador deve investigar o grau de armazenamento e análise fora da linha (por exemplo, mensal ou semanal) de dados que fornecem retorno sobre a qualidade do processo (por exemplo, provenientes de inspeções de produto, testes, reclamações de clientes, devolução de clientes, custos de qualidade etc.). O pesquisador deve considerar o nível de detalhe dos dados, os métodos utilizados para analisá-los e a disponibilidade, fácil acesso e apresentação dos dados	Entrevistas (QM, PM) Documentação (documentos de qualidade internos)

Prática	Unidade de Medida	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação*
Gestão da mão de obra	Fábrica	<p><i>Empowerment</i>: responsabilidades relacionadas à qualidade delegadas aos trabalhadores; grau de envolvimento dos trabalhadores na implementação de sugestões e melhorias no processo; recursos (por exemplo, suporte técnico) disponíveis para auxiliar os trabalhadores na resolução de problemas e decisões relacionadas com a qualidade; autonomia dos trabalhadores no processo decisório relacionado com a qualidade</p> <p>Esquemas de sugestões: mecanismos disponíveis aos trabalhadores para a contribuição de sugestões; grau de participação dos trabalhadores e benefícios derivados (por exemplo, número de trabalhadores envolvidos; número de sugestões por ano; qualidade das sugestões)</p> <p>Equipes de resolução de problemas: estruturas disponíveis na fábrica para que os trabalhadores possam envolver-se com a equipe de solução de problemas e seu real grau de envolvimento. Composição das equipes; tipos de equipes; tarefas realizadas por equipes; recursos dados às equipes</p> <p>Reconhecimento pela qualidade: grau de avaliação dos empregados no quesito qualidade; mecanismos para expressar reconhecimento pela qualidade</p>	Entrevistas (QM, PTM, PM) Observação direta (passeio pela fábrica) Documentação (minutas de reuniões)
Envolvimento do fornecedor	Componentes principais da linha de produto principal	<p>Processo de seleção de fornecedores</p> <p>Avaliação do desempenho do fornecedor (pós-seleção)</p> <p>Natureza do relacionamento com fornecedores (longo prazo – imediato)</p> <p>Cooperação em atividades de logística (iniciativas de padronização, elos de comunicação, permuta de dados, acordos de estoque, frequência de entregas, inspeção no recebimento)</p> <p>Cooperação no projeto/introdução do produto</p>	Entrevistas (QM, PTM, PM, PURCH)

Prática	Unidade de Medida	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação*
Foco no cliente	Fábrica	<p>Caracterização de relacionamentos com clientes (existência de acordos de parceria, contatos diretos com o cliente), nível de integração das operações da fábrica com clientes (cooperação com logística, acordos de fornecimento exclusivo, assistência técnica mútua, organização das atividades da fábrica em função de clientes)</p> <p>Envolvimento do cliente no projeto/introdução de novo produto</p> <p>Coleta das seguintes informações sobre o cliente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necessidades latentes do cliente: informações com vistas ao futuro, por exemplo, novos requisitos, serviços ou tecnologias necessárias para clientes existentes ou potenciais. • Necessidades de clientes existentes: informações sobre a importância atribuída por clientes existentes a vários requisitos (por exemplo, preço, entrega etc.) e o desempenho da fábrica nesses itens. <p>Mecanismos para a disseminação das informações coletadas sobre as necessidades do cliente dentro da organização e responsabilidade a essas informações.</p>	Entrevistas (QM, PTM, PM, MKTG, DSG)
Projeto/introdução do produto	Fábrica	<p>O pesquisador deve chegar a um relatório descritivo do processo de introdução de um novo produto na produção. Esse relato deve tratar do grau de formalidade e abrangência do processo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilização de revisões minuciosas de projetos de produto antes de o produto ser produzido e vendido, prototipagem, ferramentas e técnicas especiais como os métodos de projeto de Taguchi, Quality Function Deployment (QFD) e <i>Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)</i> • Utilização de projeto para manufaturabilidade (por exemplo, simplificação do projeto e minimização da contagem de peças; adaptação de características de projeto aos processos da fábrica) • Existência de iniciativas para aumentar o entendimento da “ciência” dos processos com a realização antecipada de testes de falha dos processos, independentemente de produtos. <p>O relatório deve abordar também o grau de cooperação das diferentes funções no processo de projeto/introdução do produto</p>	Entrevistas (QM, PTM, PM, ME, DSG)

* Consulte no final do protocolo as definições e abreviaturas usadas.

C. Controles de Pesquisa

A tabela a seguir mostra as variáveis formais de controle que devem ser abordadas, as perguntas que o pesquisador deve manter em mente e que devem ser respondidas sobre cada variável e os procedimentos de campo e fontes potenciais de informações para responder a essas perguntas. Todas as perguntas referem-se à fábrica como um todo.

Variável de Controle	Perguntas	Procedimentos de Campo/Fontes de Informação
Impulso à eficiência para a adoção de práticas de gestão de qualidade	<p>Importância da qualidade (conformidade e projeto) como prioridade competitiva.</p> <p>Histórico da gestão de qualidade na fábrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quando começou o processo formal de melhoria da qualidade • Descrição da sequência de adoção da prática de gestão de qualidade geral desde então • Principais razões para a introdução de iniciativas de qualidade • Principais metas das iniciativas, grau de cumprimento das metas • Dificuldades experimentadas durante o processo de adoção e a utilização atual de práticas de gestão de qualidade e reações a essas dificuldades • Grau de influência das mudanças na demanda de clientes e condições do negócio sobre a qualidade e a gestão de qualidade na fábrica. • Maiores lições aprendidas 	Principais entrevistas com QM, PTM e PM, complementadas com entrevistas que abordam informações específicas a áreas funcionais de outros gerentes
Conscientização das práticas de gestão de qualidade	<p>Principais fontes de informação sobre gestão de qualidade</p> <p>Afiliação a associações de qualidade.</p> <p>Participação em seminários, <i>workshops</i> e outros tipos de treinamento</p> <p>Grau de conhecimento dos gerentes de produção e qualidade</p>	Principais entrevistas com QM, PTM e PM, complementadas com entrevistas que abordam informações específicas a áreas funcionais de outros gerentes
Maturidade na gestão da qualidade	<p>Indicadores externos da maturidade da gestão de qualidade:</p> <p>Certificado conferido pela ISO9000 ou por qualquer outro padrão de qualidade importante</p> <p>Recebimento de prêmios de qualidade</p> <p>Ser fornecedora de grandes fabricantes de eletrônicos</p> <p>Ser mencionada como uma empresa de melhor prática em revistas técnicas especializadas ou em listas de empresa de melhor prática</p> <p>Cultura de qualidade:</p> <p>Visibilidade dos princípios de qualidade (por exemplo, existência de uma missão de qualidade abrangente; princípios de qualidade aparecem na declaração de missão, temas e <i>slogans</i>; qualidade discutida regularmente em reuniões de gerência)</p> <p>Avaliação da qualidade pela gerência da fábrica</p> <p>Envolvimento do pessoal da gerência da fábrica em projetos de melhoria da qualidade</p> <p>Estabelecimento de metas de qualidade</p>	<p>Principais entrevistas com QM, PTM e PM, complementadas com entrevistas que abordam informações específicas a áreas funcionais de outros gerentes.</p> <p>Documentação (missão de qualidade, política de qualidade por escrito, declaração da política de cuidados com o cliente, políticas de garantia)</p> <p>Fontes de arquivo (por exemplo, revistas técnicas, lista de empresas de melhor prática)</p>

D. Informações Valiosas que Habilitam o Entendimento da Utilização Observada de Práticas de Gestão de Qualidade

Depois de inquirir sobre a utilização de uma prática específica de gestão de qualidade conforme os procedimentos descritos na seção B, o pesquisador também deve coletar quaisquer informações relevantes sobre a utilização das práticas. São de interesse as informações que contribuem para o entendimento das razões subjacentes aos padrões observados de utilização dessas práticas. Como exemplos de possíveis perguntas citamos:

Se a prática não é utilizada na fábrica:

- Sua adoção já foi considerada alguma vez?
- Quais foram as razões que impediram sua utilização (dificuldades/ barreiras)?

Se a prática é utilizada, ainda que em grau mínimo, faça uma sondagem mais profunda:

- Quando a prática foi introduzida?
- Qual foi a principal razão para a sua introdução?
- Quais são as dificuldades experimentadas atualmente na sua utilização?
- Quais são as estratégias existentes para lidar com essas dificuldades?
- Quais foram as metas da prática? Elas foram cumpridas? Qual foi o resultado da iniciativa?
- Qual é o grau de satisfação do participante da pesquisa com o resultado da prática da perspectiva do benefício em custo? Como o participante caracterizaria o sucesso da prática levando em conta o esforço de implementação e os benefícios resultantes (se existirem)?
- Quais foram as principais lições aprendidas com a implementação da prática?
- O participante da pesquisa acha que a fábrica deveria aumentar ou reduzir a utilização da prática? Quais razões impediriam o aumento na utilização da prática (dificuldades/barreiras)?

Nos estágios finais do trabalho de campo, o pesquisador deve selecionar um ou vários participantes que tenham boa visão geral da prática de gestão de qualidade na fábrica (normalmente o diretor ou gerente de qualidade). Ele deve fazer um resumo oral da utilização de várias práticas de gestão de qualidade que observou na fábrica, se necessário com a ajuda de uma breve lista de títulos. Então, deve perguntar aos participantes se há quaisquer práticas (ou atividades) de qualidade com as quais a fábrica está experimentando dificuldades e, em seguida, sondar o participante sobre as dificuldades experimentadas e suas prováveis razões, e sobre quaisquer estratégias que existam para lidar com essas dificuldades. O objetivo disso é obter um quadro amplo da efetividade de práticas individuais de gestão de qualidade, em particular a identificação de sucessos e fracassos claros.

3. Estágio Pós-visita

Após a visita, o pesquisador deve produzir um relatório o mais rapidamente possível. Tal relatório deve conter todas as anotações e documentos categorizados por variável de pesquisa e organizados em um texto coerente dentro de cada categoria. Além disso, o relatório deve incluir quaisquer reflexões do pesquisador sobre perguntas referentes ao estudo de caso na tentativa de integrar as evidências disponíveis de modo a convergir aos fatos da matéria ou à interpretação experimental desses fatos.

Abreviaturas usadas:

QM: gerente/diretor de qualidade ou cargo equivalente

PTM: gerente da fábrica ou cargo equivalente

PM: gerente/diretor de produção ou cargo equivalente

ME: engenheiro de fabricação ou cargo equivalente

MKTG: gerente/diretor de marketing/vendas ou cargo equivalente

DSG: pessoa associada com projeto/desenvolvimento de produto e introdução de novos produtos

PURCH: gerente de compras ou cargo equivalente

WK: trabalhador do chão de fábrica.

Anexo 5 – Roteiro para elaboração de um projeto de pesquisa

Título do Projeto: deve exprimir o mais próximo possível seu conteúdo. Considerar que o título é a “identidade” do trabalho, devendo, portanto, ser claro e preciso. O título é o menor resumo que um trabalho pode ter, mas não deve ser muito longo. Em geral, não deve ultrapassar 4 linhas.

Introdução: deve contextualizar o trabalho, isto é, definir sua inserção na área de conhecimento relativa ao assunto a ser investigado, proporcionando uma “localização” e “direcionamento” para o leitor sobre o contexto pesquisado, apontando para o tema. A introdução deve também incluir a justificativa do trabalho, ou seja, destacar a importância do desenvolvimento do tema no contexto investigado. A argumentação da justificativa deve ser respaldada/baseada na literatura recuperada de fontes científicas de informação. A introdução de um projeto de pesquisa não deve ser longa.

Objetivos: deve descrever o que o trabalho propõe abordar de modo claro e preciso. Os objetivos devem ser exequíveis para um trabalho de mestrado ou doutorado, dentro do prazo e condições disponíveis, não devendo gerar dúvidas ou dificuldades na sua interpretação. Ainda que se tenha mais de um objetivo deve-se criar um foco único que indique ao leitor a contribuição científica que se pretende dar com o desenvolvimento da pesquisa, normalmente divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

Referencial Teórico: é um texto elaborado com base na busca bibliográfica que deve caracterizar o estado-da-arte sobre o tema e identificar as lacunas e/ou fronteiras onde a proposta do trabalho se insere. Sua estrutura deve ser apropriada à redação do conteúdo desejado, podendo-se para isso adotar modelos de revisão tais como a revisão descritiva, analítica, histórica, dentre outras. O resultado esperado é um “mapa teórico” que define o contorno do tema a ser investigado. A produção qualificada deve ser privilegiada nas citações.

Métodos e Técnicas de Pesquisa: deve caracterizar o tipo de pesquisa, em um primeiro momento, desenvolver e relatar, em linhas gerais, quais os métodos e técnicas de pesquisa a serem adotados, bem como seus respectivos instrumentos de coleta e análise dos dados. Justificar as decisões tomadas com base na literatura específica sobre metodologia de pesquisa. Esse tópico não deve ser uma revisão bibliográfica sobre “metodologia de pesquisa” (que significa “estudo do método”), mas uma explicitação das etapas, métodos, técnicas, procedimentos etc. com sua respectiva justificativa de adoção. Para efeito de um projeto de pesquisa, esta é uma das partes mais importantes.

Resultados Esperados: deve-se relatar os resultados esperados (concretos e não abstratos) com o desenvolvimento do trabalho. Em linhas gerais pode-se dizer que os resultados são os subprodutos específicos do trabalho cuja obtenção demonstrem o cumprimento dos objetivos anteriormente delineados. Estes resultados devem ser subprodutos concretos.

Macroatividades e Cronograma de Desenvolvimento (gráfico de Gantt): deve-se definir as atividades principais do trabalho de pesquisa e planejar sua distribuição no tempo. Dar atenção ao prazo máximo de conclusão do trabalho. Atividades como redação do texto, exame de qualificação e defesa são marcos do trabalho e não necessariamente atividades de pesquisa. Considerar necessidade de correções de percurso, além da exequibilidade das tarefas tais como experimentos, recuperação de bibliografia, aquisição de material etc. Um cronograma deve ser expresso como um gráfico de Gantt e não como tabela.

Referências: deve conter as fontes já selecionadas e preliminarmente lidas e interpretadas (fontes bibliográficas ou não, citadas de acordo com a ABNT NBR 6023). Deve ser diversificada, contemporânea (atual) e relevante para o trabalho de pesquisa. É desejável uma quantidade mínima de referências válidas e de qualidade (por exemplo, advindas de periódicos qualificados) tratando explicitamente de aspectos centrais do trabalho.

Formatação para o Projeto de Pesquisa: um texto completo para um projeto de pesquisa geralmente deve conter em torno de 20 páginas, considerando a seguinte formatação: tipo de letra Times New Roman tamanho 12, impresso de um lado em folha A4 com margens de 2 cm e espaçamento de no máximo 1,5 linhas. As figuras e tabelas devem ser numeradas sequencialmente, ter título e ser chamadas no texto. Outros detalhes de formatação ficam a critério do proponente, mas geralmente estão sujeitos à avaliação.