

**MARIANA RODRIGUES DE ALMEIDA**

**A EFICIÊNCIA DOS INVESTIMENTOS DO PROGRAMA DE  
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM PEQUENA EMPRESA (PIPE):  
UMA INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E  
ÍNDICE MALMQUIST**

São Carlos  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**MARIANA RODRIGUES DE ALMEIDA**

**A EFICIÊNCIA DOS INVESTIMENTOS DO PROGRAMA DE  
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM PEQUENA EMPRESA (PIPE): UMA  
INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS E ÍNDICE  
MALMQUIST**

Tese de doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Associada Daisy A. do N. Rebelatto

São Carlos  
2010

**FOLHA DE JULGAMENTO**

Candidata: Mariana Rodrigues de Almeida

Tese defendida e julgada em 31/03/2010 perante a Comissão Julgadora

---

**Prof. Associada Daisy Nascimento Rebelatto (Orientadora)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

---

**Prof. Dra. Celma Ribeiro**  
(Universidade de São Paulo/ USP)

---

**Prof. Associado Edmundo Escrivão Filho**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

---

**Prof. Associado Fábio Guerini**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

---

**Prof. Titular Marcos Arenales**  
(ICMC/Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

---

Prof. Associado **Aquiles Elie Guimarães Kalatzis**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção

---

Prof. Associado **Geraldo Roberto Martins da Costa**  
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC



## DEDICATÓRIA

*À memória da minha mãe, Maria (in memoriam),  
que sempre ilumina os meus caminhos com uma  
luz divina transformando cada obstáculo em  
grandes conquistas.*

*Ao meu pai, a determinação, a força e a garra  
por lutar pela sobrevivência se tornaram um  
exemplo para mim por mais difícil que seja as  
dificuldades.*

*Ao meu querido noivo, Henrique Bonifácio, pela  
força, amor, carinho e compreensão que me  
dedicou todos esses anos.*

## AGRADECIMENTOS

Produzir uma tese requer uma articulação de conhecimento profunda em diversas áreas com diversos autores. Embora a pesquisa seja uma tarefa solitária, preciso reconhecer neste espaço todos aqueles que me auxiliaram a subir mais um degrau, de muitos desta caminhada, na vida acadêmica.

Uma caminhada em que conheci mestres marcantes na minha vida acadêmica, com conhecimentos profundos, claros e sólidos. Não apenas pelo brilhante lado profissional, mas também pelo lado humano que encontrei em cada um destes professores: Profa. Dra. Celma Ribeiro, Prof. Dr. Marcos Arenales, Prof. Dr. Edmundo Escrivão Filho e Prof. Dr. Fábio Guerinni. Obrigada pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Dentre os mestres, em especial, devo toda essa oportunidade de conquista à minha orientadora Profa. Dra. Daisy A. N. Rebelatto, que a cada dia sempre me ajudava a vencer gradualmente os obstáculos para enfrentar novos desafios com mais sabedoria. Ainda assim, em quem pude encontrar também um colo de uma mãe, em momentos singulares e marcantes, principalmente, quando baixava a cabeça para repensar se deveria continuar. Obrigada pela força que empreendeu para concretização do trabalho, professora!

Com grande satisfação, agradeço ao *referee ad hoc* da FAPESP que aprovou a “audaciosa” pesquisa. Sem sua aprovação, a credibilidade do projeto não teria sido reconhecida no ambiente acadêmico.

Por fim, venho registrar os meus agradecimentos a todas as empresas que participaram deste trabalho, pois sem a colaboração não havia conseguido análises aprofundadas da realidade que essas pequenas empresas de base tecnológicas precisam superar diariamente. Obrigada por confiar e, com isso, poder levar para a FAPESP esta realidade e experiência compartilhada a fim de buscar a excelência no desempenho do Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (PIPE).

Agradeço aos meus familiares que depositaram muita confiança em mim, que seria capaz de driblar os desafios, pois estava lutando pela conquista de um sonho. Aos meus irmãos, Marisa, Manuela e Fredinho, pela compreensão da ausência familiar por tanto tempo longe da minha cidade natal. À Francineide e Tia Fau, pelo estímulo que sempre precisei. Aos meus primos (as), que vibram e comemoram a cada sucesso comigo.

Agradeço o apoio que tive do meu noivo Henrique Bonifácio pela paciência em ter compartilhado e mergulhado junto comigo nesta viagem de estudos. Apesar da distância, esteve sempre presente nos momentos mais difíceis com sábias palavras para ajudar. Que em

um espaço tão curto se torna difícil não tenho como descrever o quão importante você é na minha vida. Sou muito grata por ter encontrado uma pessoa especial para compartilhar de um projeto de vida no longo prazo.

Pelas irreparáveis ausências e esgotamentos impostos, nem sempre agradecidos, que buscarei um dia retribuir. Aos amigos que durante esta jornada não mediram esforços, Enzo Mariano, Larissa Elaine, Larissa Marinho, Naja, Mariana Sarmanho e Patrícia, Mariana Soares, Camila, Flávio, Jair, Professora Dra. Eliciane e Professora Dra. Ana Perico, Herick e Paco.

Ana Paula, apesar de longe, estive sempre presentes durante o processo.

Aos funcionários do departamento de Engenharia de Produção, em especial o José Luiz por todo auxílio e dedicação, a Suely e a Silvana pela assistência oferecida na execução deste trabalho.

## EPÍGRAFE

*Mesmo quando o projeto acabado ainda possui  
contornos indefinidos para todos,  
o esboço presente nas mãos  
ternas e determinadas  
constrói o virtuoso desenrolar.*

**Érika Mendes de Sá**  
(Minha querida prima)

## RESUMO

ALMEIDA, Mariana Rodrigues. A Eficiência Dos Investimentos Do Programa De Inovação Tecnológica Em Pequena Empresa (PIPE): Uma Integração Da Análise Envoltória De Dados E Índice Malmquist. 2010. 274 fls. Texto de Qualificação (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

A avaliação do investimento público pode ser um importante instrumento para nortear a destinação de recursos e, assim, obter melhor desempenho na promoção do desenvolvimento na economia de um país. Nesse sentido, são necessárias técnicas adequadas para avaliar o desempenho das empresas, sobretudo das pequenas empresas. Com base em novos procedimentos de avaliação, a presente pesquisa tem como objetivo geral **analisar a eficiência dos investimentos públicos direcionados pelo Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE), do programa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**. A pesquisa foi desenvolvida no Estado de São Paulo, nas empresas financiadas pela FAPESP e conduzida, inicialmente, por meio de uma *survey* com o propósito de coletar dados necessários para alimentar as técnicas Análise Envoltória de Dados (DEA) e Índice de *Malmquist*. Para atingir o objetivo proposto, formulou-se um modelo conceitual composto por oito hipóteses. A pesquisa de campo contemplou uma amostra de 148 projetos vinculados a 113 pequenas empresas. Os resultados foram apresentados em cinco etapas: etapa I – a evolução dos recursos financeiros destinado ao programa PIPE durante o período de 1997-2008; etapa II – análise qualitativa dos projetos nos parâmetros sobre tipo, tipologia, modelo inovativo, estratégia e localização; etapa III – análise univariada e bivariada das variáveis; etapa IV – análise de eficiência dos projetos e empresas sob a perspectiva das áreas de conhecimento e setores econômico; etapa V – a integração do DEA-*Malmquist* para as empresas fomentadas na fase III do programa PIPE. Utilizou-se dois testes estatísticos para validar as hipóteses: o teste de Mann-Whitney e o teste do Qui-Quadrado. Os resultados possibilitam identificar, para o órgão fomentador, melhorias no processo de análise dos projetos e, ainda, para novos empresários, recomendações com base nos projetos de eficiência máxima.

**Palavras chaves:** Programa governamental. Pequena empresa. Inovação tecnológica. Análise envoltória de dados. Índice *Malmquist*. PIPE.

## ABSTRACT

ALMEIDA, Mariana Rodrigues. The Efficiency of Investment for Innovation Research Program Small Business (PIPE): na integração Data Envelopment Analysis and Malmquist Index. 2010. 274 fls. Doctorate Thesis - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Evaluation of public investment can be an important tool to guide correctly the allocation of resources and thus achieve better performance in promoting development in the economy of a country. Accordingly, appropriate techniques are needed to evaluate the performance of businesses, particularly small businesses. Based on recent evaluation techniques, this research **aims at analyzing the efficiency of public investment targeted by the Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE), a program of the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**. The study was conducted in FAPESP financed companies of São Paulo and led initially by means of a survey in order to collect the data needed to feed the Data Envelopment Analysis (DEA) and Malmquist Index. To achieve this purpose, formulated a conceptual model composed with eight research hypotheses. The field research was performed with a sample of 148 projects linked to 113 small businesses. The results were presented in five stages: Stage I - the evolution of financial resources for the PIPE program during the period 1997-2008, stage II - qualitative analysis of project parameters on type, typology, innovation models, strategy and location; stage III - univariate and bivariate analysis of variables; stage IV - efficiency analysis of projects and companies from the perspective of knowledge areas and economic sectors; V stage - the integration of the DEA-Malmquist encouraged companies to phase III of the PIPE program. Used two test to validate the statistical assumptions: the Mann-Whitney and Chi-Square test. The results enable us to identify, for the national developers, improvements to the analysis of projects and also for new entrepreneurs, recommendations based on projects for maximum efficiency.

**Key-words:** Government Program. Small Business. Technological Innovation. Data Envelopment Analysis (DEA). Malmquist Index

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Modelo conceitual da pesquisa com nove hipóteses	11
<b>Figura 1.2</b>	Estrutura organizacional do trabalho	13
<b>Figura 2.1</b>	As inovações radical e incremental na linha do tempo	24
<b>Figura 2.2</b>	Estrutura para avaliação do processo de inovação por indicadores	31
<b>Figura 2.3</b>	Agentes influenciadores de estratégias	35
<b>Figura 2.4</b>	Barreiras ao processo de inovação	41
<b>Figura 2.5</b>	Fases do projeto inovativo com alocação dos processos e atores envolvidos	43
<b>Figura 2.6</b>	As seis dimensões do processo da inovação tecnológica	44
<b>Figura 3.1</b>	O vale da morte	53
<b>Figura 3.2</b>	Alinhamento dos ambientes de inovação e fontes de recursos para cada fase do ciclo de vida	54
<b>Figura 3.3</b>	Efeitos dos programas governamentais	69
<b>Figura 4.1</b>	Composição da estrutura sistêmica dos macro processos em uma firma	72
<b>Figura 4.2</b>	Estruturação dos diferentes tipos de eficiência	75
<b>Figura 4.3</b>	Estruturação dos temas apresentados no tópico sobre Análise Envoltória de Dados	77
<b>Figura 4.4</b>	Fronteira de eficiência	79
<b>Figura 4.5</b>	Evolução do modelo matemático DEA no tempo	85
<b>Figura 5.1</b>	Interação das perspectivas quantitativa e qualitativa	97
<b>Figura 5.2</b>	Partes da pesquisa <i>survey</i>	102
<b>Figura 6.1</b>	Etapas da apresentação dos resultados	113
<b>Figura 6.2</b>	Localização geográfica das cidades com projetos fomentados pelo PIPE	122
<b>Figura 6.3</b>	O direcionamento dos projetos PIPEs no desenvolvimento da inovação tecnológica	125
<b>Figura 6.4</b>	Direcionamento versus Classificação da inovação tecnológica	126
<b>Figura 6.5</b>	Tipos de inovação apresentados pelos projetos pesquisados	127
<b>Figura 6.6</b>	Tipologia das inovações dos projetos PIPEs	128
<b>Figura 6.7</b>	Distribuição dos modelos de inovação tecnológica	130
<b>Figura 6.8</b>	Modelos versus tipologias dos projetos de inovação PIPEs	131
<b>Figura 6.9</b>	Barreiras à inovação e taxas de incidência	137
<b>Figura 6.10</b>	Associação das barreiras ao processo de inovação pelas diferentes fases de industrialização do país	147
<b>Figura 6.11</b>	Distribuição dos tipos de ambiente de inovação dos projetos PIPE	151
<b>Figura 6.12</b>	Empresas nascentes de projetos PIPEs	155
<b>Figura 6.13</b>	Variáveis DEA para análise de eficiência dos projetos PIPE	168
<b>Figura 6.14</b>	Variáveis DEA para análise de eficiência das empresas	169
<b>Figura 6.15</b>	Variáveis DEA para análise de eficiência dos projetos PIPE por área de conhecimento	181
<b>Figura 6.16</b>	Variáveis DEA para análise de eficiência dos setores econômicos	194
<b>Figura 6.17</b>	Variáveis DEA para análise de eficiência dos projetos PIPE 3	200
<b>Figura 6.18</b>	Variáveis DEA para análise de eficiência das empresas do PIPE 3	201

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 6.1</b>	Sistematização do volume de investimentos subdividindo entre a Fase I e Fase II	115
<b>Tabela 6.2</b>	Sistematização do número de projetos concedidos para as diferentes fases do programa	115
<b>Tabela 6.3</b>	Projetos e montantes por editais ao longo dos anos	117
<b>Tabela 6.4</b>	Sistematização dos recursos financeiros concedidos entre as áreas de conhecimentos	119
<b>Tabela 6.5</b>	Grau de escolaridade dos coordenadores dos projetos PIPE	120
<b>Tabela 6.6</b>	Quantidade de projetos por empresas fomentadas	121
<b>Tabela 6.7</b>	Localização atual das empresas fomentadas com os respectivos projetos no período de 1997 a 2008	124
<b>Tabela 6.8</b>	Estratégias adotadas pelos projetos de inovação tecnológica	130
<b>Tabela 6.9</b>	Distribuição dos projetos nas diferentes gerações de desenvolvimento	132
<b>Tabela 6.10</b>	A distribuição dos objetivos para realizar o desenvolvimento	134
<b>Tabela 6.11</b>	As diferentes fontes de informação do processo da inovação tecnológica no PIPE	136
<b>Tabela 6.12</b>	Barreiras por tipos de inovação	141
<b>Tabela 6.13</b>	Influência da localização sobre o desenvolvimento dos projetos PIPE	149
<b>Tabela 6.14</b>	Perfil das empresas pesquisadas	153
<b>Tabela 6.15</b>	Distribuição das empresas com faturamento vinculadas ao PIPE	156
<b>Tabela 6.16</b>	Perfil geral dos projetos pesquisados	157
<b>Tabela 6.17</b>	Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dos construtos	163
<b>Tabela 6.18</b>	Avaliação de eficiência para os projetos governamentais PIPE	170
<b>Tabela 6.19</b>	Retorno de escala para os projetos governamentais PIPE	172
<b>Tabela 6.20</b>	Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 1	174
<b>Tabela 6.21</b>	Análise da hipótese 1 com as respectivas proposições formuladas	175
<b>Tabela 6.22</b>	Desmembramento da hipótese 2 com as respectivas proposições formuladas	176
<b>Tabela 6.23</b>	Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 2	177
<b>Tabela 6.24</b>	Resultados do teste do Qui-Quadrado referente à proposição 2.6	178
<b>Tabela 6.25</b>	Análise da hipótese 2 com as respectivas proposições formuladas	179
<b>Tabela 6.26</b>	Detalhamento da amostra para avaliação da eficiência dos projetos para áreas de conhecimento	180
<b>Tabela 6.27</b>	Eficiência dos projetos PIPEs pelas áreas do conhecimento FAPESP	182
<b>Tabela 6.28</b>	Avaliação de eficiência dos projetos PIPEs pelas áreas do conhecimento FAPESP	183
<b>Tabela 6.29</b>	Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 3	184
<b>Tabela 6.30</b>	Análise da hipótese 3 para áreas de conhecimento FAPESP	184
<b>Tabela 6.31</b>	Eficiência para empresas financiadas pelos PIPE	185
<b>Tabela 6.32</b>	Retorno de escala para as empresas fomentadas pelo PIPE	187
<b>Tabela 6.33</b>	O desmembramento da hipótese 4 com as respectivas proposições formuladas	188
<b>Tabela 6.34</b>	Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 4	189
<b>Tabela 6.35</b>	Análise da hipótese 4 com as respectivas proposições formuladas	190



<b>Tabela 6.36</b>	O desmembramento da hipótese 5 com as respectivas proposições formuladas	190
<b>Tabela 6.37</b>	Resultados do teste do Qui-Quadrado referente à hipótese 5	192
<b>Tabela 6.38</b>	Análise da hipótese 5 com as respectivas proposições formuladas	193
<b>Tabela 6.39</b>	Amostra para avaliação da eficiência dos projetos para setores econômicos	193
<b>Tabela 6.40</b>	Avaliação de eficiência dos projetos PIPEs pelos setores econômicos	195
<b>Tabela 6.41</b>	Avaliação de eficiência dos projetos PIPEs pelas áreas do conhecimento FAPESP	196
<b>Tabela 6.42</b>	Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 6	198
<b>Tabela 6.43</b>	Análise da hipótese 6 com as respectivas proposições formuladas	199
<b>Tabela 6.44</b>	Avaliação de eficiência para os projetos governamentais PIPE em duas perspectivas por projeto e por empresa	201
<b>Tabela 6.45</b>	Análise de eficiência de escala para os projetos e empresa do PIPE	202
<b>Tabela 6.46</b>	<i>Ranking</i> para os três modelos de cálculo de eficiência sob a perspectiva de projetos	202
<b>Tabela 6.47</b>	<i>Ranking</i> para os três modelos de cálculo de eficiência sob a perspectiva das empresas	203
<b>Tabela 6.48</b>	Estatística descritiva dos resultados de eficiência das empresas do PIPE III	203
<b>Tabela 6.49</b>	O desmembramento da hipótese 7 com as respectivas proposições formuladas	204
<b>Tabela 6.50</b>	Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 7	204
<b>Tabela 6.51</b>	Análise do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 7	205
<b>Tabela 6.52</b>	Distâncias relativas às fronteiras de eficiência para o período de 2007-2009	206
<b>Tabela 6.53</b>	Índice Malmquist, alterações tecnológicas e alterações de eficiência para o período de 2007-2008	207
<b>Tabela 6.54</b>	Índice Malmquist, alterações tecnológicas e alterações de eficiência para o período de 2007-2009	208

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.1</b>	Hipóteses e problemas de pesquisa correlacionados	10
<b>Quadro 1.2</b>	Etapas da pesquisa e objetos de análise	11
<b>Quadro 2.1</b>	Evolução do conceito de inovação tecnológica	18
<b>Quadro 2.2</b>	Os principais fatores internos e externos para cada dimensão das inovações	24
<b>Quadro 2.3</b>	Tipologias de inovação tecnológica	25
<b>Quadro 2.4</b>	Evolução das forças impulsionadoras para os modelos de inovação.	29
<b>Quadro 2.5</b>	Sistemas inovativos em diferentes perspectivas	30
<b>Quadro 2.6</b>	Sistematização dos principais indicadores para avaliar o ambiente inovativo	34
<b>Quadro 2.7</b>	Influência dos fatores tangíveis e intangíveis para o fenômeno inovativo	38
<b>Quadro 3.1</b>	Critérios de classificação de empresas de pequeno porte	48
<b>Quadro 3.2</b>	Critérios de classificação de pequenas empresas de base tecnológica	50
<b>Quadro 3.3</b>	Programas governamentais de financiamento e fomento à inovação tecnológica no mundo	59
<b>Quadro 3.4</b>	Programas governamentais de incentivo à inovação para pequena e média empresa no mundo	60
<b>Quadro 3.5</b>	Sistematização de pesquisas empíricas para avaliar programas governamentais na literatura internacional	64
<b>Quadro 3.6</b>	Grandes áreas de conhecimento da FAPESP	66
<b>Quadro 3.7</b>	Evolução dos limites de fomento de 1997- 2009	67
<b>Quadro 4.1</b>	Modelo CCR primal com orientação para <i>input</i> e <i>output</i>	80
<b>Quadro 4.2</b>	Modelos BCC com as orientações para <i>input</i> e <i>output</i>	81
<b>Quadro 4.3</b>	Sistematização do modelo CCR dual com as orientações para o <i>input</i> e <i>output</i>	82
<b>Quadro 4.4</b>	Sistematização do modelo BCC dual com as orientações para o <i>input</i> e <i>output</i>	83
<b>Quadro 4.5</b>	Sistematização do modelo de super-eficiência com as orientações para o <i>input</i> e <i>output</i>	84
<b>Quadro 4.6</b>	Sistematização dos indicadores para avaliar os processos de inovação tecnológica	88
<b>Quadro 4.7</b>	Decomposição do Índice Malmquist	89
<b>Quadro 4.8</b>	Sistematização da integração do Índice Malmquist e CCR com duas orientações	91
<b>Quadro 5.1</b>	Construto relacionando variáveis quantitativas com o referencial teórico	94
<b>Quadro 5.2</b>	Construto relacionando variáveis qualitativas com o referencial teórico	95
<b>Quadro 5.3</b>	Sistematização das etapas para avaliação da eficiência com os modelos DEA	98
<b>Quadro 5.4</b>	Classificação da pesquisa sob diferentes aspectos	100
<b>Quadro 5.5</b>	População dos projetos financiados pela FAPESP	101
<b>Quadro 5.6</b>	População dos projetos classificada pelo andamento	104
<b>Quadro 5.7</b>	Amostra do pré-teste da pesquisa	104
<b>Quadro 5.8</b>	Categorização dos diferentes tipos de <i>survey</i> com as taxas de frequências no pré-teste	105
<b>Quadro 5.9</b>	Empresas com projetos encerrados	106

<b>Quadro 5.10</b>	Dimensões do questionário – Parte 1	107
<b>Quadro 5.11</b>	Dimensões do questionário – Parte 2	108
<b>Quadro 5.12</b>	Tamanho amostral e etapas do projeto	109
<b>Quadro 5.13</b>	Distribuição final da população dos projetos fomentados pela FAPESP	109
<b>Quadro 5.14</b>	Distribuição final da amostra dos projetos fomentados pela FAPESP	109
<b>Quadro 5.15</b>	A categorização dos diferentes tipos de <i>survey</i> com as taxas de frequências	110
<b>Quadro 5.16</b>	Panorama da amostra nas diferentes etapas da pesquisa	111

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AE</b>	<i>Alteracoes na eficiência</i>
<b>AT</b>	<i>Alterações na tecnologia</i>
<b>ATP</b>	<i>Advanced Technology Program</i>
<b>ANVISA</b>	<i>Agência Nacional de Vigilância Sanitária</i>
<b>BCC</b>	<i>Banker, Charnes e Cooper</i>
<b>Capex</b>	<i>Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior</i>
<b>CCR</b>	<i>Charnes, Cooper e Rhodes</i>
<b>CNPq</b>	<i>Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico</i>
<b>CORFO</b>	<i>Corporation for the Increase of Productivity</i>
<b>CRS</b>	<i>Constant Returns to Scale</i>
<b>CSA's</b>	<i>Space Science Program</i>
<b>CSOs</b>	<i>Corporate spin-offs</i>
<b>DEA</b>	<i>Data Envelopment Analysis</i>
<b>DMU</b>	<i>Unidade Tomadoras de Decisão (Decision Making Unit)</i>
<b>DTI</b>	<i>Department of Trade and Industry</i>
<b>EBT's</b>	<i>Empresa de Base Tecnológica</i>
<b>ESPRIT</b>	<i>European Strategic Programme for Research and Development of Information Technology</i>
<b>FAPESP</b>	<i>Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo</i>
<b>FDH</b>	<i>Free Disposal Hull Model</i>
<b>FINEP</b>	<i>Financiadora de Estudos e Projetos</i>
<b>FO</b>	<i>Função Objetivo</i>
<b>GAO</b>	<i>General Accounting Office</i>
<b>HiGroSMEs</b>	<i>High growth-potential SMEs</i>
<b>HPSU</b>	<i>High Potential Start-Up</i>
<b>IMP<sup>3</sup>rove</b>	<i>IMProvement of Innovation Management Performance</i>
<b>IRAP</b>	<i>Industrial Research Assistance Program</i>
<b>JASMEC</b>	<i>Japan Small and Medium Enterprise Corporation</i>
<b>KAITECH</b>	<i>Korea Academy of Industrial Technology</i>
<b>KOSBIR</b>	<i>Korea Small Business Innovation Research</i>
<b>MCT</b>	<i>Ministério da Ciência e Tecnologia</i>
<b>MOEA</b>	<i>Ministry of Economic Affairs</i>
<b>NTBFs</b>	<i>New technology-based firms</i>
<b>OCDE</b>	<i>Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico</i>
<b>OCS</b>	<i>Office of the Chief Scientist</i>
<b>OLS</b>	<i>Ordinary least squares</i>

<b>P&amp;D</b>	<i>Pesquisa e desenvolvimento</i>
<b>PAPPE</b>	<i>Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas</i>
<b>PEBTs</b>	<i>Pequena Empresa de Base tecnológica</i>
<b>PIPE</b>	<i>Programa de Inovação Tecnológica na Pequena Empresa</i>
<b>PME`s</b>	<i>Pequenas e Médias Empresas</i>
<b>PNB</b>	<i>Produto Nacional Bruto</i>
<b>PROINOV</b>	<i>Programa de Incentivos à Modernização da Economia R&amp;D</i>
<b>SAP</b>	<i>Structural Adjustment Programme</i>
<b>SBIR</b>	<i>Small Business Innovation Research</i>
<b>SBIRPP</b>	<i>Small Business Innovation Research Promoting Program</i>
<b>SBRI</b>	<i>Small Business Research Initiative</i>
<b>SEMATECH</b>	<i>SEMATECH research consortium</i>
<b>SI</b>	<i>Sistemas inovativos</i>
<b>SIC</b>	<i>Small Innovative Companies</i>
<b>SMART</b>	<i>Small Firms Merit Award for Research and Technology</i>
<b>SME</b>	<i>Small and Medium Enterprise</i>
<b>SMEPOL</b>	<i>SME policy</i>
<b>SNI</b>	<i>Sistema Nacional de Inovação</i>
<b>SOB</b>	<i>Small Business Online (SBO) Program</i>
<b>START</b>	<i>Strategic Technical Assistance for Results with Training</i>
<b>TBI</b>	<i>Technology Business Incubator</i>
<b>TechBA</b>	<i>Aceleración de empresas de base tecnológica</i>
<b>TIDEB</b>	<i>Turkish Scientific and Research Council</i>
<b>TNUFA</b>	<i>Tnufa Program Israel</i>
<b>NRC</b>	<i>National Research Council</i>
<b>TPP</b>	<i>Inovação Tecnológica de Produto e Processo</i>
<b>USO</b>	<i>University spin-off</i>
<b>USP</b>	<i>Universidade de São Paulo</i>
<b>VRS</b>	<i>Variant Returns to Scale</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$>$	Maior que
$<$	Menor que
$=$	Igual
$\leq$	Menor ou igual que
$\geq$	Maior ou igual que
<b>AE</b>	Alterações de Eficiência de uma DMU entre os períodos 0 e t
<b>AT</b>	Alterações Tecnológicas de uma DMU entre os períodos 0 e t
<b><math>D_0</math></b>	Função distância relativa à fronteira do período 0
<b><math>D_0(x^0_v, y^0_v)</math></b>	Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período 0
<b><math>D_0(x^t_v, y^t_v)</math></b>	Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período 0
<b><math>D_t(x^0_v, y^0_v)</math></b>	Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período t
<b><math>D_t(x^t_v, y^t_v)</math></b>	Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período t
<b><math>D_t</math></b>	Função distância relativa à fronteira do período t
<b>E</b>	Eficiência
<b>M</b>	Número de <i>outputs</i>
<b>N</b>	Número de <i>inputs</i>
<b><math>\Sigma</math></b>	Somatório
<b><math>S_i</math></b>	Variável de folga do <i>output</i> i
<b><math>S_j</math></b>	Variável de folga do <i>input</i> j
<b><math>u_i</math></b>	Utilidade do <i>output</i> i
<b><math>v_j</math></b>	Utilidade do <i>input</i> j
<b><math>x^0_{j0}</math></b>	Quantidade do <i>input</i> j da DMU em análise no período 0
<b><math>x^0_{jk}</math></b>	Quantidade do <i>input</i> j da DMU k no período 0
<b><math>x^0_v</math></b>	Quantidade do <i>input</i> virtual da DMU em análise no período 0
<b><math>x_{j0}</math></b>	Quantidade do <i>input</i> j da DMU em análise
<b><math>x_{j0}</math></b>	Quantidade do insumo j da DMU em análise
<b><math>x_{jk}</math></b>	Quantidade do insumo j da DMU k
<b><math>x_{jk}</math></b>	Quantidade do <i>input</i> j da DMU k
<b><math>x^t_{j0}</math></b>	Quantidade do <i>input</i> j da DMU em análise no período t
<b><math>x^t_{jk}</math></b>	Quantidade do <i>input</i> j da DMU k no período t
<b><math>x^t_v</math></b>	Quantidade do <i>input</i> virtual da DMU em análise no período t
<b><math>y^0_{i0}</math></b>	Quantidade do <i>output</i> i da DMU em análise no período 0
<b><math>y^0_{ik}</math></b>	Quantidade do <i>output</i> i da DMU k no período 0
<b><math>y^0_v</math></b>	Quantidade do <i>output</i> virtual da DMU em análise no período 0
<b><math>y_{i0}</math></b>	Quantidade do <i>output</i> i da DMU em análise
<b><math>y_{ik}</math></b>	Quantidade do <i>output</i> i da DMU k
<b><math>y_{ik}</math></b>	Quantidade do produto i da DMU k
<b><math>y_{j0}</math></b>	Quantidade do produto i da DMU em análise

$y_{i0}^t$	Quantidade do <i>output</i> $i$ da DMU em análise no período $t$
$y_{ik}^t$	Quantidade do <i>output</i> $i$ da DMU $k$ no período $t$
$y_v^t$	Quantidade do <i>output</i> virtual da DMU em análise no período $t$
$Z$	Número de unidades em avaliação
$H$	Inverso da eficiência
$\Theta$	Eficiência
$\lambda_k$	Participação da DMU $k$ na meta da DMU em análise





## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	ii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	iv
<b>LISTA DE QUADRO</b>	vi
<b>LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS</b>	viii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	x
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Questão e Objetivo de Pesquisa	3
1.2 Detalhamento do modelo conceitual de investigação	5
1.3 Estrutura da tese	12
<b>CAPÍTULO 2 – INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b>	<b>15</b>
2.1 Ciência, tecnologia, inovação, invenção	15
2.2 O conceito de inovação tecnológica	17
2.3 Tipos de inovação tecnológica	20
2.4 Tipologias de inovações tecnológicas	22
2.5 Modelos de inovação tecnológica	26
2.5.1 Modelo linear de inovação	27
2.5.2 Modelo dos elos da cadeia	28
2.5.3 Modelo do ciclo de inovação	28
2.6 Sistemas de inovação tecnológica	30
2.7 Estratégias tecnológicas	35
2.7.1 Estratégia baseada em fatores internos e externos	36
2.7.2 Estratégias baseadas nas fontes de informação e ferramentas	39
2.8 Barreiras ao processo de inovação	40
Conclusões parciais	43
<b>CAPÍTULO 3 – PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS PARA PEQUENAS EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA</b>	<b>45</b>
3.1 Introdução	45
3.2 Pequenas e Médias Empresas (PME)	56
3.2.1 Pequena Empresa de Base Tecnológica (PEBT`s)	49
3.2.2 Ciclos de vida das empresas tecnológicas	51
3.3 Programas governamentais para atividades inovativas	55
3.3.1 Avaliação de impacto de programas de incentivo à inovação	61
3.3.2 Programas governamentais de incentivo à inovação na esfera brasileira	65

<b>CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA - ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS, APROXIMAÇÃO DE CLUSTER E ÍNDICE MALMQUIST</b>	<b>71</b>	
4.1	Introdução	71
4.2	Análise Envoltória de Dados	75
4.2.1	Número de DMUs	77
4.2.2	Métodos para selecionar variáveis	78
4.2.3	Sistematização dos modelos – Análise Envoltória de Dados	79
4.2.4	Sistematização de estudos relacionados à eficiência em inovação tecnológica	86
4.3	Índice <i>Malmquist</i>	89
<b>CAPÍTULO 5 – MÉTODO DE PESQUISA</b>	<b>93</b>	
5.1	Construtos quantitativos e qualitativos	93
5.2	Passos de procedimento	99
5.3	Descrição do método	99
<b>CAPÍTULO 6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>113</b>	
6.1	Etapa I- Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE)	114
6.1.1	Localização das pequenas empresas do projeto PIPE	121
6.2	Etapa II- Perfil dos projetos do Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE)	125
6.2.1	Tipos de inovação apresentados pelos projetos PIPEs	127
6.2.2	Tipologia de inovação apresentada pelos projetos PIPEs	128
6.2.3	Estratégias inovativas inerentes aos projetos PIPEs	129
6.2.4	Modelos de desenvolvimento inovativo apresentados pelos projetos PIPEs	130
6.2.5	Objetivos de desenvolvimento apresentados pelos projetos PIPEs	133
6.2.6	Fontes de informação apresentadas pelos projetos PIPEs	135
6.2.7	Barreiras à inovação apresentadas pelos projetos PIPEs	136
6.3	Etapa 3 - Características quantitativas das empresas e projetos do PIPE	151
6.3.1	Análise univariada para as dimensões do construto – empresas	152
6.3.2	Análise univariada para as dimensões do construto – projetos	156
6.3.3	Análise bivariada para as variáveis – projetos e empresas	162
6.3.4	Identificação de variáveis para análise de competitividade e eficiência produtiva	168
6.4	Etapa 4 (parte I) - Análise DEA para projetos PIPE	169
6.4.1	Análise de eficiência dos projetos - hipótese 1 e proposições 1.1, 1.2 e 1.3	169
6.4.2	Validação da hipótese 2 - os fatores técnicos e locacionais	175
6.4.3	Análise de eficiência sob a ótica dos projetos na área de conhecimento – Hipótese 3	179
6.4.4	Etapa 4 (parte II) - Análise DEA para empresas PIPE	184

6.4.5	Validação da hipótese 5 sob a perspectiva das empresas	190
6.4.6	Análise de eficiência das empresas - validação da hipótese 6	193
6.5	Etapa 5 - Análise DEA para projetos PIPE e empresas da Fase III (ou PAPPE)	199
6.5.1	Análise de eficiência sob a perspectiva dos projetos e empresas da fase III (PAPPE) para validação da hipótese 7	199
6.5.2	Análise de eficiência com a integração do DEA-Índice <i>Malmquist</i> na validação das hipóteses 8	205
	<b>CONCLUSÕES</b>	210
	Limitações e Desafios Da Pesquisa	214
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	217
	APÊNDICE A: Carta de apresentação/ Convite	233
	APÊNDICE B: Modelo do Questionário no pré-teste para as empresas do PIPE	237
	APÊNDICE C: Protocolo de pesquisa	243
	APÊNDICE D: Modelo do questionário final para as empresas do PIPE	244
	APÊNDICE E: Manova dos modelos	250
	APÊNDICE F: Distribuição dos Dados	251



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

O Estado, no uso de suas atribuições, vem intervindo gradativamente na economia por meio de políticas públicas que visam estimular o desenvolvimento do setor privado e o planejamento de políticas públicas para o direcionamento adequado dos investimentos em tecnologias, que consiste numa das mais complexas atividades do sistema governamental.

De maneira teórica, as intervenções do Estado em atividades inovativas são delineadas por inúmeros autores, dentre os quais destacam-se Schumpeter (1942) e Arrow (1962). Uma característica comum, analisada nos estudos dos referidos autores, é o alto risco presente neste tipo de atividade, visto que inovação tecnológica é um processo caracterizado por investimento alto e incerteza nos resultados.

Diante deste cenário, fundos governamentais surgem para estimular os gastos correntes e futuros no âmbito privado (LACH, 2000). O aporte dos recursos públicos em P&D, combinado ao conjunto de circunstâncias declaradas pelas imperfeições do mercado, tende a inibir o setor privado na atividade de promover investimentos nas atividades de pesquisas (ARROW, 1962), sobretudo, quando a natureza desse tipo de pesquisa inovativa tem cunho social mais forte que o financeiro.

A intervenção governamental tem como papel diminuir as decorrências sociais e econômicas das imperfeições e da regulamentação do mercado (FREEMAN, 1995).

Nos países desenvolvidos, geralmente, a política tecnológica é consolidada para estabelecer vantagens competitivas sustentáveis de longo prazo. Heijs (2004) salienta que a competitividade de uma nação depende da capacidade inovadora de sua indústria, sendo este um aspecto que se desenvolve pouco a pouco. Cassiolato e Lastres (2000) apontam que nos países emergentes os processos de inovação tecnológica ainda estão na fase embrionária, tendo muito a desenvolver diante de uma sociedade que ainda se encontra em fase de estruturação.

Para promover a homogeneidade de investimentos, o suporte público vem complementar os recursos privados no âmbito dos projetos de pesquisa e desenvolvimento. Tais investimentos

auxiliam nas restrições de liquidez para que as empresas possam desenvolver atividades inovativas.

Atualmente, no Brasil, esta modalidade de investimento se tornou prioridade em órgãos governamentais de fomento, pois a projeção de longo prazo objetiva reduzir, gradativamente, a dependência por tecnologia estrangeira, o que pode concretizar a situação de crescimento e independência. Mediante diretrizes políticas, alguns estados brasileiros, por meio de órgãos financiadores, já adotaram políticas de incentivo às empresas para o investimento em tecnologia.

Neste contexto, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) figura como um dos mais importantes órgãos financiadores de tecnologia no país, com atuação no estado de São Paulo. Em especial, por meio de um programa denominado PIPE, a fundação apóia pesquisas inovadoras realizadas por pequenas empresas, compostas por até 100 empregados (BRITO CRUZ, 2000).

Diante disso, surge pelo menos uma questão central ainda não respondida pela literatura: os investimentos da FAPESP em inovação tecnológica têm contribuído para o incremento da competitividade das pequenas empresas do estado de São Paulo?

Considerando a relevância do tema exposto, técnicas de análise de eficiência, aplicadas aos recursos públicos investidos em inovação tecnológica, podem contribuir para realizar estudos que avaliem quantitativamente o resultado deste esforço no ganho de competitividade nas empresas.

A Engenharia de Produção postula que, para avaliar todo e qualquer sistema, é necessário definir quais são os seus principais *inputs* e *outputs* (ALMEIDA, 2007). Ainda, a pesquisa operacional é a disciplina que circunscreve este ambiente complexo, posto que apresenta um grande avanço no desenvolvimento de técnicas para análise de eficiência.

O passo inicial para a compreensão da dinâmica do investimento inovativo parte do entendimento da dinâmica do investimento em geral, que pode ser avaliado pela integração de duas técnicas não paramétricas: a Análise Envoltória de Dados (DEA) e o Índice de Produtividade *Malmquist*. Para a consecução do objetivo proposto para o presente trabalho, os dados serão obtidos por meio de uma *survey* dirigida a todas as empresas que já foram contempladas com o financiamento da FAPESP ou que pelo menos estejam nesta condição há mais de um ano – Fase II e Fase III do programa.

Com base nos resultados obtidos, a presente tese almeja contribuir com a Fundação no sentido de verificar quais empresas/setores se destacaram, utilizando melhor os recursos aplicados em inovação tecnológica, como na orientação futura de empresas para maximizar o resultado do investimento inovativo, refletido na conquista de uma maior produtividade, eficiência e competitividade.

### 1.1 Questão e Objetivo de Pesquisa

Considerando o contexto apresentado, a presente tese parte da hipótese de que os investimentos públicos em inovação tecnológica proporcionam, às empresas beneficiadas, melhores condições de competitividade no mercado.

O problema a ser investigado consiste na verificação da eficiência na alocação do capital público, buscando resposta para a seguinte questão: Qual é a contribuição dos investimentos públicos em inovação tecnológica, realizados pela FAPESP, para o incremento da eficiência nas pequenas empresas do estado de São Paulo?

Sendo assim, o objetivo geral deste projeto é **analisar a eficiência dos investimentos públicos direcionados pelo Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE), do programa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por meio da evolução da produtividade e do nível tecnológico das empresas beneficiadas.**

Para que tal objetivo seja alcançado faz-se necessário desmembrá-lo nos seguintes passos de procedimento:

- Sistematizar os principais conceitos da literatura sobre inovação tecnológica, pequena empresa, programas governamentais de estímulo a inovação e modelos matemáticos;
- Identificar quais variáveis de *input* e *output* melhor representam a relação entre investimento em inovação e competitividade;
- Subdividir o universo das empresas do programa PIPE em segmentos;
- Determinar o investimento alocado em inovação tecnológica nas pequenas empresas do programa PIPE;
- Avaliar o perfil dos projetos por características qualitativas nos aspectos da inovação tecnológica;

- Determinar a eficiência dos projetos, nas respectivas áreas de conhecimento, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA);
- Determinar a eficiência das empresas e os respectivos setores econômicos, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA);
- Determinar a eficiência das empresas fomentadas pela fase III do programa do PIPE por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA);
- Determinar o percentual de evolução tecnológica, por meio do Índice de Produtividade *Malmquist*, para as empresas fomentadas pela fase II do programa PIPE; e,
- Correlacionar o perfil das empresas nos aspectos qualitativos e suas respectivas taxas de eficiência.

Para responder o questionamento central desta tese de doutorado, um modelo de investigação foi desenvolvido para avaliar os recursos governamentais concedidos a cada projeto na sua fase de desenvolvimento. Todos estes projetos são fomentados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), que não restringe o número de solicitações por empresa, pois a função é incentivar pesquisas com qualidade e, principalmente, calcadas pelo âmbito inovativo. Ressalta-se que esse estímulo de financiamento em inovação tecnológica fundamenta-se no crescimento econômico (AUDRETSCH; LINK; SCOTT, 2002; METCALFE; RAMLOGAN, 2008), ocasionando efeitos na economia de maneira homogênea ou heterogênea (GOLD, 1986) e, principalmente, com ganhos em produtividade (GOLD, 1973) pela taxa de retorno social e econômica (FELDMAN; KELLEY, 2006).

No âmbito dos projetos de Fase I e Fase II, a FAPESP classifica as propostas em relação ao grau inovativo, individualmente (PEREZ, 1999; CRUZ, 2000).

Além das características financeiras e organizacionais, o desempenho individual das empresas fomentadas pode ser influenciado pelo número de projetos financiados, o que pode ser justificado pela curva de conhecimento desenvolvida ou pelo resíduo positivo resultante de projetos anteriores.

As hipóteses levantadas serão, a partir de agora, explicitadas para o desenvolvimento das reflexões. O modelo conceitual de investigação detalha os questionamentos inerentes a cada etapa e a estruturação dos construtos com as respectivas variáveis fundamentadas pelo referencial teórico.



## 1.2 Detalhamento do modelo conceitual de investigação

Programas governamentais têm oferecido recursos para incentivar pesquisa em inovação tecnológica nas pequenas empresas (MOORE; GARNSEY, 1993; WESSNER, 2007; COOPER, 2003; PEREZ, 1999; BRITO CRUZ, 2000). Para avaliar os fundos governamentais alocados no desenvolvimento de pesquisa de inovação tecnológica, os programas governamentais são tendenciados à avaliação quantitativa, por meio de métodos paramétricos (WALLSTEN, 2000; VAN DER VLIST; GERKING; FOLMER, 2004; LACH, 2000, AUDRETSCH; LINK; SCOTT, 2002; LERNER, 1999; LINK; SCOTT, 2009) e não-paramétricos (REVILLA; SARKIS; MODREGO, 2003; HSU; HSUEH, 2009).

Em outra perspectiva, as avaliações com abordagem qualitativa são requisitadas para identificar as barreiras ao desenvolvimento do projeto (MOORE; GARNSEY, 1993; HADJIMANOLIS, 1999; MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009) pela falta de financiamento (COOPER, 2003) para suprir uma carência da comercialização (CONNELL, 2009). Não obstante, os benefícios proporcionados pelo relacionamento entre as universidades (OKAMURO, 2007), a capacitação dos conhecimentos técnicos/científicos (FELDMAN; KELLY, 2003), a localização dos parques tecnológicos (SIEGEL; WESTHEAD; WRIGHT, 2003), e a formação de redes de relacionamentos (OKAMURO, 2007) são variáveis importantes no desenvolvimento da inovação.

Em síntese, estudos empíricos, com análises qualitativas e quantitativas, permitem analisar o tema sobre duas perspectivas: (1) os benefícios dos projetos para a ciência/área de conhecimento e (2) os benefícios dos projetos para as empresas contempladas com os fundos governamentais.

Considerando o contexto governamental para apoio em P&D, com recursos financeiros cada vez mais escassos, torna-se imperante a utilização de métodos para determinar a eficiência dos projetos governamentais (REVILLA; SARKIS; MODREGO, 2003; HSU; HSUEH, 2009) de assistência às pequenas empresas, sendo uma lacuna na literatura internacional e nacional.

O Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (PIPE), da FAPESP, tem como objetivo estimular, por meio de recursos financeiros governamentais, o desenvolvimento de atividades inovativas para a pequena empresa. Diante desta premissa, emerge a primeira hipótese de pesquisa ( $H_1$ ) para o presente trabalho:

- **Hipótese 1 (H<sub>1</sub>):** O montante de capital investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente na eficiência do projeto.

Com relação à análise dos projetos, da hipótese 1 derivam nuances consideradas proposições. O conceito de proposição, nesta tese, é o desdobramento da hipótese em etapas menores para um segundo nível de investigação objetivando atender à hipótese 1.

**Proposição 1.1:** A maior quantidade de capital FAPESP investida no fomento inovativo às pequenas empresas aumenta o nível de eficiência do projeto

**Proposição 1.2:** A maior quantidade de capital próprio investida no fomento inovativo às pequenas empresas aumenta o nível de eficiência do projeto

**Proposição 1.3:** A maior quantidade de capital de terceiros investida no fomento inovativo às pequenas empresas aumenta o nível de eficiência do projeto

Na avaliação do ambiente dos projetos, os fatores técnicos e locais são essenciais para verificar aspectos necessários ao desenvolvimento.

- **Hipótese 2 (H<sub>2</sub>):** Os fatores técnicos e locais influenciam no desenvolvimento dos projetos inovativos da FAPESP às pequenas empresas.

Os projetos podem ser influenciados por diversos fatores, no decorrer do desenvolvimento. Nas hipóteses schumpeterianas, o tamanho é um fator diferenciador porque obtém vantagens na escala. Fundamentado nas idéias neo-schumpeterianas, as relações com institutos de pesquisas, clientes e fornecedores figuram como um fator essencial para o desenvolvimento da inovação em fases iniciais. A localização geográfica das instituições de pesquisa e das empresas é considerada também um elemento importante, visto que as inovações originam-se parcialmente do conhecimento tácito dos pesquisadores e, por fim, supõe-se que empresas mais jovens desenvolvem inovações com teor original. A partir deste contexto, emergem proposições baseadas nos principais fatores, identificados na literatura, que tendem a influenciar nos projetos:

**Proposição 2.1:** O nível eficiência dos PIPE`s é diferenciado pela variável da idade das pequenas empresas.

**Proposição 2.2:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável idade dos projetos

**Proposição 2.3:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável assistência das universidades (nacionais e internacionais) no processo de desenvolvimento inovativo

**Proposição 2.4:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável tamanho da empresa

**Proposição 2.5:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável anos de experiência do coordenador

**Proposição 2.6:** O nível eficiência dos PIPE depende da titulação acadêmica do coordenador

Considerando a natureza diversa dos projetos, os recursos financeiros são fomentados para diferentes áreas do conhecimento, segundo a FAPESP (2009). Neste trabalho, as Hipóteses 1 e 2 lançam luzes para a formulação da terceira hipótese, que propõe avaliar as decorrências dos projetos para as respectivas áreas de conhecimento.

- **Hipótese 3 (H<sub>3</sub>):** Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas influenciaram positivamente as diferentes áreas do conhecimento.

Inexiste, no âmbito da FAPESP, restrições quanto ao número de concessões por empresa. Deste modo, cada projeto pode proporcionar diferentes vantagens para as empresas fomentadas e a existência de mais de um projeto pode ser fator maximizador de resultado. A Hipótese 4 é desenvolvida para avaliar o benefício no contexto das organizações.

- **Hipótese 4 (H<sub>4</sub>):** Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas contribuíram positivamente para o desempenho financeiro das empresas.

Para testar esta hipótese 4, as proposições encadeadas para averiguar a eficiência dos recursos são:

**Proposição 4.1:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável despesa em comunicação

**Proposição 4.2:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável quantidade de projetos PIPE concedidos por empresa

**Proposição 4.3:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela quantidade de participações em feiras, eventos e congressos da empresa

**Proposição 4.4:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de concorrentes internacionais

**Proposição 4.5:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de concorrentes nacionais

**Proposição 4.6:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de clientes participantes no processo de desenvolvimento inovativo

**Proposição 4.7:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de fornecedores participantes no processo de desenvolvimento inovativo

**Proposição 4.8:** O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela experiência do proprietário

A empresa pode, ainda, ter o seu desempenho influenciado por fatores inerentes às características da inovação tecnológica, como por exemplo, tipo, tipologia, estratégia, modelo de desenvolvimento, fontes de informação. Para tal situação, deriva-se uma nova hipótese:

- **Hipótese 5 (H<sub>5</sub>):** As características qualitativas da inovação tecnológica financiada pela FAPESP (tipo, tipologia, estratégia, modelo de desenvolvimento, entre outros) influenciam o desempenho da empresa.

Para testar a hipótese 5, as proposições são desmembradas em:

**Proposição 5.1:** O nível eficiência dos PIPE é afetado pelo tipo de inovação adotado no desenvolvimento do processo inovativo.

**Proposição 5.2:** O nível eficiência dos PIPE é afetado pela estratégia da empresa adotada no desenvolvimento do processo inovativo

**Proposição 5.3:** O nível eficiência dos PIPE é afetado pelo modelo de desenvolvimento no processo inovativo

**Proposição 5.4:** O nível eficiência dos PIPE é afetado pela localização da empresa no desenvolvimento do processo inovativo

No contexto das organizações, o setor econômico causa efeitos no desempenho, o que pode ser fruto da eficiência empresarial. Neste caso, torna-se necessário agrupar as empresas com este perfil para isolar os demais tipos de influência ocasionados pelo setor econômico inerente a cada empresa. Tal fenômeno foi observado no trabalho de Hsu e Hsueh (2009), baseado no qual se estabelece a Hipótese 6 para avaliar as empresas nos respectivos setores econômicos com a influência dos recursos financeiros governamentais.

- **Hipótese 6 (H<sub>6</sub>):** O montante do capital investido pela FAPESP e variáveis gerais na gestão da pequena empresa de base tecnológica influenciou positivamente a sua eficiência, independentemente do setor em que atua.

Com escopo restrito de empresas (PIPE III), a próxima etapa consiste em avaliar o desempenho financeiro da empresa e a capacidade para gerar novos produtos/processos. A Hipótese 7 propõe uma investigação focada nas empresas participantes da fase de comercialização.

- **Hipótese 7 (H<sub>7</sub>):** Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente o desempenho das firmas eficientes.

Ainda dentro deste escopo restrito, as prioridades são formuladas no contexto das empresas fomentadas para o PIPE III (ou PAPPE), em que a FAPESP auxiliou apenas 20 empresas na etapa da comercialização, com auxílio da FINEP.

- **Hipótese 8 (H<sub>8</sub>):** Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente a participação no mercado e o faturamento.

O Quadro 1.1 sistematiza as hipóteses formuladas e as correlaciona com os problemas de pesquisa a serem investigados ao longo da condução do trabalho, em cada uma das etapas.

<b>Hipóteses</b>		<b>Problema de pesquisa</b>
<b>H<sub>1</sub></b>	O montante de capital investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente na eficiência do projeto.	Quais são os projetos de pesquisa que alocaram de maneira mais eficiente os recursos financeiros?
		Como os projetos estão agrupados, quanto ao nível de desempenho?
<b>H<sub>2</sub></b>	Os fatores técnicos e locacionais influenciam no desenvolvimento dos projetos inovativos da FAPESP às pequenas empresas.	Quais são os fatores que mais influenciam o desempenho do projeto?
<b>H<sub>3</sub></b>	Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas influenciaram positivamente as diferentes áreas do conhecimento.	Quais são os projetos de pesquisa que melhor alocaram os recursos financeiros, nas diferentes áreas de conhecimento?
<b>H<sub>4</sub></b>	Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas contribuíram positivamente para o desempenho financeiro das empresas.	Quais empresas alocaram eficientemente os recursos financeiros para melhoria do desempenho financeiro?
		Como as empresas estão agrupadas, quanto ao nível de desempenho?
<b>H<sub>5</sub></b>	As características qualitativas da inovação tecnológica financiada pela FAPESP (tipo, tipologia, estratégia, modelo de desenvolvimento, entre outros) influenciam o desempenho da empresa.	Quais são as características da inovação tecnológica que mais influenciam o desempenho da empresa?
<b>H<sub>6</sub></b>	O montante do capital investido pela FAPESP e variáveis gerais na gestão da pequena empresa de base tecnológica influenciou positivamente a sua eficiência, independentemente do setor em que atua.	Quais os setores econômicos mais eficientes dos projetos investigados?
		Quais são os projetos de pesquisas mais eficientes por setor econômico?
		Existe uma correlação entre esses dois grupos?
<b>H<sub>7</sub></b>	Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente o desempenho das firmas eficientes.	Qual é o nível de eficiência das empresas PIPE III quando analisada pelo aspecto financeiro e inovativo?
<b>H<sub>8</sub></b>	Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente a participação no mercado e o faturamento.	Quais são as empresas/projetos mais eficientes quando analisados os aspectos das tecnologias decorrentes da variação do tempo?

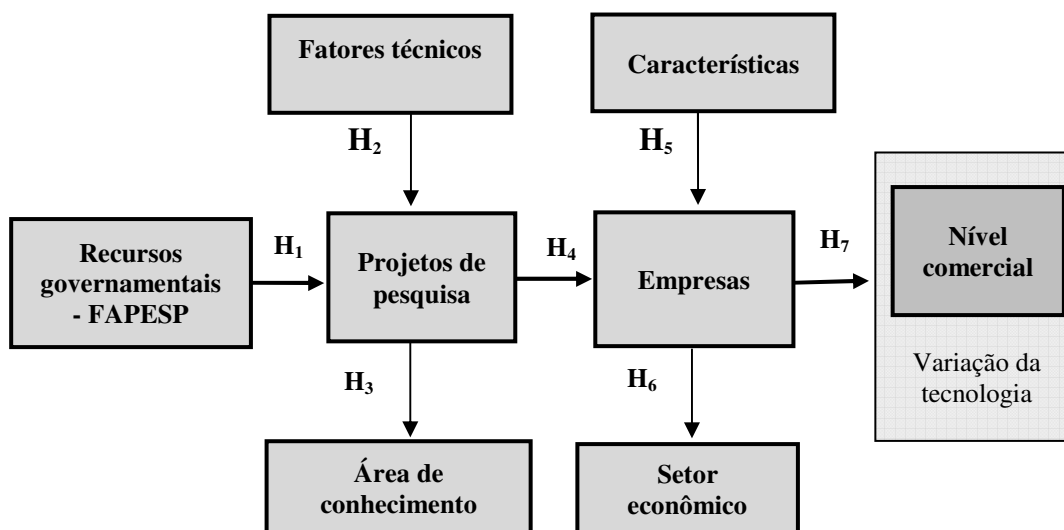
**Quadro 1.1** – Hipóteses e problemas de pesquisa correlacionados

Para balizar o direcionamento da pesquisa, o modelo conceitual de investigação contempla três etapas centrais, a partir do objeto de análise. O Quadro 1.2 correlaciona as etapas, os objetos de análise e as metas definidas para cada uma das etapas.

Etapa	Objeto de análise	Metas
I	Projetos de pesquisas	Avaliar os projetos de pesquisa pertencentes à fase I e II, <b>exceto</b> os projetos em fase de contratação.
		Avaliar os projetos de pesquisa da fase II
II	Empresas	Avaliar a eficiência dos recursos aplicados nas pequenas empresas do programa governamental que estiveram na fase II encerrado
III	Nível da tarefa com incorporação da tecnologia	Avaliar os projetos concedidos no programa PIPE 3 (ou PAPPE) inseridos no contexto da comercialização.

**Quadro 1.2** – Etapas da pesquisa e objetos de análise

Com base nestas reflexões, a Figura 1.1 apresenta o encadeamento lógico entre as hipóteses levantadas e os objetos de análise, com indicação dos respectivos questionamentos a serem investigados por cada etapa da pesquisa.



**Figura 1.1** – Modelo conceitual da pesquisa com nove hipóteses

### 1.3 Estrutura da tese

O texto final será composto de seis capítulos, incluindo esta introdução, e cinco apêndices.

O presente capítulo – Introdução – contextualiza o problema de pesquisa, declara o objetivo, promove o levantamento de hipóteses e define a estrutura do texto.

O **capítulo 2** – Inovação Tecnológica – trata das bases conceituais sobre o tema pesquisado com os tipos, as possíveis tipologias, as forças impulsionadoras e os modelos de desenvolvimentos. Sistematizam-se, posteriormente, as taxionomias sobre inovação em três estágios: (a) concorrência Schumpeteriana; (b) mudança estrutural; e (c) coordenação dos processos de produção.

O **capítulo 3** – Programas Governamentais de Incentivos à Inovação em Pequena Empresa – apresenta diferentes programas governamentais associando suas peculiaridades, bem como sistematiza as diferentes técnicas para avaliar desempenho com enfoque na literatura nacional e internacional. Além disso, caracteriza a competitividade com base nos efeitos obtidos em uma pequena empresa por meio de um modelo teórico.

O **capítulo 4** – Avaliação de Eficiência - apresenta os conceitos fundamentais sobre os modelos matemáticos utilizados para avaliar a eficiência, sobretudo Análise Envoltória de Dados (DEA) e o Índice *Malmquist*.

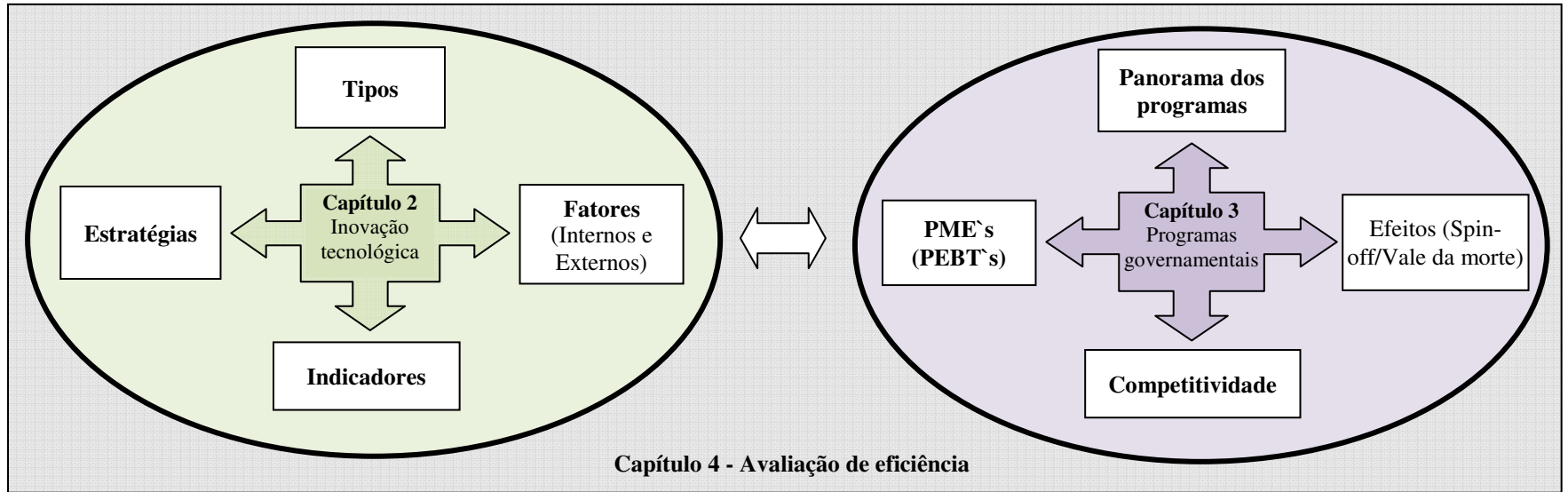
O **capítulo 5** – Método de Pesquisa – define as variáveis que compõem cada construto, conforme a fundamentação teórica descrita e descreve o método de pesquisa, de maneira detalhada, com os instrumentos de coleta para cada etapa e os critérios de seleção de amostra, para as diferentes etapas.

O **capítulo 6** apresenta os resultados e respectivas análises, com estruturas diferentes para os enfoques quantitativos e qualitativos.

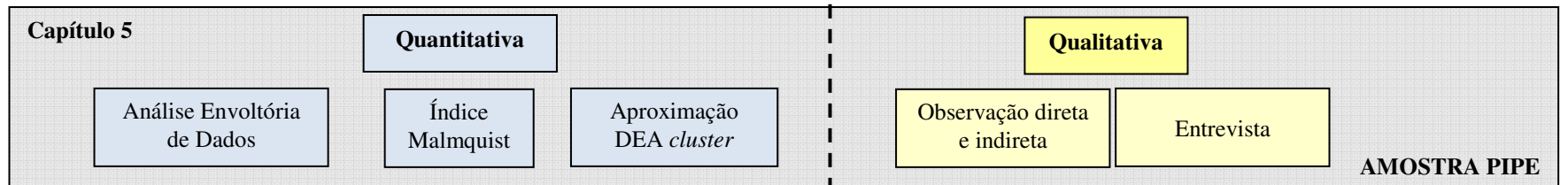
Para finalizar, os apêndices A, B, C, D, E, F e G são compostos pela carta convite às empresas, o modelo do questionário utilizado na fase do pré-teste, o protocolo de pesquisa e o questionário final, Manova dos modelos, Distribuição dos Dados, Método do *Stepwise*, respectivamente. A Figura 1.2 apresenta a sistematização desta tese, subdividindo-a e explicitando cada etapa.



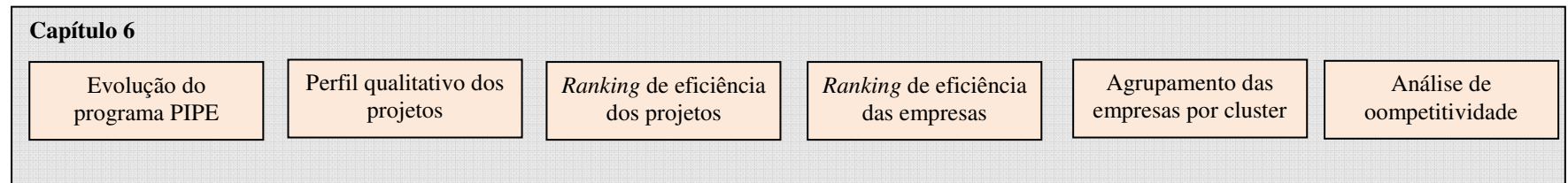
**Fundamentação teórica**



**Materiais e Métodos**



**Análise dos resultados**



**Figura 1.2** – Estrutura organizacional do trabalho.



## CAPÍTULO 2

# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

---

O presente capítulo apresenta a inovação tecnológica a partir de uma estrutura conceitual baseada nas taxionomias da inovação em três estágios: (a) concorrência Schumpeteriana; (b) mudança estrutural; e (c) coordenação dos processos de produção. Posteriormente, os modelos são descritos pelas forças impulsionadoras ao desenvolvimento inovativo. A visão sistêmica sinaliza os indicadores necessários para avaliar um processo produtivo. As estratégias são formuladas por meio das principais fontes de informação e são apresentadas as ferramentas para desenvolver os processos inovativos, das quais emergem barreiras a este desenvolvimento.

### 2.1 Ciência, tecnologia, inovação, invenção

Ciência é a pesquisa para promover os conhecimentos, baseada em observações de fatos e verdades por resultados empíricos, e, de acordo com Nightingale (1998), tem início com parâmetros previamente estabelecidos, mas busca resultados desconhecidos, pois é fundamentada em conhecimentos puros.

Para Perez (1985), a tecnologia é a evolução de uma série de invenções individuais em um contínuo processo acumulativo avançado de conhecimento. O desenvolvimento da tecnologia é um processo dinâmico e cumulativo, fundamentado no elemento cultural, objetivando desenvolver habilidades ou técnicas para criar novas tecnologias (VOLTI, 1995), as quais produzem mudanças ou rupturas nas tecnologias existentes, por meio da ciência, de maneira aplicada, visando à produção ou à melhoria de bens ou serviços.

Segundo Audretsch *et al.* (2002), a tecnologia aplica os novos conhecimentos práticos e teóricos por meio da ciência para resolver os problemas práticos. A similaridade conceitual da ciência e da tecnologia é discutida por Giovanni Dosi (1982) para compreender os fatores tecnológicos que impulsionam a abertura da caixa preta (ROSENBERG, 1982)<sup>1</sup> e são elementos essenciais para promover o desenvolvimento econômico (MANSFIELD, 1971; AUDRETSCH *et al.*, 2002) e a competitividade das empresas.

---

<sup>1</sup> Caixa-preta é um espaço com aplicação dos conceitos de ciência e tecnologia. Este termo é utilizado em sistemas para designar uma parte de uma máquina ou um processo produtivo. Refere-se, também, a um conjunto de fatores que intervêm no progresso técnico do desenvolvimento inovativo.

Balizada pelos conceitos acima, a inovação tecnológica pode ser definida, de acordo com Perez (1985), como o resultado de um ambiente que produz ciência de ponta e influencia direta e indiretamente na melhoria do setor produtivo, especialmente, por meio dos setores de pesquisa e desenvolvimento no bojo das empresas (MATIAS-PEREIRA; KRUGLIANSKAS, 2005).

Segundo Schumpeter (1942), a inovação é compreendida como a adoção de um novo método de produção, de um novo produto (mercadoria, serviços, títulos), de uma nova forma de organização ou a conquista de um novo mercado (segmento por região, clientes, etc). Mais precisamente, uma inovação tecnológica pode ser observada quando a empresa implementa e introduz um novo produto no mercado ou quando adiciona um novo processo de produção na empresa (OCDE, 2005), para acrescentar valor na atividade econômica (AUDRETSCH *et al.*, 2002).

De acordo com Perez (1985), a inovação é a aplicação e difusão de técnicas específicas dentro de uma esfera produtiva, cuja confecção deve ser determinada por fatores sociais e decisões em relação à lucratividade do processo inovador.

Em função de atender às necessidades do mercado, a inovação, de acordo com Utterback e Abernathy (1975), pode ser analisada como acúmulo dos conhecimentos, ao longo dos anos, com base em um processo dinâmico. Este conhecimento é construído por meio do nível de aprendizagem e interação com diferentes bases sociais, políticas e culturais que promovem ou são guias facilitadores do conhecimento, de maneira tal que, quando articulados, tornam possível oferecer inovações para a empresa (GREEN; GAVIN; AIMAN-SMITH, 1995), para o setor (COOK *et al.*, 1997), para a nação ou para o mundo (KLEINSCHMIDT; COOPER, 1991), dentro da esfera econômica do mercado.

Na gênese da inovação tecnológica, a invenção pode ser conceituada como resultado de descoberta, por meio de vários testes, que requisita a geração de novas idéias ou a combinação de novos caminhos, mas que pode não ser comercialmente desenvolvida. Galanakis (2006) observa que a comercialização é o principal fator quando se pretende diferenciar invenção e inovação.

Fagerberg (2005) realiza também uma distinção entre os conceitos de invenção e inovação. Para o autor, a invenção é a concepção referente ao processo de formulação da primeira idéia para um novo produto ou processo. Em contraponto, inovação é a primeira tentativa para conduzir o desenvolvimento do processo à prática. Para Fagerberg (2004), a inovação é o resultado de um amplo processo de desenvolvimento que envolve o inter-relacionamento de muitas invenções e para transformar uma invenção em inovação, é

necessário normalmente combinar diferentes tipos de conhecimentos, capacidades, habilidades e recursos. Schumpeter (1942) ressalta que uma invenção não necessariamente induz uma inovação, mas pode produzir efeitos econômicos isoladamente, o que caracteriza a etapa necessária para demonstrar a viabilidade do produto/processo.

## **2.2 O conceito de Inovação Tecnológica**

Na visão dos neoclássicos, os sistemas inovativos devem ser considerados estáticos, já Schumpeter (1927) afirma que o equilíbrio do mercado é dinâmico, visto que, a partir das inovações, nascem novos ciclos de negócios para as organizações.

Ao resgatar os pensamentos schumpeterianos, a facilidade para absorver ou demandar novas tecnologias varia amplamente com as diferentes condições econômicas de cada empresa, que busca resolver os problemas técnicos por diferentes trajetórias tecnológicas (DOSI, 1982), que podem ser comparadas com “fenômenos de longas ondas” (PEREZ, 1985), cujas direções ao desenvolvimento são cumulativas e autogeradoras, sem referenciar o ambiente externo à firma (PAVITT, 1984).

A essência dos pensamentos das longas ondas, segundo Schumpeter (1927), explica a dinâmica das inovações tecnológicas com base na teoria dos ciclos de vida dos negócios, a partir da quebra do equilíbrio econômico. De acordo com o autor, os longos ciclos resultam da conjugação ou da combinação de inovações, visto que se cria um setor líder na economia, ou um novo paradigma, o qual impulsiona um rápido crescimento da economia.

O movimento das ondas, identificado por Schumpeter (1927), é estimulado por um impulso inicial fundamentado pelas mudanças industriais e comerciais. Ainda segundo Schumpeter (1927), há uma independência entre os ciclos quando desencadeiam os “booms”. Os movimentos de “boom” são constituídos por fatores como baixo preço dos materiais, das máquinas e dos funcionários, os quais disponibilizam oportunidades de compras mais acessíveis.

Ao atender às necessidades do sistema capitalista, o conceito de inovação foi modificado por identificar novas experiências; os pensamentos dos autores clássicos (SCHUMPETER, 1927; 1934) foram ampliados pelos neo-schumpeterianos. O Quadro 2.1 apresenta diversos conceitos sobre inovação tecnológica, de acordo com os principais autores clássicos da literatura.

Compartilhando as idéias Schumpeterianas, Nelson e Winter (1982) compreendem a competição da tecnologia como uma força direcionadora do desenvolvimento capitalista, que mantém o monopólio na estrutura de mercado. Este modelo de Nelson e Winter (1982) compete por reinvestir os lucros obtidos em equipamentos e tecnologias mais produtivas, o que implica em uma grande dificuldade para obter fluxos de caixa, visto que as pequenas empresas iniciam o desenvolvimento sem nenhum recurso, para obter este equilíbrio entre o retorno do caixa e o investimento.

	AUTORES	CONCEITOS
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	<i>Schumpeter (1942)</i>	<i>A inovação pode ser compreendida como a adoção de um novo método de produção, de um novo produto, de uma nova forma de organização ou a conquista de um novo mercado.</i>
	<i>Carlota Perez (1985, p.4)</i>	<i>A inovação é a aplicação e difusão de técnicas específicas em uma esfera produtiva.</i>
	<i>Bengt-Åke Lundvall (1992, p. 8)</i>	<i>A inovação deve ser vista como uma nova combinação de conhecimento desenhado por diferentes fontes.</i>
	<i>Richard Nelson e Sidney Winter (1982)</i>	<i>É um fenômeno desigualmente distribuído pela população das firmas.</i>
	<i>Edwin Mansfield (1971, p.1)</i>	<i>É considerada como um sistema de avaliação.</i>
	<i>Giovanni Dosi (1982, p. 150)</i>	<i>A teoria da inovação é supostamente para explicar não somente o progresso técnico sobre os produtos/processos, mas para interpretar as maiores e menores quebras tecnológicas.</i>
	<i>Tidd et al. (1997)</i>	<i>É um processo de tornar as oportunidades dentro do uso prático.</i>
	<i>Utterback e Abernathy (1975)</i>	<i>O processo de inovação pode ser definido como a introdução de novos elementos dentro da estrutura organizacional com objetivo de reduzir os custos e/ou aumentar a qualidade dos produtos.</i>
	<i>Galanakis (2006, p. 1223)</i>	<i>A criação de novos produtos, processos, conhecimento ou serviços pelo uso de novos ou conhecimentos científicos ou tecnológicos pré-existentes, os quais promovem um grau de inovação para quem desenvolve, para o setor da indústria, para a nação ou para o mundo, de modo a ser um sucessor no mercado.</i>
	<i>Marinova e Phillimore (2003, p.44)</i>	<i>Um processo criativo envolvendo uma variedade de atividades, participantes e interações, cujo resultado é um produto ou processo tecnológico.</i>

**Quadro 2.1** – Evolução do conceito de inovação tecnológica

Os ideais econômicos neo-schumpeterianos, com processos dinâmicos, desencadeiam as transformações econômicas qualitativas, que são dirigidas por introduzir inovação nas formas multifacetadas, e projetam os processos co-evolucionários (HANUSCH; PYKA,

2007). Com estas transformações, as empresas modificam suas estruturas internas, a partir da incorporação de novas tecnologias. Como afirma Mansfield (1971, p.1),

As mudanças tecnológicas são um importante, se não o mais importante, fator responsável pelo crescimento econômico. Sem questionar, este é o mais importante determinante do modelo e evolução da economia americana.

Com as contribuições de Solow (1956), o Modelo Neoclássico de Crescimento Econômico caracteriza o progresso tecnológico por meio de variáveis externas ao contexto da economia. Em um segundo trabalho, Solow (1974) comprova que o progresso tecnológico foi o maior responsável pelo crescimento da economia americana. Reescrevendo a teoria do crescimento econômico, as contribuições de Romer (1990) e Mansfield *et al.* (2002) incorporam os retornos crescentes de escala no progresso tecnológico como um procedimento de acumulação de capital para empresas que desenvolvem P&D.

De acordo com Freeman (1987) e Fagerberg (2002), o processo da inovação e a difusão da tecnologia têm um enfoque sistêmico; a visão sistêmica de inovação é holística e a informação circula em múltiplas direções dentro de uma interação com perspectivas variáveis em um sistema dinâmico (COOKE *et al.*, 1997).

As mudanças estruturais, advindas da inovação tecnológica, podem ser consideradas como impulsos iniciais necessários para articular efeitos em uma estrutura microeconômica e, por conseguinte, influenciar toda uma cadeia ocasionada pela inter-relação dos processos. A teoria da produção dinâmica, citada no trabalho de Landesmann e Scazzieri (1996), é baseada nos sistemas de produção, nos fluxos de entrada e saída dos processos produtivos, com uma complexa estrutura, que emerge de uma decomposição dos processos no nível da tarefa ou na perspectiva do sistema econômica macro, por redes ou subsistemas.

Em uma perspectiva micro, a inserção de novas tecnologias expande as restrições do sistema produtivo e promove a ascensão para um novo seqüenciamento das operações produtivas. Destas mudanças derivam uma análise econômica que, em particular, está relacionada à escala de produção e à especificação do processo produtivo; ao se concentrar na escala dos processos, o sistema produtivo desloca o potencial e a capacidade produtiva das atividades internas (LANDESMANN; SCAZZIERI, 1996). Um novo fluxo de materiais e processo é desencadeado para sincronizar, sequenciar e coordenar as funções referentes a este sistema micro. Em síntese, é possível sistematizar o tema inovação tecnológica em três

perspectivas conceituais: (a) concorrência schumpeteriana; (b) mudança estrutural; (c) coordenação do processo de produção.

Quando se refere a um enfoque sistêmico, Fagerberg (2005) conceitua os sistemas como um conjunto de atividades que são interligadas, o que conduz a um foco sobre o trabalho de interligar diversos sistemas. A raiz deste tema é discutida no tópico seguinte, para avaliar os diferentes procedimentos que a empresa pode utilizar para interagir com o ambiente, desde os modelos até uma visão sistêmica.

### **2.3 Tipos de inovação tecnológica**

As inovações apresentam-se sob diferentes tipos porque abrangem diversas áreas do conhecimento. A partir disso, surge a necessidade de ampliar o seu conceito e estabelecer o critério a ser adotado quando da classificação, visto que as inovações são conceituadas de acordo com o seu objeto (TIDD; BESSANT; PAVITT, 1997).

A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), referenciada pelo manual de Oslo, apresenta uma evolução do conceito para caracterizar o tipo de inovação. Inicialmente, o foco era a referência em inovação Tecnológica de Produto e Processo (TPP), complementada por edições com novas e substanciais melhorias no produto ou no processo das inovações (OCDE, 1992, 1997).

Edquist (2005) também classifica a inovação tecnológica em duas vertentes: inovação de produtos ou de processos. Os processos de inovação de produtos constituem-se por novos bens materiais, bem como novos serviços tangíveis. Enquanto que, para inovação de processos, é possível classificar novos caminhos de produção de bens e serviços, visto que podem ser melhorias nos aspectos tecnológicos ou organizacionais.

Diante do significativo destaque do setor de serviços na economia mundial, ao longo dos anos, observou-se o surgimento de novas classificações, na terceira edição das diretrizes do manual de Oslo, para as empresas deste setor (OCDE, 2005). Utilizado como diretriz para gerenciar o ambiente inovativo, subdivide os processos de inovação em quatro dimensões: (a) produto; (b) processo; (c) organizacional; e, (d) *marketing*.

- Inovação de produto: ocorre quando se introduz um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne às suas características ou aos usos previstos. Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes e materiais, *softwares* incorporados, facilidade de uso ou outras características funcionais;



- Inovação de processo: ocorre quando se desenvolve um novo método de produção ou quando uma nova distribuição seja significativamente melhorada. Incluem-se mudanças significativas de técnicas, equipamentos e/ou *softwares*;
- Inovação organizacional: ocorre quando se adiciona um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou nas relações externas da empresa e;
- Inovação de *marketing*: ocorre quando se implementa um novo método de *marketing* com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços.

Em outra perspectiva, as inovações podem ser caracterizadas em quatro categorias, conforme explicitam Francis e Bessant (2005) com os quatro P's inovação:

- Inovação de produto: mudanças nos produtos/serviços oferecidos por uma organização;
- Inovação processo: mudanças nos caminhos pelos quais os produtos/serviços são criados e transferidos;
- Inovação posicional: mudanças nos contextos nos quais os produtos/serviços são introduzidos;
- Inovação paradigma: mudanças fundamentais nos modelos que desenvolvem as estruturas das organizações.

Já para Schumpeter (1934), o conceito de inovação é formulado em cinco direcionadores: (1) introdução de novos produtos, que os consumidores não conheçam, ou com uma nova qualidade atribuída; (2) introdução de novos métodos de produção, ainda não testado no meio industrial, baseado em novas descobertas científicas; (3) exploração de novos mercados, em que o segmento da empresa não seja preexistente; (4) novos caminhos para desenvolvimento de novas fontes provedoras de matéria-prima e outros insumos, quando se obtém novos lançamentos; (5) criação de novas estruturas de mercado em uma indústria.

Considerando Garcia e Calantone (2002), a inovação consiste em apresentar diferentes perspectivas para atender às necessidades que, de acordo com Johannessen, Olson e Lumokin (2001), podem ser modeladas pelos fatores descontinuidade do mercado e/ou tecnológica, quando comparados com os demais produtos/serviços comercializados no mercado, diante de uma visão macro e micro.

Entende-se por perspectiva macro a capacidade de desenvolver uma inovação para criar uma troca de paradigmas na ciência, tecnologia e/ou estrutura de mercado. Por outro lado, a perspectiva micro apresenta um comportamento baseado na capacidade de inovar por meio dos recursos alocados no *marketing*, nas habilidades desempenhadas, no conhecimento ou na estratégia. (JOHANNESSEN; OLSON; LUMOKIN, 2001). Para compreender essa dinâmica interna, as inovações apresentam diferentes tipologias no escopo do desenvolvimento que serão apresentadas no tópico seguinte.

#### **2.4 Tipologias de inovações tecnológicas**

As tipologias das inovações apresentam diferentes critérios de classificação (GARCIA; CALANTONE, 2002), em sintonia com as mudanças estabelecidas no desenvolvimento das inovações (DOSI, 1982), com interações entre o mercado e a tecnologia, as quais se refletem na gestão organizacional e política econômica.

Com uma descrição clássica no trabalho de Dosi (1982), as mudanças técnicas dos processos de inovação apresentam duas classificações distintas: (1) continuidade e (2) descontinuidade. Quando se refere ao procedimento de continuidade da tecnologia, equivale ao processo da tecnologia do tipo incremental; ao analisar a descontinuidade da tecnologia, equivale ao procedimento tecnológico do tipo radical.

Assim sendo, as diferentes tipologias podem ser classificadas como procedimentos radicais ou incrementais (DOSI, 1982; DEWAR; DUTTON, 1986; ETTLIE; BRIDGES; O'KEEFE, 1984; SONG; MONTOYA-WEISS, 1998). Não obstante, esta classificação dicotômica pode ser alterada para outros conjuntos que revelam similaridades entre os conceitos (GARCIA, CALANTONE, 2002), porém com enfoques distintos ou até semelhantes.

Para Kleinschmidt e Cooper (1991), a inovação radical é o conjunto dos novos produtos e/ou serviços fornecidos de maneira inteiramente nova para o mundo e, de acordo com Song e Montoya-Weiss (1998), contempla altos riscos no desenvolvimento, visto que apresenta uma natureza nova, o que dificulta o processo comercial. A tendência do desenvolvimento inovativo é ser endereçado para uma demanda desconhecida (GARCIA; CALANTONE, 2002; SANDBERG, 2007), tendo um aspecto crítico pela necessidade de criar potenciais consumidores (BERTHON; MAC HULBERT; PITT, 2004). Obtendo-se êxito comercial tem-se, como resultado, o domínio temporário do mercado, por meio da estrutura de monopólio.

A inovação incremental, no entanto, considera melhorias moderadas nos produtos e processos dos negócios em vigor e, de acordo com Ettlíe, Bridges e Okeefe (1984), em comparação com a radical, exige poucos conhecimentos tecnocientíficos. Uma das principais características deste tipo de inovação, segundo Davila, Epstein e Shelton (2007), é extrair o valor máximo possível dos produtos e serviços existentes sem a necessidade de se fazer mudanças significativas ou de grandes investimentos no bojo do desenvolvimento com uma tipologia linear.

A inovação incremental não requer um complexo ambiente nas fases do desenvolvimento, apenas necessita de uma sinalização externa do mercado estimulada por meio da demanda. Para Dewar e Dutton (1986), este tipo de inovação exige pequenas melhorias nos produtos ou métodos de fabricação.

Com a função de aumentar a produtividade, para o economista Christopher Freeman (1997), a inovação incremental emerge da engenharia de produção aplicada ao “chão-de-fábrica”, uma vez que este tipo de inovação pode ser associado às diferentes formas de organizar um novo ambiente de trabalho. Balachandra e Frier (1997) observam que o departamento de *marketing* geralmente incentiva o desenvolvimento de inovações incrementais devido aos menores riscos.

Nas inovações incrementais, uma característica importante a ser considerada é a necessidade de mobilizar um grupo de profissionais menor que nos demais tipos de inovação. Isso resulta em atividades menos custosas, e pode prover resultados mais previsíveis (YIN; ZUSCOVITCH, 1998; ETTLIE; BRIDGES; OKEEFE, 1984), visto que são mais flexíveis (BALACHANDRA; FRIER, 1997) sem necessitar de profissionais especialistas (ETTLIE; BRIDGES; OKEEFE, 1984).

Já no caso de ocorrer adaptação da inovação produzida em outros países, apresenta-se uma nova estrutura de inovação. Este tipo de mecanismo ocorre com frequência, principalmente, em países emergentes, quando a inovação incremental é mais apropriada do que a radical (IYER; LAPLACA; SHARMA, 2006), o que possibilita atuar no mercado com baixo custo quando comparado com as demais empresas do mercado internacional. Ainda nesta linha de pensamento sobre países emergentes, Radas e Bozic (2009) revelam a importância da inovação para inserção das pequenas empresas na economia, tema que será discutido no próximo capítulo. O Quadro 2.2 ilustra os fatores e as dimensões necessárias para desenvolver os dois principais tipos de inovações.

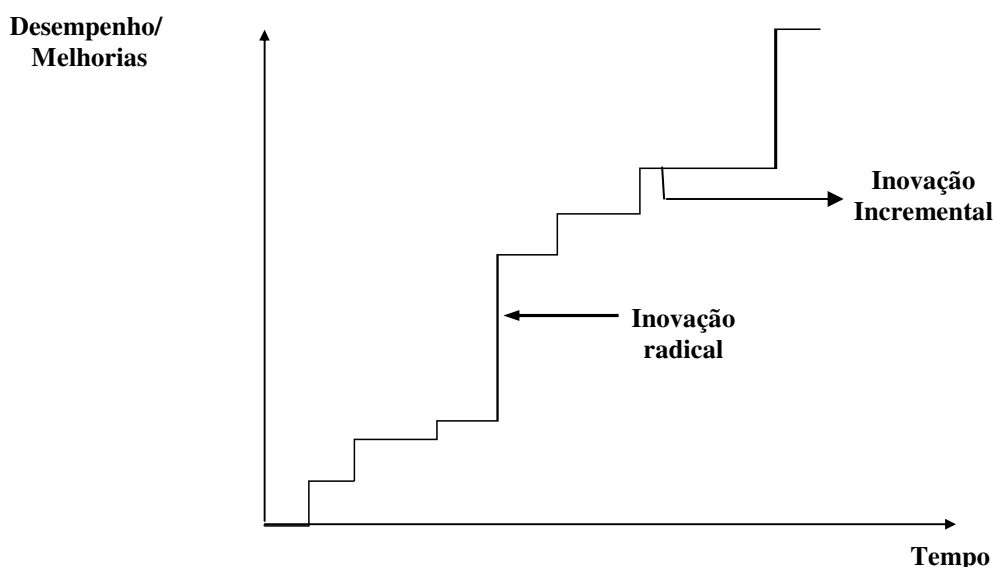
As inovações radicais causam descontinuidade tecnológica e alterações profundas no *marketing*, ambas sobre um nível macro e micro (GARCIA; CALANTONE, 2002). Já para as

inovações incrementais, as mudanças ocorrem somente no nível micro. Este é principal motivo citado por Banbury e Mitchell (1995) pelo qual empresas mais estabilizadas são mais lentas para responder às mudanças, pois estão em uma zona de equilíbrio e preferem riscos amenos, em processos inovativos.

FATORES	DIMENSÃO	INCREMENTAL	RADICAL
Internos	Recursos	Utiliza os recursos existentes	Realiza novas aquisições para promover todas as modificações no processo
	Conhecimentos	Necessita utilizar os conhecimentos internos (Competência de melhoria)	Exige um conhecimento completamente novo (Competência destruidora)
Externos	Mudanças tecnológicas	Envolve poucas mudanças tecnológicas	Implementa grandes avanços tecnológicos
	Impacto na competitividade	Pouca representatividade no mercado	Grandes avanços

**Quadro 2.2** – Os principais fatores internos e externos para cada dimensão das inovações

Ettlie, Bridges e Okeefe (1984) constataam que existe uma forte correlação entre a necessidade de um grupo de especialistas e a inovação radical, o que não ocorre para a inovação incremental. Também, esses autores observam que as inovações incrementais são desenvolvidas em organizações maiores e mais descentralizadas. A Figura 2.1 representa a evolução dos efeitos da trajetória da inovação em cada etapa.



**Figura 2.1** – As inovações radical e incremental na linha do tempo  
**Fonte:** Adaptado de Luecke e Ralph (2003, p. 4)

Com o objetivo de sumarizar, Garcia e Calantone (2002) sistematizam as várias tipologias quanto ao grau de inovação alinhando as estruturas das inovações, conforme o Quadro 2.3.

CARACTERIZAÇÃO DA TIPOLOGIA	FASES	AUTORES
<b>Dicotômicos</b>	Incremental/Radical	Dosi (1985); Schumpeter (1934); Balachandra e Friar (1997); Freeman (1994)
	Contínua/ Descontinua	Anderson e Tushman (1990)
	Evolucionárias/ revolucionárias	Cheesbrough e Teece (1996); Dewar e Dutton (1986)
	Original/ reformulada	Yoon e Lilien (1985)
	Realmente novo/incremental	Schmidt e Cantalone (1998); Song e Montoya-Weiss (1998)
	Instrumental/Final	Grossman (1970)
	Verdadeira/adoção	Maidique e Zirger (1984)
	Inovação/ reinovação	Rothwell e Gardiner (1988)
<b>Triangulares</b>	Radical/rotina	Meyers e Tucker (1989)
	Inovação baixa/ moderada inovação/ alta inovação	Kleinshmidt; Cooper (1991)
	Incremental/nova geração/ novo radicalmente	Wheelwright e Clark (1992)
<b>Tetra-angulares</b>	Incremental/ semi-radical/ radical	Davila, Epstein e Shelton (2007)
	Incremental/ arquitetural/ modular/ radical.	Henderson e Clark (1990)
	Incremental/ arquitetural/ fusão/ruptura	Tidd (1997)
	Criação de nicho/ Arquitertural/ regular/ revolucionária	Abernathy e Clark (1985)
	Incremental/ mercadologicamente evolucionária/ tecnologicamente evolucionária/ radical	Moriarty e Kosnik (1990)
<b>Pentangulares</b>	Incremental/ruptura de mercado/ ruptura tecnológica/ radical	Chandy e Tellis (2000)
	Sistemático/ maior/ menor/ incremental/ desconhecido (sem registro)	Freeman (1994)
<b>Octangulares</b>	Reformulado/ partes novas/ <i>remerchandising</i> / novas melhorias/ produtos novos/ usuários novos/ mercado novo/ consumidores novos	Johnson e Jones (1957)

**Quadro 2.3** –Tipologias de inovação tecnológica  
Fonte: Adaptado Garcia e Calantone (2002, p. 119).

Expandindo os pensamentos dos autores clássicos, Wheelwright e Clark (1992) identificam três classes para inovação de produtos: (1) incremental; (2) nova geração; (3) novo radicalmente. A dimensão nova geração é uma fase intermediária entre a inovação incremental e radical.

Nesta esfera das tipologias, Davila, Epstein e Shelton (2007) apresentam outra classificação com três dimensões, porém, com outro foco em relação aos autores anteriores: (a) incremental; (b) semi-radical; (c) radical. A estrutura da inovação semi-radical pode ser constituída por dois planos de sustentação: (a) orientadas para tecnologia e (b) orientadas por modelo de negócio.

Ampliando esse escopo, Henderson e Clark (1990) registram quatro subgrupos de inovações: (1) incremental; (2) arquitetural; (3) modular; (4) radical. Para esses autores, a inovação arquitetural significa uma reconfiguração do sistema para interligar os componentes existentes em busca de novos caminhos. A inovação modular apresenta amplas trocas dos conceitos de *design* sem trocar as arquiteturas dos produtos (HENDERSON; CLARK, 1990).

A inovação radical ocorre também no nível arquitetural (HENDERSON; CLARK, 1990). Isso significa que os componentes passam a ser organizados de uma forma radicalmente nova sem que ocorra uma mudança significativa na tecnologia subjacente. As atividades de pesquisas e desenvolvimento (P&D) são decisivas na contribuição para as inovações radicais, afirma Freeman (1997).

A partir das tipologias das inovações, as empresas formulam estratégias, de acordo com os objetivos propostos, para interligar as necessidades do ambiente e as competências organizacionais.

## **2.5 Modelos de inovação tecnológica**

Os modelos de inovação tecnológica surgem para representar uma realidade do ambiente inovativo por meio do nível de interação, colaboração e difusão entre os diferentes atores, para realizar o desenvolvimento e transferir o conhecimento. De acordo com Rosenberg (1982), parte-se de estruturas simples até estruturas complexas para interagir com o ambiente dinâmico, pois a gênese dos modelos é constituída por uma caixa preta.

Com o passar dos anos, os modelos foram alterados com o objetivo de conseguir captar as dinâmicas do mercado e as complexas relações da empresa. Entre as décadas de 1960 a 1970, a abertura para estimular o P&D e, conseqüentemente, o desenvolvimento de novos produtos/ processos, despertou o interesse para abrir a caixa preta dos modelos de inovação, conforme apontam Marinova e Phillimore (2003).

A evolução destes modelos é demarcada pela transposição de uma seqüência de modelos lineares para modelos complexos interativos. Para Rothwell (1992,1994) são cinco os modelos do processo de inovação: (1) modelo linear com a tecnologia puxada pelo mercado; (2) modelo linear com a tecnologia empurrada pelo mercado; (3) modelo com a teoria acoplada e interligada com o processo de inovação; (4) modelo paralelo que consiste

em formar alianças e interações do processo de inovação e, (5) modelo com sistemas de integração e redes no processo de inovação.

Por outro lado, a classificação apresentada por Marinova e Phillimore (2003) apresenta seis formas de modelo de inovação: (1) modelo da caixa preta; (2) modelo linear; (3) modelo interativo; (4) modelo sistêmico; (5) modelo evolucionário; (6) ambiente da inovação.

Para fins do presente trabalho, considerou-se que os principais modelos para representar o processo de inovação são os seguintes: (1) modelo linear (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998; ROTHWELL, 1992; MARINOVA; PHILLIMORE, 2003); (2) modelo de elos de cadeia ou modelo de *Kline* (KLINE; ROSEBERG, 1986); (3) modelo do ciclo/ modelo sistêmico de inovação ( MARINOVA; PHILLIMORE, 2003).

### **2.5.1 Modelo linear de inovação**

O modelo linear de inovação é traçado pelo desenvolvimento puro ou da ciência básica, por meio da ciência aplicada em todas as áreas do conhecimento. A proposta deste modelo parte da premissa de que todas as etapas são originadas por meio das descobertas (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998).

Uma grande desvantagem deste modelo é retratar o desenvolvimento da inovação de maneira simples, pois este processo não reflete o que os cientistas, os inventores e os inovadores executam na prática (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998). O caminho do desenvolvimento da inovação pode ser trilhado por duas categorias quando relacionado pelas estruturas de mercado, como propõe Dosi (1982): (1) empurrado pela descoberta científica (*science-push*) e (2) puxado pela procura (*demand-pull ou market-pull*).

A tecnologia empurrada por descoberta científica é desenvolvida de maneira independente de qualquer fator, consoante Dosi (1982). A tecnologia emerge no mercado sem atender a nenhuma necessidade específica demandada e, assim, o direcionamento das inovações define os nichos do mercado propícios para implementação.

Por outro lado, a tecnologia puxada pela procura é um desenvolvimento decorrente de forças do mercado (DOSI, 1982) para atender às necessidades dos usuários. Para sumarizar, neste tipo de estrutura de mercado, existem três fraquezas básicas: (1) um conceito passivo e mecânico de reatividade das mudanças técnicas *vis a vis* às condições de mercado; (2) a incapacidade das definições dos porquês e como surge um determinado desenvolvimento em vez de outros e de um determinado tempo em vez de outro; (3) a negligência das mudanças em relação ao tempo, dentro de uma capacidade inventiva, que não conduzem a qualquer relacionamento direto com as condições de mudanças no mercado.

Ambos os modelos assumem que as inovações são resultado de um processo linear, por diferentes estágios, e delineados por uma ordem seqüencial, e somente consideram as fontes da inovação de maneira interna à organização, desconsiderando a importância do relacionamento e interações com os demais agentes da cadeia produtiva.

### **2.5.2 Modelo dos elos da cadeia**

O modelo dos elos da cadeia tem como função considerar as aplicações e as respectivas conseqüências para transferir a difusão do conhecimento no ambiente inovativo entre diferentes processos produtivos. Esta transferência pode existir entre companhias com fronteiras nacionais e internacionais ou até entre países (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998). Segundo Rosenberg (1986), esse modelo tem como principal objetivo interligar todos os elos existentes de uma cadeia de conhecimento, uma vez que cria novos conhecimentos por meio de pesquisas e, em seguida, estes processos inovativos podem ser desenvolvidos de maneira aprofundada.

Neste modelo, o processo inovativo é resultado de interação simultânea de conhecimento com três funções internas: a pesquisa e desenvolvimento; a manufatura; e o *marketing*. Com esta cadeia de relações apresentam-se diversos *feedbacks* entre as diferentes fases do desenvolvimento do produto e das fontes de conhecimentos externas à firma (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998; KLINE; ROSENBERG, 1986).


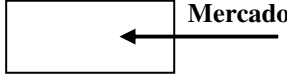
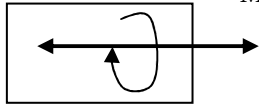
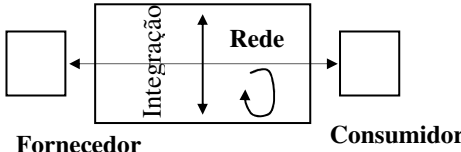
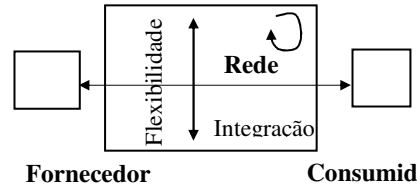
A vantagem deste modelo é caracterizada pelos *loops* contemplados nos *feedbacks* dos sistemas inovativos (GALANAKIS, 2006; KLINE; ROSENBERG, 1986), o que torna o modelo mais consistente, porque alinha as necessidades do mercado e da demanda citadas no trabalho de Preez e Louw (2008).

### **2.5.3 Modelo do ciclo de inovação**

O modelo do ciclo de inovação tem como objetivo desenvolver inovações por meio de redes com outras empresas, instituições de ensino, centros de pesquisas, fundações governamentais. A aproximação deste modelo contempla a interação dos vários elementos do processo de inovação. É concebido pelos *feedbacks* dos produtos, os quais definem o mercado potencial por meio do processo de melhoria contínua (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998). Este modelo interliga todas as atividades das empresas, organizadas de acordo com o processo de desenvolvimento do produto. As atividades inovativas dependem dos fluxos de conhecimentos entre as unidades da firma e os sistemas de inovação.

O Quadro 2.4 apresenta as principais definições, para cada geração das forças impulsionadoras dos modelos de inovação tecnológica, com as respectivas figuras para ilustrar o relacionamento entre os agentes.



GERAÇÃO	MODELOS	PERÍODO	ILUSTRAÇÃO	DEFINIÇÃO	AUTORES
1 geração	Linear	1950/1960	<p><b>Empresa</b></p> 	Para este modelo linear, as empresas empurram sua tecnologia para o mercado, porém a demanda é desconhecida. Este movimento da inovação ocorre enfatizando a tecnologia.	1, 2
2 geração	Linear	1970	<p><b>Empresa</b></p> 	Neste modelo linear, as necessidades do mercado ou necessidades tecnológicas e da ciência são conhecidas e o trabalho é voltado para atendê-las. O fluxo da informação parte da fonte do mercado para direcionar o desenvolvimento.	1, 2
3 geração	Interativo (elos de cadeia)	1980	<p><b>Empresa</b></p> 	O modelo acoplado é estimulado pelas influências das capacidades tecnológicas e das necessidades do mercado dentro da estrutura de inovação da firma com a função de racionalizar esforços. Resulta em uma estratégia corporativa para fornecer um portfólio de produtos consolidado. O conhecimento base da ciência, a tecnologia e o mercado são determinantes para o sucesso da inovação	3, 7
4 geração	Interativo (elos de cadeia/ Redes)	1990		Estes modelos emergem para atender a carência da integração funcional entre os modelos lineares e relaciona a pesquisa de desenvolvimento, manufatura e mercado. As aproximações dos processos de inovação apresentam-se como atividades em paralelos por meio das funções organizacionais, embora este modelo interativo não consiga explicar o processo de inovação como um todo.	4, 6
5 geração	Interativo (elos de cadeia/ Redes)	1990/		Os modelos foram originados para explicar a complexidade dos processos inovativos por meio das redes e a integração dos sistemas, partindo para garantir flexibilidade e velocidade no desenvolvimento. A principal característica é a influência por agentes externos ao ambiente e a efetiva comunicação para gerenciar <i>links</i> entre todos os participantes da cadeia, o que torna o ambiente complexo, por representar os fornecedores e os colaboradores como fontes da inovação.	4, 5, 6

**Quadro 2.4** – Evolução das forças impulsionadoras para os modelos de inovação

**Fonte:** Elaborada a partir dos autores (1) Padmore, Schetze e Gibson (1998); (2) Rothwell (1992); (3) Marinova e Phillimore (2003); (4) Malecki e Tootle (1996); (5) Preez e Louw (2008); (6) Galanakis (2006); (7) Kline e Rosenberg (1986).

## 2.6 Sistemas de inovação tecnológica

Sistema tecnológico de inovação é um conjunto de redes de atores e instituições que interagem em um específico campo tecnológico e contribuem para geração, difusão e utilização da variação de novas tecnologias e/ou novos produtos (MALERBA, 2002; EDQUIST, 2005).

Uma perspectiva importante é analisar a inovação para diferentes níveis sistêmicos e diferentes análises de propostas (MARKARD; TUFFER, 2008). Cabe avaliar o sistema como nacional (NELSON *et al.*, 1993), regional (COOKE *et al.*, 1997; ASHEIM; GERTLER, 2005), setorial (MALERBA, 2002), *Cluster* (WEVER; STAM, 1998) e internos (subsistemas), como no trabalho de Landesman e Scazzieri (1996).

Os agentes de um sistema são caracterizados pelos processos de conhecimento específicos, competências, objetivos, estruturas organizacionais e comportamento, os quais interagem por meio de processos de comunicações e cooperações entre os elos. O Quadro 2.5 apresenta uma sistematização dos conceitos sobre os sistemas em diferentes perspectivas.

SISTEMAS	CONCEITO	AUTORES
Nacional	São todos os fatores econômicos, sociais, políticos, organizacionais, institucionais que possam influenciar nos processos de desenvolvimento, de difusão e dos processos usuais da inovação.	Equist (2005, p. 182)
Regional	Sistemas regionais de inovação representam uma interação entre sistemas com aglomeração de indústria em uma área geográfica específica.	OCDE (2005)
Setorial	Um grupo de empresas que desenvolve e produz produtos para um setor específico que gera e utiliza tecnologia naquele setor.	Malerba (2002)
Pólos Tecnológicos	Pólos tecnológicos são caracterizados pela intensidade da interação da inovação entre as firmas do pólo com a subcontratação vertical relacionando firmas externas que não pertencem ao local.	Ashein e Gertler (2005)
<i>Cluster</i>	<i>Cluster</i> consiste no relacionamento entre as indústrias de maneira vertical (compradores/fornecedores) ou horizontal (consumidores comuns, tecnologias, canais etc.) com uma importante concentração geográfica para desenvolver inovação.	Porter (1990, p. 149)

**Quadro 2.5** – Sistemas inovativos em diferentes perspectivas

O desenvolvimento ou adoção de novas tecnologias é, em sua gênese, um processo de colaboração entre vários tipos de instituições e entidades que formam uma complexa teia de relacionamentos para promover as atividades inovadoras. A partir deste contexto sistêmico, os

indicadores são escalas mensuráveis que quantificam as correlações existentes entre medidas comuns usadas para caracterizar sistemas de inovação.

### 3 Mensuração de um sistema inovativo

A inovação é constituída por uma arena que envolve novidade multidimensional nos aspectos de aprendizagem ou conhecimento organizacional, o que dificulta o processo de mensuração (SMITH, 2005). Nesta arena, o detalhamento das informações sobre os avanços tecnológicos é necessário, para que sejam selecionadas as inovações promissoras com retornos econômicos e, também, para o gerenciamento de estratégias operacionais eficientes (ARCHIBUGI; PIANTA, 1996).

Os sistemas de inovação tecnológica são caracterizados por fenômenos de natureza complexa. Ancorado na complexidade do sistema de inovação, Smith (2005) alerta que esta característica não impede a quantificação das dimensões-chave dos processos, assim como dos *outputs*, os quais devem ser utilizados como medidas de comparação entre empresas e processos.

Com o objetivo de mensurar a inovação, os indicadores são essenciais para avaliar os investimentos e o desempenho das atividades inovativas, para que, em seguida, os gestores tenham possibilidade de balizar o gerenciamento da organização com parâmetros adequados para capturar, em particular, o desenvolvimento inovativo das empresas (HAGEDOORN; CLOODT, 2003).

Na busca pela quantificação do desempenho, o processo inovativo pode ser sistematizado por indicadores de entrada, de processos e de saída. Com esta visão macro, os processos são transformações de insumos combinados com elementos da estrutura produtiva, conforme a Figura 2.2.



**Figura 2.2** – Estrutura para avaliação do processo de inovação por indicadores

Os indicadores inovativos são representações quantitativas do desempenho das atividades nas organizações. Em uma visão ampla, o desempenho inovativo pode contemplar medidas em todos os estágios do processo, delineados pela trajetória desde a concepção da

idéia até a implementação no mercado (HOLLENSTEIN, 1996; ERNST, 2001; HAGEDOORN; CLOODT, 2003).

Mensurar o desempenho é realizar comparações com padrões de indicadores de empresas semelhantes; vantagens são adicionadas, sobretudo, quando se utilizam múltiplos indicadores, como afirmam Hagedoorn e Cloodt (2003), o que possibilita fornecer uma variedade de composição de medidas.

Para classificar a natureza inovativa de uma empresa, o critério comum é distinguir os indicadores como entradas (*inputs*) e saída (*outputs*) do sistema inovativo (HAGEDOORN; CLOODT, 2003; FLOR; OLTRA, 2004). Outro critério mais amplo é incluir os indicadores do processo para que se possa abrir a caixa preta (ROSENBERG, 1982; MARINOVA; PHILLIMORE, 2003) pela ótica do subsistema.

Os indicadores de entrada consistem no consumo e dispêndio dos recursos em P&D (HAGEDOORN; CLOODT, 2003), bem como no recurso humano mobilizado para compor este desenvolvimento (JACOBSSON *et al.*, 1996). Este tipo de indicador aponta as competências inovativas das empresas que afetam os seus respectivos desempenhos tecnológicos, os quais refletem nos resultados ao longo do processo.

Por outro lado, os indicadores dos processos precisam ser monitorados, porque atuam nos componentes de entrada e saída de um sistema, sendo muito utilizados no auxílio às possíveis falhas nas atividades e ferramentas do processo de inovação.

E, por fim, os indicadores de saída mensuram, por meio do processo de gestão da inovação, os resultados (FLOR; OLTRA, 2004), visto que representam o quanto uma empresa pode obter em retornos financeiros, pelo desenvolvimento inovativo com aquisição de tecnologias (AHUJA; KATILA, 2001). O indicador mais comum na literatura é o indicador de patente. As patentes são úteis para que as firmas se protejam industrialmente (ARCHIBUGI; PIANTA, 1996) antes mesmo da comercialização. Hagedoorn e Cloodt (2003), no entanto, recomendam a utilização de patentes apenas para setores de alta tecnologia.

Numa análise mais consistente, quando se utiliza o indicador de patentes, é importante considerar o sistema setorial, pois existem descompassos de desenvolvimento entre as distintas áreas de conhecimentos. Moser (2005) afirma que esta medida depende da regulamentação do ambiente e do setor específico da indústria considerado.

O indicador de patente não significa comercialização dos produtos/processos/serviços desenvolvidos, representando apenas um registro em perspectiva nacional ou internacional da inovação (HAGEDOORN; CLOODT, 2003; FLOR; OLTRA, 2004; ARCHIBUGI; PIANTA,

1996; COEH *et al.*, 2002). Neste caso, a patente nem sempre é um indicador de inovação representativo, pois existem patentes que não são comerciais. Em um estudo empírico, Moser (2005) confirma que de 5% a 20% das patentes se tornam economicamente viáveis.

Os indicadores mais tradicionais das firmas com atividades tecnológicas têm sido baseados na análise de informações sobre gastos com P&D e dados de patentes (FLOR; OLTRA, 2004), agregados ao número de publicações científicas e ao número de componentes da equipe de P&D (cientistas, engenheiro). Contudo, a principal medida considerada por Griliches (1990) é a relação entre o número de patentes e os gastos em P&D na dimensão *cross-setorial*, visto que ela sinaliza as diferenças existentes nas atividades inovadoras entre as empresas dos diferentes setores e, sobretudo, fortalece o nível de conhecimento disponível pela empresa como uma variável de entrada. Neste sentido, Bound *et al.* (1994) comparam os gastos de P&D com o número de patentes para os EUA. Já Hagedoorn e Cloudt (2003) confrontam os gastos de P&D, a soma das patentes, a citação de patentes e os novos produtos para os setores de defesa e aéreo, máquinas, farmacêutico, eletrônico, no período de 1992-1999, também para companhias americanas.

Os gastos com P&D incorporam as despesas com aquisição tecnológica, sobretudo a aquisição de novos equipamentos ou processos para desenvolver as inovações (AHUJA; KATILA, 2001). Em decorrência deste investimento, as despesas com P&D têm a finalidade de aumentar o estoque de conhecimentos técnicos e científicos, visando aprimorar a resolução dos problemas internos da organização.

Durante a fase da invenção, o número de publicações é uma medida adequada de difusão de conhecimento (COHEN *et al.*, 2002; NELSON, 2009), assim como um importante canal de informação para o desenvolvimento de novas pesquisas (COHEN *et al.*, 2002), tendo em vista que cada medida depende da estrutura organizacional, da idade da firma e da sua localização geográfica (NELSON, 2009). No entanto, este tipo de estratégia não é muito comum em todas as áreas do conhecimento, em particular, na biotecnologia (MURRAY; STERN, 2007).

A inovação é um processo complexo e a escala de atividades requeridas para inovação pode variar consideravelmente (OLSO, 2005), dependendo de cada sistema inovativo. Para ilustrar essa variedade de indicadores, o Quadro 2.6 apresenta uma sistematização de trabalhos com os principais indicadores utilizados para quantificar os processos de inovação tecnológica.

SISTEMA PRODUTIVO	INDICADORES	DEFINIÇÃO	UNIDADE	AUTORES
ENTRADA	Capital investido em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D)	Percentual investido em pesquisa e desenvolvimento (P&D)	R\$/ano	1, 2, 3,5, 10
	Tamanho da equipe envolvida no processo de inovação	Número de funcionários envolvidos no processo de inovação	Num.	5
	Número de funcionários da empresa	É o número total de funcionários disponíveis na empresa	Num.	7, 10
	Anos de experiência	É o tempo de dedicação que o proprietário e/ou o coordenador da equipe tem na área	Anos	4
	Número de colaboração (cliente, fornecedor, universidades)	É o nível de colaboração entre os participantes da cadeia de suprimentos da empresa	Num.	5, 9
	Número de consultores	É o total de consultores externos para auxiliar no desenvolvimento	Num.	13
	Idade da firma	É o período indicado em anos da organização	Anos	8
SAÍDA	Divulgação (núm. de publicações)	É o número de pesquisas científicas divulgadas na sociedade	Quantidade	8, 9
	Patentes	É um indicador que protege industrialmente o desenvolvimento	Patentes	1, 5, 6, 9, 10
	Retorno sobre o investimento (ROI)	É uma taxa de retorno sobre o capital investido	% a.a.	12
	Número de produtos lançados	É a representação numérica do desenvolvimento inovativo	Unid	1
	<i>Market Share</i>	É a participação do produto no mercado	%	11
	Faturamento do produto/processo inovativo	Avaliar a viabilidade comercial do desenvolvimento	R\$/ano	12

**Quadro 2.6** – Sistematização dos principais indicadores para avaliar o ambiente inovativo

**Fonte:** Elaborados a partir dos autores (1) Hagedoorn e Cloudt (2003); (2) Hollenstein (1996); (3) Kleinknecht (1987); (4) Coombs; Narandren; Richards (1996); (5) Flor e Oltra (2004); (6) Archibugi; Pianta (1996); (7) Jacobsson *et al.* (1996); (8) Nelson (2009); (9) Coeh *et al.* (2002); (10) Ahuja e Katila (2001); (11) Guan *et al.* (2006); (12) Trizotto e Geisler (2009); (13) Evagelista *et al.* (2001).

### 3.5 Estratégias tecnológicas

A dinâmica dos processos inovativos é apresentada como direcionador chave das mudanças tecnológicas e estruturais do mercado e da firma (SCHUMPETER, 1934; UTTERBACK, 1994). Em função deste dinamismo, as estratégias são concebidas como elementos determinantes, que constantemente se adaptam para atender e interagir com necessidades do ambiente (PRAHALAD; HAMEL, 1990).

Com a análise do ambiente interno e externo, a empresa consegue identificar novas oportunidades para atuar e priorizar os resultados, haja vista que a seleção da estratégia visa fortalecer a competitividade da organização perante o mercado, em especial nos ambientes inovativos caracterizados pela incerteza (MINTZBERG, 1973).

Ettlie, Bridges e Okeefe (1984) caracterizam o conjunto e a seqüência necessária para que sejam adotadas as atividades com caráter inovativo, em que a formulação das estratégias diferenciadas é desenvolvida para suprir as necessidades das inovações com características radicais. Em contrapartida, as tradicionais estratégias são direcionadas para as inovações incrementais (ETTLIE; BRIDGES; OKEEFE, 1984). Ao adotar inovação radical, a empresa necessita reformular todo o processo de desenvolvimento, o que requer elevados investimentos, afirmam Dewar e Dutton (1986).

O desencadear de estratégias depende do alinhamento dos fatores que podem impulsionar o desenvolvimento tecnológico. As atividades de inovação podem ser afetadas por vários outros fatores que interferem na capacidade de absorção dos novos conhecimentos e tecnologias para derivar na capacidade inovativa da empresa (OLSO, 2005). O processo de inovação pode ser influenciado por fatores internos e externos à organização, conforme ilustrado na Figura 2.3.



Figura 2.3 – Agentes influenciadores de estratégias

Com base na influência dos fatores na composição da estratégia para a inovação tecnológica, Freeman (1974) classifica as empresas segundo seis tipos – ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, oportunista e tradicional. Cada tipo de estratégia está correlacionado com o posicionamento da empresa no mercado.

### **3.5.1 Estratégia baseada em fatores internos e externos**

Os fatores internos e externos são elementos centrais para desenvolver atividades inovativas (VEJA-JURADO *et al.*, 2008) e podem ser analisados para compreender o funcionamento interno da caixa preta do sistema produtivo (GALENDE; FUENTE, 2003).

Em consonância, Vega-Jurado *et al.* (2008) sistematizam o conhecimento em duas estruturas básicas: (1) fatores internos – competência tecnológica – significam competências derivadas das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D); (2) fatores externos – as oportunidades tecnológicas industriais; métodos de proteção legal; métodos de proteção estratégica – são variáveis relacionadas com a disponibilidade dos recursos para desenvolver os avanços tecnológicos.

Radas e Bozic (2009) afirmam que a colaboração com outras empresas é um importante esforço no processo da inovação, se referindo ao relacionamento entre fornecedores e clientes.

Para Hoffman *et al.* (1998), os fatores internos são importantes para o desenvolvimento das atividades inovativas e sucesso econômico, merecendo destaque a base do conhecimento dos funcionários, a alta qualidade técnica para recrutar, a incidência para disponibilizar departamento de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a formalização dos procedimentos internos.

Em relação à base estrutural do desenvolvimento, Tidd, Bessant e Pavitt (1997) consideram que a velocidade do desenvolvimento dos produtos depende da política de risco, da capacidade tecnológica e da estrutura organizacional da empresa. Em outra pesquisa, Dodgson (1992) cita os esforços das atividades, o nível de envolvimento do setor de *marketing* no planejamento dos produtos e a competência técnica no gerenciamento da tecnologia como fatores internos essenciais para o sucesso das atividades inovativas. Já Radas e Bozic (2009) destacam a importância da qualificação técnica dos cientistas e engenheiros.

Galende e Fuente (2003) investigam os fatores internos determinantes em uma organização para desenvolver atividades inovativas, para uma amostra de 152 companhias na



Espanha. De uma maneira didática, estes autores afirmam que os processos de inovação emergem sob dois pilares: (1) os fatores tangíveis (tamanho; financiamento); e, (2) os fatores intangíveis (recursos humanos; recursos comerciais; recursos organizacionais).

No contexto inovativo interno dos fatores tangíveis, merece destaque a variável tamanho organizacional (TIDD; BESSANT; PAVITT, 1997). As pequenas empresas têm apresentado grande destaque na literatura por serem mais inovadoras, conforme apontam Kaufmann e Todtling (2002). A estrutura organizacional mais flexível (GALENDE; FUENTE, 2003; CORONDO *et al.*, 2008) atrelada à facilidade de comunicação e controles estratégicos (KAUFMANN; TODTLING, 2002), à experiência do proprietário (ACAR, 1993) e ao alto grau de inovação do ambiente (MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009) despontam como elementos chave para isso. Observa-se, por outro lado, que empresas mais velhas, apesar de muitas vezes serem mais fortes e experientes, normalmente, apresentam maior resistência aos processos inovativos. Isso pode ser explicado pela ausência de espírito empreendedor e de habilidades específicas para o desenvolvimento de inovações nas organizações (RADAS; BOZIC, 2009).

Por outro lado, Kamien e Schwartz (1982) indicam que as grandes empresas são mais inovadoras, devido à estrutura organizacional mais adequada, capacidade de financiar grandes pesquisas com alto potencial, qualificação do corpo de funcionários (UZUN, 2001) e redução de custos (YIN; ZUSCOVITCH, 1998) obtida por meio dos ganhos de escala.

Comparando o comportamento organizacional, Yin e Zuscovitch (1998) revelam que as grandes empresas investem mais em inovação por processo. Enquanto isso, as pequenas tendem a investir mais em pesquisas para desenvolver novos produtos, principalmente no que tange às tecnologias radicais.

Outro fator de natureza tangível é o financiamento (GALENDE; FUENTE, 2003), caracterizado como um dos problemas inerentes às atividades inovativas nas empresas, principalmente quando é associado aos riscos e, em alguns casos, pode até ser classificado como barreira à inovação como citado no trabalho de Kaufmann e Todtling (2002).

A análise dos recursos intangíveis aponta para um desafio mais árduo no que tange à mensuração. De acordo com a literatura internacional e nacional, as principais variáveis são: recursos humanos (GALENDE; FUENTE, 2003), recursos comerciais (HOFFMAN *et al.*, 1998; KAUFMANN; TODTLING, 2002) e recursos organizacionais (GALENDE; FUENTE, 2003). O Quadro 2.7 apresenta a conclusão de diversos autores, algumas vezes discordantes dependendo da amostra e do contexto avaliado.

AMBIENTE	RECURSOS	VARIÁVEIS	AUTORES																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
INTERNO	Tangíveis	Tamanho	+	+	+	+	+	+					+	+	+		+		+			
		Financiamento	+													+	-				+	
		Idade da empresa				+		-								-			+		-	
		Crescimento das vendas				+				-		+						+				
		Aquisição de novas tecnologias					+					+										
		Estrutura de capital						+														
		Custo da implementação																				
	Intangíveis	Qualificação dos recursos humanos					+	+		+			+				+					
		Anos de experiência							-									+				
		Flexibilidade no gerenciamento		+									+			+					+	
		Comunicação interna									+											
		Estratégia diversificação		-				+						+				+				
		Burocracia																				
EXTERNO	Tangíveis	Idéias					+															
		Acesso a novos mercados	+					+					+									
		Universidade			-		+					+				+		+	+	+	+	
		Consultoria	+																			
		Certificações																				
		Segmento industrial			+	+								+	+					-		
		Parcerias com os concorrentes				+					+											
		Parcerias com os fornecedores				+	+				+				+	+					+	+
	Parcerias com os clientes (ou consumidores)				+	+				+				+	+					+	+	
	Intangíveis	Localização geográfica (nacional, setorial, regional)						+				+										
		Sugestões dos fornecedores								-	+											
		Sugestões dos clientes									-	+										
		Estrutura do mercado					+				+											

**Quadro 2.7** – Influência dos fatores tangíveis e intangíveis para o fenômeno inovativo

Fonte: Elaborado a partir (1) Galende e Fluente (2003); (2) Veja-Jurado *et al.* (2008); (3) Su, Tsang e Peng (2009); (4) Koc e Ceylan (2007); (5) Coronado *et al.* (2008); (6) Acar (1993); (7) Becker e Peters (2000); (8) Cohen e Levinthal (1990); (9) Freel (2003); (10) Herrera e Nieto (2008); (11) Ali (1994); (12) Kumar e Saqib (1996); (13) Jong e Vermeulen (2006); (14) Himmelberg e Petersen (1994); (15) Loof e Heshmati (2002); (16) Audretsch; Lehmann; Warning (2005); (17) Almeida, Dokko e Rosenkopf (2003); (18) Becker e Dietz (2004)

Nos países de economia em desenvolvimento, as pequenas empresas iniciam com um baixo nível de experiência organizacional, gerencial e corporativo. Com base nos resultados da economia de transição emergente da Croácia, Radas e Bozic (2009) constataram que as empresas precisam adotar novas práticas e habilidades nestas três áreas (RADAS; BOZIC, 2009), as quais têm efeitos positivos sobre a inovação.

Com relação aos recursos organizacionais, Balachandra e Friar (1997) afirmam que a organização necessita correlacionar os fatores de mercado, tecnologia e ambiente de modo que possa ingressar com a inovação no mercado. Destacam-se ainda cronograma, planejamento, ferramentas e técnicas como importantes recursos para o desenvolvimento de produtos e processos.

Ao analisar o desempenho da inovação com base nos fatores interno e externo, é importante avaliar se o impacto da variável terá efeito positivo ou negativo, para os diferentes ambientes do sistema produtivo (BALACHANDRA; FRIAR, 1997). A partir dos fatores internos e externos, as empresas conseguem formular estratégias para manter e sustentar vantagens competitivas, entre elas a estratégia tecnológica.

### **3.5.2 Estratégias baseadas nas fontes de informação**

As estratégias de inovação auxiliam a empresa a decidir e a gerenciar o processo de inovação tecnológica, o que faz das fontes de informação um dos principais elementos para o desenvolvimento (DODGSON; GANN; SALTER, 2008). Como característica fundamental, as fontes de informação possibilitam novas combinações entre as tecnologias, conhecimentos e mercado no desenvolvimento dos processos inovativos com diferentes tecnologias e materiais (SCHUMPETER, 1934).

Sob a perspectiva de compor diferentes conhecimentos, as fontes de informação requerem uma integração dos diversos setores e atores que desempenham atividades na empresa (DODGSON; GANN; SALTER, 2008), incluindo consultores, consumidores, fornecedores e universidades.

As fontes de informações podem ser subdivididas em internas e externas (VON HIPPEL, 1998). As fontes internas influenciam os resultados inovativos no que diz respeito aos recursos disponíveis dentro da empresa, em especial no que tange ao gerenciamento. Já as fontes externas de inovação são relacionadas ao conhecimento desenvolvido pelas firmas ou organizações como universidades e laboratórios de pesquisa localizados na região.

Também, o suporte dos consumidores é essencial no desenvolvimento da inovação tecnológica, podendo ser considerado como uma fonte de vantagem competitiva (RADAS; BOZIC, 2009) que promove a retroalimentação de melhorias ao processo de desenvolvimento.

Os bancos de patentes são considerados fontes ricas de potenciais idéias para explorar novos segmentos de mercado. A monitoração deste banco de dados possibilita às empresas identificar novas oportunidades interessantes e, ainda, acompanhar ações dos concorrentes. A proposta inicial do sistema de patentes é promover, a partir da inovação, proteção os direitos do uso, o que possibilita ao inventor desfrutar da estrutura de monopólio no mercado.

### **3.6 Barreiras ao processo de inovação**

As barreiras ao processo de inovações são os diversos elementos que, de alguma maneira, dificultam ou até mesmo inviabilizam o processo de desenvolvimento da inovação. Para o manual de Olso (2005), as barreiras podem ser específicas para cada tipo de inovação.

As pequenas empresas têm maiores barreiras para inovar, afirmam Radas e Bozic (2009), por falta de recursos, inexperiência e suportes governamentais insuficientes (MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009).

A falta de recursos é decorrente de projetos inovativos com alto risco (KAUFMANN; TODTLING, 2002; RADAS; BOZIC, 2009). A captação de recursos por fundos privados e governamentais é um processo lento. No estudo empírico realizado pelos autores Madrid-Guijarro, Garcia e Van Auken (2009), em 294 pequenas e médias empresas, a dificuldade para obtenção de recursos financeiros é a variável mais significativa, seguida pelos altos custos. A barreira financeira é o principal problema enfrentado pelas pequenas empresas ((HADJIMANOLIS, 1999; KAUFMANN; TODTLING, 2002; RADAS; BOZIC, 2009).

Para o caso dos países em desenvolvimento, as barreiras são ampliadas pelo excesso de burocracia, principalmente quando o enfoque é a comercialização de produtos inovadores, devido à necessidade de registros que comprovem a garantia de qualidade dos produtos/serviços (HADJIMANOLIS, 1999). Essas barreiras, portanto, são denominadas institucionais porque dificultam a comercialização dos produtos (HEWITT-DUNDAS, 2006) com normas e legislação (CLANCY, 2001), bem como a padronização dos processos de desenvolvimento inibe a criatividade em projetos inovativos (MCADAM; MCCLELLAND, 2002).

Para Kaufmann e Todtling (2002), a deficiência do departamento de *marketing* é considerada uma importante barreira para desenvolver inovação. Os problemas da comercialização decorrem dos baixos investimentos em *marketing*, que deve considerar, além da simples divulgação, fatores econômicos, culturais e organizacionais do mercado. Devido a esta falta de estrutura mercadológica, as pequenas empresas estão propensas a enfrentar barreiras para inserir o produto/processo inovativo no mercado.

A ausência de profissionais qualificados, também considerada como barreira, pode ser subdividida em dois escopos: (1) interna, quando a empresa não possui profissionais para atuar no segmento específico (RADAS; BOZIC, 2009); (2) externa, quando não consegue recrutar profissionais com este perfil (LEE *et al.*, 2010). Para países em desenvolvimento, Perez (1985) afirma que a mão-de-obra não tem habilidade e competência suficientes para executar corretamente as operações inerentes ao processo inovativo. Além disso, o processo inovativo nas pequenas empresas é centralizado, na maioria dos casos, em apenas um funcionário (HAUSMAN, 2005). Dessa maneira, forma-se, uma dimensão que descreve as barreiras sobre o conhecimento.

Em síntese, agrupam-se na Figura 2.4 as principais barreiras às inovações.



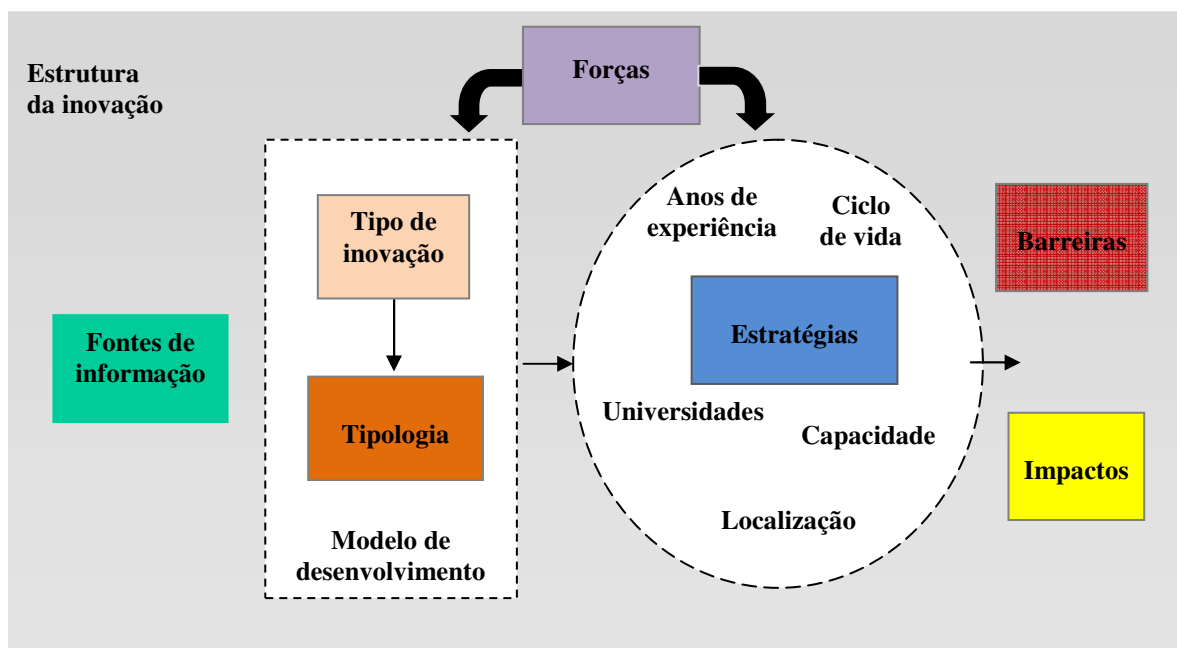
**Figura 2.4** - Barreiras ao processo de inovação.

De acordo com a bibliografia pesquisada, as barreiras podem ser caracterizadas por quatro grandes segmentos: (a) conhecimento – a ausência de capacitação técnica interna, bem como de profissionais qualificados no mercado; (b) mercado – as falhas e os riscos de

mercado, as deficiências de demanda e fornecimento, a falta de habilidade apropriada para executar as funções comerciais; (c) institucionais – procedimentos burocráticos, estrutura regulamentada, sistema de impostos excessivos, fluxos de comunicação inadequados; (d) financeira – a falta de recursos, a inviabilidade de projetos e altos riscos.

## CONCLUSÕES PARCIAIS DO CAPÍTULO

O objetivo deste capítulo foi apresentar a inovação tecnológica a partir de uma estrutura conceitual baseada nas taxonomias da inovação, o que permitiu a compreensão da relação entre os diversos atores e dos processos inerentes ao desenvolvimento inovativo. A Figura 2.5 apresenta a sistematização destes processos e atores, alocados nas diferentes fases de desenvolvimento do projeto de inovação tecnológica.



**Figura 2.5** – Fases do projeto inovativo com alocação dos processos e atores envolvidos

A fase da invenção está fortemente atrelada às fontes de informação e ferramentas disponíveis, essenciais para o início do desenvolvimento tecnológico. Os tipos e tipologias da inovação são determinantes do modelo de desenvolvimento a ser adotado e influenciam a adoção das estratégias, baseadas nos fatores internos e externos à organização. As estratégias são formuladas para contornar possíveis barreiras e maximizar impactos positivos, decorrentes do processo inovativo.

A partir das taxonomias da inovação e da sistematização do processo da inovação tecnológica, foi possível identificar as dimensões características deste fenômeno, necessárias ao desenvolvimento do presente trabalho. As dimensões identificadas formarão a estrutura de

onde serão derivadas as etapas da investigação, necessárias para que se atinja o objetivo principal proposto. A Figura 2.6 apresenta as seis dimensões – empresa, colaboração, produção, mercado, financeira e difusão.



**Figura 2.6** – As seis dimensões do processo da inovação tecnológica

A dimensão da empresa avalia a capacidade técnica dos integrantes no processo de inovação, assim como as características e fatores internos à organização; a dimensão da colaboração identifica o nível de colaboração entre os elementos que integram a rede de desenvolvimento inovativo; a dimensão da difusão quantifica o potencial de expansão dos projetos de inovação tecnológica nos aspectos da invenção (patentes e artigos científicos) e nos aspectos mercadológico (faturamento da empresa); a dimensão financeira analisa as fontes de recursos aplicadas ao processo inovativo (pública, própria ou terceiros) e o retorno inerente a estes investimentos; a dimensão do mercado identifica a estrutura de mercado pelo nível de concorrência existente, resultando na estratégia de preços e nichos de mercado; e a dimensão da produção mensura a capacidade dos recursos disponíveis, a partir da análise da infra-estrutura da empresa.



## CAPÍTULO 3

### PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS PARA PEQUENAS EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

---

Este capítulo apresenta a importância das pequenas e médias empresas na economia, especificamente, quando se refere às empresas de base tecnológica, em relação à economia de países em desenvolvimento. Para promover a inserção dessas empresas, discute-se sobre os programas governamentais, na literatura nacional e internacional, com pesquisas de estudos empíricos, que promovem o desenvolvimento inovativo desta classe de empresas. No escopo nacional, delimita-se como foco central o Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE) da FAPESP. Posteriormente, apresenta-se um panorama das particularidades entre diversos programas governamentais no mundo.

#### 3.1 Introdução

Na economia moderna, os conceitos de inovação tecnológica imperam como fator essencial na formulação das estratégias para aumentar a competitividade e o crescimento econômico das empresas.

Para promover a participação das empresas privadas em atividades inovativas, as políticas públicas visam conceder vantagens competitivas, a fim de proporcionar estímulos que minimizem os riscos do desenvolvimento do produto/processo relativo às pesquisas de natureza inovativa (KOGA, 2005). Em função dos altos riscos de investimentos, estas políticas públicas são direcionadas a incentivar melhorias no potencial de inovação tecnológica das empresas, por meio de programas de financiamento e/ou fomentos com o intuito de oferecer suporte às empresas no que tange aos dispêndios de P&D (AUDRETSCH, 2003; COOPER, 2003). Este suporte financeiro possibilita viabilizar o potencial dessas empresas em novos produtos e/ou serviços.

Os programas governamentais de inovação são desenvolvidos para fortalecer as atividades inovativas nas empresas de pequena escala (HOFFMAN *et al.* 1998), o que influi na capacidade de gerar inovações diversificadas com estruturas mais flexíveis (ROTHWELL; DOGSON, 1993) para atender às rápidas mudanças exigidas pelo mercado em nichos específicos (NOOTEBOOM, 1994). Como afirmam Jones e Tilley (2003), encorajar inovações em pequenas e médias empresas deve ser ação central das políticas públicas para ativar o desenvolvimento econômico local, regional e nacional (KOGA, 2005). A inovação é

um pré-requisito para que as pequenas empresas aumentem a participação no mercado, sobretudo em economias de países em desenvolvimento (SUBRAHMANYA, 2005; RADAS; BOZIC, 2009).

A partir deste contexto, o presente capítulo detalhará os conceitos das pequenas e médias empresas, as particularidades das empresas de base tecnológica e programas de incentivos à inovação tecnológica no Brasil e no mundo.

### **3.2 Pequenas e Médias Empresas (PME)**

A importância das pequenas empresas é algo indiscutível nos atuais cenários, tanto econômico, quanto social e global (DAY, 2000). Observa-se, no entanto, que o espaço conquistado pelas mesmas é recente. Na década de 1970, a estrutura mercadológica favorecia sobremaneira as grandes organizações, as quais obtinham vantagens por meio da economia de escala. Com isso, o avanço da pequena empresa era incipiente, assim como a sua participação no mercado.

Com os movimentos econômicos, as estruturas organizacionais foram modificadas por novos fenômenos que permitiram reestruturar processos, como reduzir níveis hierárquicos, “enxugar” os processos organizacionais e desenvolver organizações virtuais (DAY, 2000). Dependendo da atividade, de maneira estratégica, as empresas eliminaram atividades que não agregavam valor ao produto final e as transferiram para outras empresas dispostas a desempenhar atividades daquela natureza. Segundo Nooteboom (2000), o papel funcional das novas empresas seria complementar as atividades operacionais das suas congêneres.

Os fenômenos de reestruturação promoveram o surgimento de um novo modelo de organização decorrente das decisões das grandes empresas e, portanto, baseado em seus princípios. Este modelo, quando aplicado às pequenas empresas, apresenta características falhas que resulta em alta taxa de mortalidade empresarial. Para quebrar o mito da comparação entre pequena e grandes empresas, Leone (2000) apresenta com profundidade as especificidades das pequenas, sendo o seu estudo essencial para diminuir o nível de mortalidade e favorecer o ciclo do desenvolvimento destas.

No trabalho clássico de Schumpeter (1934), os fenômenos da inovação surgem nas pequenas e médias empresas como principais vetores para promover os avanços tecnológicos. Em trabalho posterior, Schumpeter (1942) admite que as grandes empresas dominem o mercado porque detêm maiores recursos financeiros, físicos e humanos, obtendo vantagens de escala nos processos de inovações. As argumentações comuns, aos trabalhos de Schumpeter (1934, 1942), são os procedimentos vitais para sustentação econômica, tanto para as grandes

quanto para as pequenas empresas.

No que concerne às pequenas empresas, o papel desempenhado tem um fator muito importante em uma perspectiva mundial (ACS, 1992). Ao longo dos anos, as pequenas empresas passam a figurar como unidades essenciais para o crescimento econômico dos países em desenvolvimento (KOGA, 2005; SUBRAHMANYA, 2005; RADAS; BOZIC, 2009).

Na Áustria, por exemplo, 99,6% de todas as empresas são classificadas como pequenas, as quais empregam 65% da mão de obra do país (KAUFMANN; TODTLING, 2002). Já no Sri Lanka, o percentual de pequenas empresas é de 99,1% (GAMAGE, 2003).

Pequenas e Médias Empresas (PME's) podem ser classificadas diferentemente para cada país (ALVAREZ; CRESPI, 2003; SUBRAHMANYA, 2005; LEE, 1995; ATKIS; LOWE, 1996).

Pequenas empresas podem ser analisadas por diferentes facetas no ambiente. Em uma esfera econômica, as pequenas empresas apresentam uma considerável participação na economia como, por exemplo, a de principal fonte geradora de empregos para muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Ampliando a composição dos benefícios, as pequenas empresas podem, ainda, contemplar diferentes contribuições econômicas:

- proporcionam uma melhor distribuição espacial de renda (KOGA, 2005);
- são fontes geradoras de tecnologia, o que contribui para o aumento do estoque de conhecimento nacional (AUDRETSCH, 2003);
- aumentam o nível de colaboração com outras empresas (CZARNITZKI, EBERSBERGER; FIER, 2007), sobretudo com grandes empresas;
- transferem conhecimentos entre pesquisadores e universidades (COOPER, 2003);
- criam nichos específicos decorrentes das tecnologias (ACS, 1992; NOOTEBOOM, 1994), e;
- geram capacidade técnica para desenvolver atividades inovativas alterando processos de mudança tecnológica, os quais estimulam outros fatores na economia, como o crescimento econômico (ACS, 1992; MOORE; GARNSEY, 1993; DAY, 2000; GAMAGE, 2003).

Para desenvolver atividades inovativas, a grande dificuldade das pequenas empresas é

a captação de recursos, considerado um problema de caráter universal, como confirmam Wu, Song e Zeng (2008), numa análise específica para a China.

A classificação de empresas como sendo de pequeno porte ocorre, segundo D'Amboise e Muldowney (1998), em termos da interação com o ambiente, sob diferentes critérios de natureza qualitativa e quantitativa.

Os parâmetros qualitativos são variáveis que retratam padrões subjetivos como o volume de decisões, formalização de procedimentos e níveis hierárquicos. Por outro lado, os parâmetros quantitativos aparecem em maior frequência nas pesquisas empíricas, de acordo com as regulamentações de cada país, porém, não existe uma classificação universal. As PME's podem apresentar diferentes classificações sob diferentes critérios: (1) número de funcionários (ALVAREZ; CRESPI, 2003); (2) ativos (SUBRAHMANYA, 2005); (3) faturamento (LEE, 1995); (4) volume dos processos gerenciais (OZCELIK; TAYMAZ, 2008); (5) outros critérios (ATKIS; LOWE, 1996). O Quadro 3.1 apresenta critérios para esta classificação, de acordo com conhecimento disponível na literatura.

Países	CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO					Autores
	Número de funcionário	Taxa de investimentos (ativos)	Faturamento	Volume de processos gerenciais	Índices financeiros	
Paquistão	•					1
Chile	•		•			2
Índia	•	•				3
Itália	•					4
Coréia			•		•	5
Turquia	•			•		6
Sri Lanka	•	•				7

**Quadro 3.1** – Critérios de classificação de empresas de pequeno porte

Fonte:(1) Burki e Terrell (1998); (2) Alvarez e Crespi (2003); (3) Subrahmanya (2005); (4) Hall, Lotti e Mairesse (2009); (5) Lee (1995); (6) Ozcelik e Taymaz (2008); e (7) Gamage (2003).

O número de empregados é o critério mais utilizado na literatura internacional e nacional, embora existam críticas quando se adota exclusivamente esta variável. Lee (1995) evidencia que a produtividade da empresa, em termos de volume, pode apresentar um desempenho superior, especialmente quando o capital em investimentos e a mão de obra são representativos para suprir as necessidades do planejamento estratégico.

No que se diz respeito às inovações tecnológicas, empresas de pequeno porte apresentam características que podem ser consideradas como vantajosas: (a) uma maior capacidade de reagir às mudanças do ambiente; (b) maior flexibilidade interna com agilidade

nos processos de decisão (ALVAREZ; CRESPI, 2003); (c) baixos custos operacionais decorrentes de uma estrutura enxuta - alinhadas ao fator do espírito empreendedor. Dadas estas vantagens, nos processos de tomada de decisão, as pequenas empresas apresentam menores burocracias e níveis hierárquicos, obtendo uma comunicação mais informal e menos documentada, o que pode ser denominada mais flexível (HAUSMAN, 2005). Este contexto revela uma maior interação entre os elos da cadeia, por conter um processo interno flexível relativo à maior interação com os consumidores (NOTEBOOM, 1994).

Em contrapartida, as desvantagens são enumeradas pelos fatores de: (a) falta de profissionais qualificados (LEE *et al.*, 2010); (b) recursos financeiros limitados para P&D (RADAS; BOZIC, 2009); (c) indisponibilidade de estrutura organizacional para manter economia de escala (LEE *et al.*, 2010); (d) pouco poder de barganha com os fornecedores e consumidores (HAUSMAN, 2005; ); (e) falta de experiência técnica (HAUSMAN, 2005); (f) falta de habilidade em nível de pesquisa e desenvolvimento; (g) falta de acesso para obter informações apropriadas do mercado (KAUFMANN; TODTLING, 2002). O nível de colaboração em redes pode ser considerado de grande importância para compensar a carência de qualidade e conhecimento no estímulo ao desenvolvimento de produtos inovativos (FREEL, 2003) ou na captação de recursos disponibilizados por agências governamentais.

As pequenas empresas têm um elevado potencial para traduzir as tecnologias em uma variedade de novas combinações. Decorrente do princípio de Schumpeter (1927) pelo dinamismo e evolução do mercado, as pequenas empresas são responsáveis por grandes desenvolvimentos tecnológicos, quando comparadas com grandes organizações, especialmente em alguns setores econômicos como de química e computação, conforme Acs (1992). Diante desta nova perspectiva, emerge uma categoria de empresas intitulada por “pequena empresa de base tecnológica (PEBT)”, tema discutido na próxima seção.

### **3.2.1 Pequena Empresa de Base Tecnológica (PEBT`s)**

Empresas de base tecnológica têm como característica predominante, o fato de serem empresas jovens (BUGANZA; GERST; VERGANTI, 2010). Esta classe de empresas representa um papel muito importante no estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias, e conseqüentemente, da economia (LYNSKEY, 2009).

A literatura apresenta diferentes terminologias para circunscrever este objeto de estudo: empresas iniciantes de alto potencial (*High Potential Start-Up - HPSU*) (BRUTON; RUBANIK, 2002); pequenas empresas inovativas (*Small Innovative Companies*) (ACS; AUDRETSCH, 1988); empresa baseada em nova tecnologia (*New technology-based firms* -

NTBFs) (STOREY; TETHER, 1998; ALMUS; NERLINGER, 1999; COLOMBO; DELMASTRO, 2002); empresas iniciantes de alta tecnologia (*High-technology Start-ups*) (KOGA, 2005); pequenas companhias de alta tecnologia (*Small High-tech Companies*) (BERRY, 1998).

Jovens pequenas empresas são, freqüentemente, intensivas em tecnologia, com uma boa capacidade de inovar. A inovação depende da habilidade para desenvolver novas competências e habilidades. Dentre estas, Koga (2005, p.54) cita que “as empresas nascentes de alta tecnologia tiveram o papel de revitalizar a economia japonesa por impulsionar a inovação, criar novos mercados e aumentar a taxa da renda nacional”. Em uma realidade de países em desenvolvimento, estas empresas têm uma grande representatividade na economia, como no caso de Israel, onde 75% no PNB de 2000 foram de origem das pequenas empresas de base tecnológica (CHOREV; ANDERSON, 2008).

As principais características das empresas *high-tech* são: (a) elevados investimentos em atividade P&D mais que a média nacional (KOGA, 2005; RADAS; BOZIC, 2009); (b) alta percentagem de funcionários como engenheiros e cientistas, dentre os técnicos muito qualificados (HAUSMAN, 2005); (c) inovação e tecnologia avançada nos produtos/serviços; (d) ciclos de desenvolvimento dos produtos de pequena e curta natureza (NOTEBOOM, 1994); (e) customização maior dos seus produtos decorrente do relacionamento com os clientes (HAUSMAN, 2005).

Para empresas de base tecnológica, os principais determinantes de crescimento podem ser subdivididos em três categorias, segundo Storey (1994) e Almus e Nerlinger (1999): (1) características específicas das empresas (idade, tamanho, procedimento legal da empresa; relacionamento externo da empresa); (2) características específicas dos dirigentes da empresa (número de fundadores, capital intelectual humano); e (3) características externas (localização e salário).

A literatura apresenta variados critérios que podem ser utilizados na classificação de pequenas empresas de base tecnológicas, conforme sistematiza o Quadro 3.2.

Países	CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO				Autores
	Nível educacional	Número de patentes	Número de licenças	Taxa de inovação	
Austria	•				Tötting e Kaufmann (2001)
Chile	•		•	•	Alvarez e Crespi (2003)
Coréia		•		•	Kang e Lee (2008)
Itália		•		•	Massa e Testa (2008)

**Quadro 3.2** - Critérios de classificação de pequenas empresas de base tecnológica

Por outro lado, investimentos em inovação tecnológica têm uma natureza elevada de incerteza quando alocados em empresas de alta tecnologia (COOPER, 2003). Devido aos problemas de incerteza, também são considerados como características de pequenas empresas de base tecnológica, os seguintes fatores (TAYMAZ, 2005, p. 430): “(1) os empresários não sabem como exatamente será o desempenho do produto/serviço no mercado; (2) as empresas estão propensas a iniciar atividades em mercados com imperfeições e informações assimétricas, o que pode dificultar a comercialização dos produtos”.

Para promover o nascimento e o desenvolvimento destas empresas, o papel governamental tem sido importante no sentido de estimular novas tecnologias, diminuindo os riscos iniciais, para que consigam uma taxa de retorno atrativa (HADJIMANOLIS, 1999; COOPER, 2004; WESSNER, 2005; MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009). O investimento governamental, no entanto, deverá estar em sintonia com o ciclo de vida da empresa, tendo em vista que diferentes estágios implicam em necessidades distintas, de maneira a obter os melhores resultados possíveis.

### **3.2.2 Ciclo de vida das empresas tecnológicas**

As organizações alteram, segundo Van de Ven (1992), as atividades em função dos estágios do ciclo de vida. Para o caso das pequenas empresas, Lester e Parnell (2008) descrevem o modelo do ciclo de vida das organizações em função do tamanho, idade ou escopo das operações.

A definição do ciclo de vida para Nooteboom (1994, p. 333) é:

Entende-se por ciclo de vida o estágio de desenvolvimento do produto ou do mercado no qual a empresa está inserida, e deve-se levar em consideração que, pela teoria do ciclo de vida dos produtos, diferentes estágios implicam em necessidades distintas. Por exemplo, para o estágio de declínio no crescimento ou saturação, deve-se voltar o foco para as estratégias de economia de escala e competição de preços. Por "estágio" entende-se a etapa de desenvolvimento da empresa, o que pode, mas não precisa estar relacionada ao ciclo de vida do produto/mercado. Diferentes estágios de desenvolvimento configuram requisitos diferentes para a conduta e estrutura organizacional.

O modelo de crescimento para pequena empresa engloba cinco estágios (SCOTT; BRUCE, 1987): (a) início; (2) sobrevivência; (3) crescimento; (4) expansão; (5) maturidade. Estes estágios são diferenciados pelas características que, segundo Scott e Bruce (1987), acompanham fenômenos de crise. Com o desenvolvimento da inovação, a empresa inicia um

ciclo de comercialização, que detém diversas dificuldades ao longo do seu processo.

De modo geral, empresas nascentes na área de alta tecnologia apresentam estruturas organizacionais que as distinguem de empresas de outros setores, pois necessitam de elevado capital para construir seus respectivos ciclos financeiros (KOGA, 2005). Este fato, no entanto, não as tornam inviáveis, visto que podem gerar atrativos retornos (CONNELL, 2009).

Para cada ambiente de inovação e fontes de recursos, são alinhadas as necessidades correlacionadas com as fases de transformação do conhecimento na organização.

Na fase de laboratório, as empresas têm dificuldades para obter fomento porque os riscos de insucesso são elevados, sobretudo por não dispor de parâmetros suficientes para estimar uma demanda, visto que os produtos são de natureza inovativa. Em função disso, estágios iniciais de desenvolvimento requisitam fontes governamentais (KOGA, 2005).

Mediante os estágios de desenvolvimento seguintes, as empresas conseguem obter instalações necessárias para ativar as pesquisas por meio de centros de incubadoras (LOFSTEN; LINDELOF, 2005). Nesta fase do ciclo de vida das empresas é possível atrair investidores classificados como “anjos” para financiar pesquisas com estas características (LERNER, 1998). A partir disso, as empresas iniciam um ciclo em que os fundos governamentais não amparam mais e as empresas precisam transitar do plano “teórico-laboratorial” para a sobrevivência no competitivo mercado.

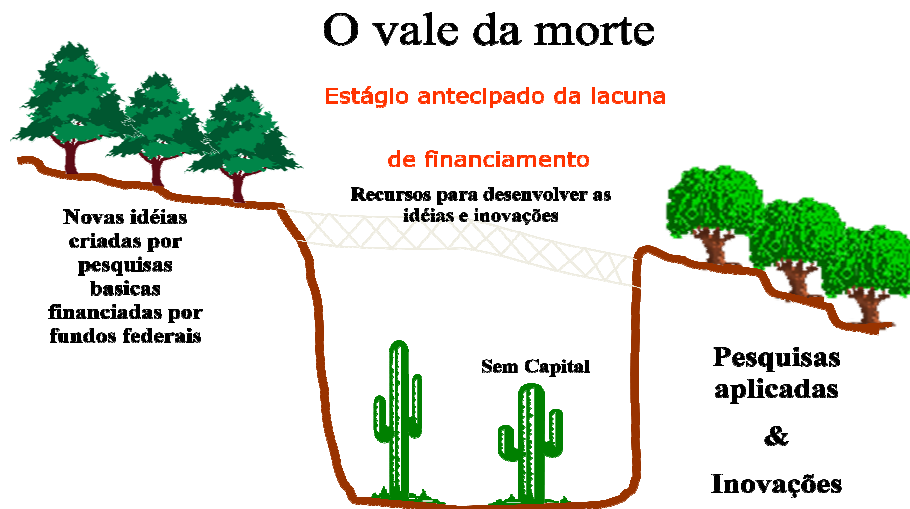
A transição da fase de pesquisas para a fase de comercialização é demarcada pelo “Vale da Morte” na literatura internacional (WESSNER, 2007; AUERSWALD; BRANSCOMB, 2003), pois a grande dificuldade é, nesta categoria de pequena empresa de base tecnológica, atingir a fase comercial sem subsídios para difundir o produto/serviço no mercado, especialmente quando foram dependentes de fomentos para ativar as atividades de pesquisas (Figura 3.1).

A importância do papel governamental para a transposição tem despertado a atenção de pesquisadores, com recentes análises sobre o vale da morte, como é o caso de Auerswald e Branscomb (2003). Esta fase significa transição entre uma nova base científica ou descobrimento da engenharia, revelada por meio de protótipos, para uma situação comercialmente desenvolvida, o que ocasiona receio aos “novos pesquisadores empresários”.

Com o início da comercialização, as pequenas empresas precisam alterar o volume em sua escala de produção/serviço para atender a demanda. Em função deste volume, a categoria de investimentos requisitada se alinha com outra fonte de recursos financeiros, o *venture capital* (COOPER, 2003). Autores (AUERSWALD; BRANSCOMB, 2003) apontam que, em média, os dispêndios públicos contabilizam entre 20% a 25% do total gasto, em diferentes



programas. De maneira significativa, o *venture capital* atua com um papel menor (2,3 a 8% de investimentos).



**Figura 3.1 – O Vale da Morte**  
 Fonte: Wessner (2005, p.9).

Ao atender novas escalas, as pequenas empresas são transferidas, geralmente, para novos locais, pois os centros de incubadoras não se apresentam mais como instalações adequadas para desenvolver atividades com volume. Vale ressaltar que, nesta fase de desenvolvimento, a empresa pode construir redes de relacionamentos determinantes para o sucesso técnico e comercial. Um exemplo é apresentado no trabalho de Okamuro (2007) com empresas japonesas, em que se elencam as vantagens: (a) melhora a economia de escala; (b) reduz os riscos; e, (c) aumenta o incentivo em investimentos em P&D.

Com a fase de desenvolvimento comercial, as pequenas empresas são estimuladas a abrir o capital por meio do mercado de ações em função de atrair novos investimentos (COOPER, 2003). De maneira articulada, a Figura 3.2 apresenta um encadeamento lógico correlacionando os diferentes ambientes inovativos e as fontes de recursos, para os diferentes estágios desenvolvimento.

Na primeira fase do ciclo, as empresas, geralmente criadas a partir de laboratório de universidade, recorrem aos fundos governamentais para subsidiar as inovações (OAKLEY, 1991). Em uma fase posterior, a pequena empresa passa a si instalar em incubadoras (LOFSTEN; LINDELOF, 2005). Neste momento, devido a taxa de desenvolvimento inovativo, surge a figura dos investidores anjos para auxiliar, uma vez que os limites dos fundos governamentais foram ultrapassados (LERNER, 1998). A partir disso, as pequenas empresas iniciam sua produção de protótipos com os quais buscam novas fontes de financiamentos, destacando-se o *venture capital* para atingir a produção em escala (COOPER,

2003). Com ascensão do volume de produção, as pequenas empresas buscam a abertura de capital por meio do mercado de ações para obter maiores fundos de recursos financeiros.



**Figura 3.2** – Alinhamento dos ambientes de inovação e fontes de recursos para cada fase do ciclo de vida

A inovação configura diferentes fases de crescimento, conforme descrito por Roberts e Malone (1996), quando tratam do processo de *spin-off*. Dependendo do segmento industrial ou, dependendo da tecnologia, quando o produto/serviço é comercializado, amplia-se o escopo do mercado da empresa e, assim, originam-se novas empresas pelo processo intitulado por *spin-off*, as quais surgem com *design* distintos, decorrentes dos processos deliberados ou emergentes (COOPER, 1985; ROBERTS; MALONE, 1996; VAN BURG *et al.*, 2008; OAKEY, 1991). Por outra corrente, estes fenômenos podem emergir nas grandes corporações que são precursoras de *spin-off* de pequenas empresas (WALLSTEN, 2000).

Os arquétipos organizacionais de pequenas empresas de base tecnológica, segundo Oakey (1991), apresentam dois tipos de configuração: (1) empresas nascentes de altos centros educacionais geradas por *spin-off* da academia (*University spin-off*, USO) e (2) empresas nascentes de outras corporações (*corporate spin-offs*, CSOs). As *spin-off*, complementam Roberts e Malone (1996), podem originar-se pelo processo de transferência de tecnologia de programas de pesquisa de universidades, laboratórios de P&D ou outras corporações com esforços na engenharia.

Para esta tese, o foco será dado às *spin-off* geradas a partir de empresas fomentadas por programas governamentais, com incentivos à pesquisa inovativa. Como resultado de

incentivos desta natureza, Van Burg *et al.* (2008) citam a geração de 30 *spin-off*, no período de 1997 a 2006, *Eindhoven University of Technology*, nos Países Baixos. Já a taxa de *spin-off* desenvolvida por projetos fecundados por programas governamentais brasileiros não foi encontrada na literatura, o que se pretende obter como um dos resultados do presente trabalho.

### **3.3 Programas governamentais para atividades inovativas**

Com o recente crescimento econômico, o desenvolvimento de novos produtos de alta tecnologia tem aumentado a competitividade da economia. Para ativar este crescimento, os riscos associados às tecnologias potencialmente novas requerem programas de incentivos a P&D, no bojo dos sistemas nacionais de inovação.

De acordo com Feldman e Kelley (2003, p. 155), “fundos públicos significam oferecer suportes para os estágios iniciais do desenvolvimento da tecnologia e direcionar os projetos para fases em que investidores privados estão dispostos a investir”.

Para consolidar e manter a estabilidade desta classe de empresas, as esferas políticas desenvolvem incentivos que auxiliam na capacitação tecnológica com uma infra-estrutura adequada, pois este tipo de suporte pode potencialmente criar novos mercados para produtos e tecnologias derivadas deste incentivo, com função de torná-las mais competitivas perante o mercado.

Na busca pela diminuição dos efeitos das estruturas de mercado, os programas governamentais de incentivo às atividades inovativas são instrumentos de política pública, para promover auxílio no desenvolvimento das atividades inovativas na gestão das empresas, buscando viabilizar, por meio dos recursos financeiros, este tipo de atividade.

No que se refere aos programas governamentais, o programa com uma melhor estruturação, para fomentar atividades inovativas em pequena empresa, é o *Small Business Innovation Research* (SBIR) (COOPER, 2003) nos Estados Unidos.

O programa ATP (*Advanced Technology Program*) é outro modelo com estrutura similar, com o objetivo de construir uma ponte entre pesquisas de laboratórios e a esfera do mercado (FELDMAN; KELLY, 2003). Em um escopo para grandes e pequenas empresas, a proposta fundamental é acelerar o desenvolvimento e a disseminação de tecnologias de alto risco com amplo potencial para beneficiar a economia americana. Para este programa, Wesnner (2007) observa que os benefícios sociais são em média de 17 bilhões de dólares, para uma amostra de 41 dos 736 projetos financiados, os quais representam um retorno parcial de 2.2 bilhões de dólares de investimentos pelo governo federal ao longo da vida do programa.

Para fortalecer atividades inovativas, os programas governamentais subsidiam empresas com diversos tamanhos no estímulo do desenvolvimento. Ressalta-se, neste contexto, que os programas governamentais, para pequenas empresas em diferentes países, apresentam estruturas organizacionais e critérios peculiares, o que possibilita contrapor a realidade destes programas em economia de países desenvolvidos (MOORE; GARNSEY, 1993; SAKAKIBARA, 1997; FALK, 2007; COZZARIN, 2009; LINK; SCOTT, 2009) e países em desenvolvimento (CHUNG, 1999; LACH, 2000; HSU; HORN; HSUEH, 2009).

Um exemplo deste descompasso é o incentivo realizado pelo desenvolvimento do *Finland's Tekes Program*. Embora a Finlândia seja um pequeno país, contempla elevados investimentos em políticas e investimentos para P&D; em média de US\$ 550 milhões são investidos para um sistema nacional de inovação com 5 milhões de habitantes. Em contrapartida, nos Estados Unidos, em 2005, o ATP apresentou um orçamento anual de US\$ 140 milhões para uma população com 300 milhões de habitantes (WESSNER, 2007). Os reflexos deste alto nível de dispêndios possibilitam um crescimento promissor para novas empresas de alta tecnologia.

Dando continuidade ao panorama dos programas em economia de países desenvolvidos, outros programas foram lançados para sustentar a iniciativa nas pequenas empresas: Smart, SBRI e *Link program* na Inglaterra; IRAP (*Industrial Research Assistance Program*) no Canadá; Programa Tupas (*Tekes program*) na Finlândia; BMWA's Pro Inno, na Alemanha; no Japão; na Austrália.

Na Europa, outros programas são desenvolvidos para incentivar o desenvolvimento de pesquisa e desenvolvimento em diversos segmentos, com amplitude para atender todos os tamanhos de empresas, como *European Strategic Programme for Research and Development of Information Technology* (ESPRIT) iniciado em 1984 e programa *UK Alvey*, ambos direcionados para desenvolvimento de tecnologia de informação e computação (SAKAKIBARA, 1997); FFF na Áustria (FALK, 2007); BRITE e COPERNICUS programa.

Em uma perspectiva mais específica, as principais características de alguns dos programas são:

- IRAP (*Industrial Research Assistance Program*): designado para estimular pesquisas e capacitar as pequenas empresas de todas as províncias do Canadá (NRC-IRAP/IRAP/TPC); porém, esse programa oferece concessões limitando até 50% dos custos dos projetos, os quais devem ser devolvidos (COZZARIN, 2009).

- SMART: de nacionalidade inglesa, tem como objetivo “trazer taxas altamente inovativas, mas comercialmente viáveis, encorajar o desenvolvimento e mercado para novas idéias em áreas de tecnologia, ajudar as pequenas empresas a amadurecer suficientemente para atrair fundos privados” (MOORE, GARNSEY, 1993, p. 511). Enquanto isso, o *Link program* exige um projeto inicial para ser desenvolvido com a colaboração da universidade.
- Pro inno, na Alemanha: subsidia entre 25 a 50% dos custos por meio de quatro linhas de fomentos: (1) cooperação com a firma; (2) cooperação com a pesquisa organizacional; (3) contratos em P&D; e (4) habilidade pessoal.

Por outro lado, na economia de países em desenvolvimento, os programas de subsídios são essenciais para auxiliar o crescimento das empresas, que encontram grandes dificuldades para captar recursos a serem investidos em capital de risco. Cabe ressaltar que cada país apresenta uma arquitetura peculiar na estruturação dos seus programas:

- Na Coreia, os projetos de incentivos são auxiliados em 75% dos custos totais, porém, se obtiver sucesso, 30% do fundo é retornado. Em casos especiais, quando o projeto apresenta uma parceria com universidades e institutos públicos, a contrapartida é alterada para: 50% do governo; 25% para o governo local; e 25% para os participantes da PME (CHUNG, 1999, p. 77);
- China e Taiwan: o sistema nacional de inovação tem criado taxas de incentivos para empresas de alta tecnologia, especialmente para as pequenas empresas, com o intuito de manter o crescimento entre 7% e 8% por ano (WESSNER, 2007). Este programa é de caráter fundo perdido e aloca um montante de US\$ 60 milhões por ano. O foco do programa é auxiliar, com capital, as empresas nascentes e subsidiar parte do desenvolvimento tecnológico das PME`s. Na China, um programa governamental é implementado de maneira muito similar às estruturas do SBIR dos Estados Unidos. O nível de colaboração entre pequenas empresas e universidades tem aumentado.
- O México tem operado com mais de 200 laboratórios de inovação (200 *Innovation labs*) com outras redes de aceleração de negócio pelo programa de Aceleração de

empresas de base tecnológica (TEchBA). Este nível de subsídio supera 50% dos custos dos projetos.

Em Israel, caso o projeto tenha sucesso comercialmente, as empresas são obrigadas a pagar *royalties*. A seleção dos projetos obedece procedimento de neutralidade, pois o critério consiste no desenvolvimento da tecnologia para o campo do conhecimento, porém, não atribui *ranking* (LACH, 2002). Caso o projeto seja aprovado, Lach (2002) cita que a percentagem do fomento oscila entre 30% a 66%, mas depende das suas características. A principal fonte de investimento em P&D é controlada pelo órgão regulamentador intitulado *Office of the Chief Scientist* (OCS) gerenciado pelo Ministério da Indústria e Comércio. As características determinantes para o financiamento são:

- Se o projeto apresentar o desenvolvimento de novo produto ou um processo industrial ou implementar melhorias significativas, a concessão do volume de investimento é de 50% dos gastos em P&D; Se a firma desenvolve projetos em áreas preferenciais, o valor aprovado do projeto é de 60%.
- Se o projeto apenas melhorar um produto existente, a concessão é de 30%. Mas, se a empresa estiver em fase inicial, o valor da concessão aumenta para 66%, sendo que o limite é de US\$ 250.000 por ano, durante os dois anos iniciais.

Ainda em Israel, o programa TNUFA é desenvolvido para contribuir com a geração de patentes, a construção de protótipos para verificar a viabilidade da idéia, preparação de um plano de negócio e a mobilização inicial de capital. Esta concessão apresenta estrutura para aprovar um limite de 85% dos custos do projeto.

O Quadro 3.3 sintetiza informações sobre vários programas no mundo para desenvolvimento de inovação tecnológica. Em uma dimensão mais detalhada, o Quadro 3.4 apresenta as características específicas para diferentes programas governamentais, especialmente em pequenas empresas. Estes programas têm diferentes aportes financeiros, tendo em vista atender a realidade específica dos diferentes países.

PAÍS	PROGRAMA	NOME	INICIO	PAÍS	PROGRAMA	NOME	INICIO
EUA	ATP	<i>Advanced Technology Program</i>	1988	Canadá	IRAP	<i>Industrial Research Assistance Program</i>	1990
EUA	SBIR	<i>Small Business Innovation Research</i>	1982	China		<i>863" Program</i>	1986
EUA	SEMATECH	<i>SEMATECH research consortium</i>	1987	Finlândia	Tupas	<i>Finland's Tekes Program</i>	1983
Nigéria	SAP	<i>Structural Adjustment Programme</i>	1986	Portugal	PRIME/ PROINOV	<i>Programa de Incentivos à Modernização da Economia</i>	
Coréia	KAITECH	<i>Korean Academy of Industrial Technology</i>	1997	Estônia		<i>R&amp;D financing programme/ Spinn programme</i>	2001
Inglaterra	SBRI	<i>Small Business Research Initiative</i>	2000	Taiwan	SBIRPP	<i>Small Business Innovation Research Promoting Program</i>	1997
Inglaterra	SMART	<i>Small Firms Merit Award for Research and Technology</i>	1986	Europa	IMP <sup>3</sup> rove	<i>IMProvement of Innovation Management Performance with Sustainable IMPact</i>	
Inglaterra		<i>Business Links programme</i>	1988	China		<i>11th Five-year Plan</i>	2006
Israel		<i>TNUFA programme</i>	1991	Israel	Magnet Program	<i>New Israeli Shekel</i>	
Israel		<i>Technological Incubator Programme</i>	1991	Japão	Japan's ASET program	<i>Japan Teiankobo</i>	1997
Israel		<i>Hezrek Fund</i>	2003	Japão		<i>Fifth generation project</i>	<b>1981</b>
França		<i>Public incubators programme</i>	1999	Índia	TBI	<i>Technology Business Incubator</i>	
Chile		<i>Chile Innova</i>	2001	Áustria	SMEPOL	<i>SME policy and the Regional Dimension of Innovation</i>	1996
Alemanha		<i>BMW's Pro Inno</i>	1990	Canadá	CSA's	<i>Space Science Program</i>	1989
Holanda	SBIR	<i>Dutch SBIR Project</i>	2004	Europa	ESPRIT	<i>European Strategic Programme for Research and Development of Information Technolog</i>	1984
Europa	HiGroSMEs (Gazelle)	<i>High growth-potential SMEs</i>	2005	Austrália	SOB	<i>Small Business Online (SBO) Program</i>	2009

**Quadro 3.3** – Programas governamentais de financiamento e fomento à inovação tecnológica no mundo

Programas Governamentais		SBIR	SMART	TNUFA	IRAP	FONTEC	SMEPOL Project	SBIRPP	PIPE	START
País		Estados Unidos	Inglaterra	Israel	Canadá	Chile	Áustria	Taiwan	Brasil/SP	Russia
Órgão regulamentador		GAO	DTI	OCS	NRC	Corfo		MOEA	FAPESP	<i>ITCs</i>
Número de funcionários		500	50-250	100	500	100	249	200	99	
Data de fundação		1982	1986	-	1990	1991	1996	1997	1997	1996
Limite de fomento		100 -750 mil	Euros 45 - 300 mil	-	\$500 mil	50% dos custos	350 mil euros	-	125 mil 500 mil	-
Total de projetos		541	582	-	-	2459	-	-	808	-
Empresas		894	-	1098	-	5606	4870	-	613	2000
Volume de dispêndio		US\$ 9,5 bilhões	-	-	630 milhões	250 milhões	409 milhões euros	200,4milhões	-	-
Período de análise		1985-1995	1995-1998	1990-1995	1999-2003	1991-2001	1999-2004	1997-2005	1997-2008	1996-2004
Critérios de Seleção	Originalidade	•	•	-	•	•	•	•	•	•
	Capacidade técnica	•	•	-	•	•	•	-	•	•
	Saúde financeira	•	•	-	-	-	•	•	•	•
	Prospecção comercial	•	•	-	•	-	•	•	•	•

**Quadro 3.4** – Programas governamentais de incentivo à inovação para pequena e média empresa no mundo

Elaborada a partir: Fapesp (2008); Bansal (2005); Wessner (2007); Hsu e Hsueh (2009); Moore e Garnsey (1993); Lach (2002); Cozzarin(2009); Slater; Twyman e Blackman (2000); Lerner (1999); Fapesp (2009); Tödtling; Kaufmann (2001)



### 3.3.1 Avaliação de impacto de programas de incentivo à inovação

A importância dos programas governamentais, na economia, tem gerado pesquisas que refletem diferentes efeitos, dependendo das peculiaridades de cada Sistema Nacional de Inovação (SNI).

Em uma perspectiva macro, os programas governamentais são direcionados para incentivar o P&D, diminuindo os riscos de incerteza e podendo gerar atrativas taxas de retornos, inclusive benefícios sociais superiores. O objetivo dos programas é aumentar a comercialização das inovações derivadas por fundos de pesquisas federais (WALLSTEN, 2000).

Para mensurar os efeitos dos programas governamentais, a literatura apresenta várias fontes quantificando o impacto no contexto do crescimento econômico, podendo gerar efeitos positivos (CZARNITZKI; EBERSBERGER; FIER, 2007), negativos (BUSON, 2000) e ambos (LACH, 2002). Estas pesquisas utilizam diferentes modelos para avaliar estes efeitos que, de acordo com David, Hall e Tool (2000), diferenciam-se no tamanho da amostra e na metodologia.

A literatura apresenta, como principais marcos sobre este tema, trabalhos como os de Lerner (1999) e Wallsten (2000), que mensuram a realidade americana. Outras pesquisas empíricas são realizadas para delinear o panorama sobre o programa do SBIR e ATP com Audretsch, Link e Scott (2002); Feldman e Kelly (2006); Van der Vlist, Gerking e Folmer (2004); Link e Scott (2009). Ampliando o escopo para o cenário mundial, é possível identificar Busom (2000) e Callejón e Garcia-Quevedo (2005) para Espanha; Ozcelik e Taymaz (2008) na Turquia; Lach (2002) em Israel; Kaufmann e Todtling (2002) na Áustria; Sakakibara (1997) e Lynskey (2004) no Japão; Czarnitzki, Ebersberger e Fier (2007), na Alemanha e Finlândia; Alvarez e Crespi (2003) no Chile.

Em um dos principais textos, Lerner (1999), avalia impactos, ao longo prazo, do programa SBIR sobre as vendas das empresas e o emprego. Como resultado, a pesquisadora observa que as concessões governamentais têm somente um limitado impacto positivo, exceto nas áreas que exigem atividades de *venture capital*.

Para encontrar a correta potencialidade nas decisões dos fundos públicos, Wallsten (2000) usa três equações na modelagem do processo de concessão do programa e das firmas. Usando a base de dados original, os subsídios em P&D e emprego são variáveis correlacionadas na pesquisa do autor, o qual revela que as firmas com mais funcionários recebem subsídios, mas o subsídio governamental não conduz ao aumento de emprego. Em

sua totalidade amostral, este autor identifica que empresas maiores e com mais experiência tem uma probabilidade maior para serem subvencionadas. Em outra análise, consta que o número de concessões do SBIR tem reduzido os gastos de P&D da firma, porém, nesta análise específica, a amostra foi reduzida para 81 observações.

Com uma similar pesquisa, Audrestech, Link e Scott (2002) corroboram os efeitos assinalados na pesquisa anterior. Em outra abordagem, apenas Link e Scott (2009) avaliam a melhoria do desempenho do programa SBIR, com a intervenção do investidor privado, tanto nas taxas de comercialização quanto no desenvolvimento da pesquisa. Em parâmetros de comercialização, Link e Scott (2009) determinam a probabilidade de sucesso de 0,47 para os projetos aprovados na Fase II do programa do SBIR.

A partir deste contexto, pode-se observar que cada trabalho apresenta procedimentos com níveis de dados e análises distintas: (a) pelo uso de dados nacionais (OZÇELIK; TAYMAZ, 2008); (b) com dados estaduais (VAN DER VLIST; GERKING; FOLMER, 2004); (c) pelo uso de dados agregados por região (KAUFMANN; TODTLING, 2002); (d) por *cluster* setorial (SAKAKIBARA, 1997).

A magnitude e a significância destas contribuições têm, portanto, sido assunto para muitas controvérsias, porque a literatura apresenta os fatores essenciais de influência como sendo decorrentes: (a) do alinhamento da universidade; (b) do nível de colaboração (CZARNITZKI; EBERSBERGER; FIER, 2007); (c) da formação de redes; (d) do agrupamento dos *clusters*.

Em uma visão micro, o impacto dos programas governamentais pode apresentar dois tipos de resultados (efeitos): (1) complementares aos investimentos privados (CALLEJÓN; GARCIA-QUEVEDO, 2005; KOGA, 2005) e (2) substitutos aos investimentos privados (OZÇELIK; TAYMAZ, 2008).

No debate contemporâneo, os efeitos dos programas governamentais em países desenvolvidos e em desenvolvimento têm resultado em diferentes análises, o mesmo ocorrendo com intervenções indiretas, como os subsídios na forma de incentivos fiscais (HSU; HSUEH, 2009).

Em uma pesquisa na Turquia, Ozçelink e Taymaz (2008) avaliam como insignificantes os efeitos das subvenções em P&D no estímulo ao investimento privado em P&D, o mesmo ocorrendo com as firmas favorecidas com incentivo fiscais. Este resultado coincide com a realidade exposta por Buson (2000), quando executa as mesmas análises para a Espanha. Para o caso de Israel, Lach (2002) avalia os efeitos positivos com os gastos públicos em P&D para empresas de pequeno porte, porém, pontua que os mesmo gastos provocam efeito negativo

sobre o P&D nas grandes empresas. Como resultado, este autor constata que existem evidências de que, ao aumentar o subsídio em P&D, proporcionalmente, aumentam os gastos privados, no longo prazo, apresentando 0,23 de elasticidade para empresas subsidiadas.

Observando a realidade dos países emergentes, Malik e Kotabe (2009) desenvolvem um estudo para verificar se as políticas de suporte para o mercado e de inovação afetam o desempenho no que tange aos conhecimentos organizacionais, na engenharia e na flexibilidade da manufatura para Índia e Paquistão. Estes autores obtêm resultados, para uma amostra com 155 firmas (65 – Índia; 50 – Paquistão), que apontam para insignificante influência destas políticas, no desempenho das empresas.

Nos países emergentes, de uma maneira geral, os suportes governamentais de P&D auxiliam na superação dos críticos obstáculos das empresas iniciantes. Em Taiwan, de acordo com os estudos de Hsu e Hshen (2009), este apoio à falta de fundos para construção de infraestrutura adequada se dá com vantagens para ajudar as firmas na formação de *venture*. Callejón e Garcia-Quevedo (2005) acrescentam que os investimentos públicos têm sido complementares aos investimentos privados.

Para um panorama de países mais industrializados, Czarnitzki, Ebersberger e Fier (2007) analisam os impactos das políticas de inovação e colaboração na Alemanha e Finlândia. Este tipo de subsídio tem um impacto positivo sobre os *outputs* da inovação. Koga (2005) avalia os efeitos dos subsídios governamentais para uma amostra com 233 pequenas e médias empresas nascentes de alta tecnologia, com dados em painel, no Japão. Dada sua interpretação, empresas em fase de crescimento demandam mais fomento que empresas imaturas, o que torna os programas de P&D uma ferramenta efetiva para financiar empresas. O Quadro 3.5 resume pesquisas sobre avaliação de programas governamentais.

<b>Autores</b>	<b>Tipo de dados</b>	<b>Abordagem</b>	<b>Numero de observações</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Método</b>	<b>Período da análise</b>	<b>Programa/Fonte</b>	<b>Local</b>
Van der Vlist; Gerking; Folmer (2004)	<i>Cross-section</i>	Macro (projetos)		Valor monetário (ou numero de concessão);Assistência, Extensão	OLS (Modelos dos efeitos fixos)	1984-1994	SBIR	EUA
Wallsten (2000)	<i>Cross-section</i>	Macro (projetos)	481	Log Idade, log funcionários, fundos, patentes	OLS (Modelos dos efeitos fixos) ;	1990-1992	SBIR	EUA
	<i>Transversal</i>	Macro (firmas)	81	Log Idade, log funcionários, fundos, patentes e gastos P&D	OLS	1992	SBIR	EUA
Link e Scott (2009)	<i>Cross-section</i>	Macro (firma)	762	Participação de investidores; comercialização, idade do projeto, receita total, quantidade concessão	OLS -Modelo de probabilidade linear/ probit	1992-2001	SBIR	EUA
Lerner (1999)	<i>Cross-section</i>	Firmas	541	Taxa de emprego, Vendas, Ativos intangíveis, Lucratividade	OLS	1983-1997	SBIR	EUA
Feldman e Kelly (2006)	<i>Transversal</i>	Projetos	240	Novas parcerias, novo direcionamento P&D, Link universidades, clientes	Logit	1998	ATP	EUA
Ozçelik e Taymaz (2008)	<i>Cross-section</i>	Projetos	983666	Custos de P&D, custos dos inputs; Taxa de salário; Output; transferência de tecnologia, intensidade setorial	Tobit; Efeitos fixos; modelos dinâmicos	1993-2001	TTGC e TIDEB	Turquia
Audretsch, Link e Scott (2002)	<i>Transversa</i>	Firmas	112	Idade da companhia, os fundadores são de outras empresas, taxa das receitas, plano de mercado	OLS - Tobit	1992	SBIR	EUA
Lach (2002)	<i>Cross-section</i>	Firmas	322	Gastos P&D, Subsídio, Funcionário e Vendas	OLS	1990-1995	OSC	Israel
Koga (2005)	<i>Cross-section e transversal</i>	Firmas	233	Subsidio imposto por venda, número de pesquisadores, número de empregados	Modelos efeitos fixos	1995-1998	JASMEC	Japão
Czarnitzki, Ebersberger e Fier (2007)	<i>transversal</i>	Firmas	1043 (Alemanha) 1459 (Finlândia)	Intensidade de P&D, patente, N. funcionário por patente; colaboração	OLS	1996 e 2000	CIS; Eurostat e o innovation and SME program	Alemanha e Finlândia

**Quadro 3.5** – Sistematização de pesquisas empíricas para avaliar programas governamentais na literatura internacional

### 3.3.2 Programas governamentais de incentivo à inovação na esfera brasileira

O desenvolvimento de atividades inovativas no cenário brasileiro exige das empresas, sobretudo das pequenas, um volume de recursos que, em geral, não está disponível em seus orçamentos. Visando suprir as necessidades das empresas, observa-se, a partir da década de 1950, o surgimento de políticas públicas para intervir na economia, de modo que a combinação dos fatores estimulasse a geração de suportes financeiros ao desenvolvimento tecnológico.

Neste sentido, foram criados importantes órgãos de fomento nas esferas federal, estadual e municipal. Dentre os federais, destacam-se: CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ambos criados em 1951; e a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, de 1967, a qual dispõe de adequada infra-estrutura para direcionar recursos às universidades, laboratórios e centros de pesquisa.

No âmbito estadual, o estado de São Paulo criou a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) em 1960. Inspirado pelo programa *Small Business Innovation Resource* (SBIR), o Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (PIPE) foi desenvolvido em 1997 pela FAPESP (PEREZ, 1999) e tem como função apoiar pesquisas de inovação tecnológica nas pequenas empresas por meio da concessão de financiamento ao pesquisador vinculado ou associado à empresa (CRUZ, 2000).

Para participar do programa, as pequenas empresas precisam atender alguns critérios estruturais estabelecidos pela instituição (FAPESP, 2009):

1. Contemplar um quadro de funcionários com até 100 colaboradores;
2. Apresentar um projeto de pesquisa para investir em novos produtos ou processos produtivos de alto conteúdo tecnológico;
3. Apresentar um pesquisador para coordenar o projeto durante o período vigente no desenvolvimento.

O desenvolvimento das pesquisas inovadoras pode ser executado para solucionar problemas em 9 grandes áreas do conhecimento. Para a Fapesp (2009), as grandes áreas estão subdivididas em 51 áreas. O Quadro 3.6 apresenta as áreas de conhecimento, correlacionando com as subáreas adotadas pela instituição governamental.

GRANDES ÁREAS	ÁREA DO CONHECIMENTO
Ciências agrárias (7)	Agronomia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Engenharia agrícola, Engenharia veterinária Recursos florestais, Recursos pesqueiros, Zootecnia
Ciências biológicas (8)	Bioquímica, Ecologia, Morfologia, Biologia Geral, Imunologia, Farmacologia, Microbiologia, Genética
Ciência da saúde (8)	Odontologia, Farmácia, Medicina, Fonoaudiologia, Saúde coletiva, Educação física, Fisioterapia e Terapia ocupacional
Ciências Exatas e da terra (7)	Ciência da Computação, Química, Física, Geociência, Matemática, Oceanografia e Probabilidade de Estatística
Ciências humanas (2)	Educação e psicologia
Ciências sociais aplicadas (7)	Administração, Arquitetura e Urbanismo, Desenho industrial, Economia, Comunicação, Turismo e Ciências sociais aplicadas
Engenharias (10)	Materiais e Metalúrgica, Elétrica, Sanitária, Aeroespacial, Química, Biomédica, Produção, Minas, Mecânica, Naval e Oceânica
Interdisciplinar	Interdisciplinar
Linguística letras e artes (1)	Artes

**Quadro 3.6** – Grandes áreas de conhecimento da FAPESP

O programa PIPE tem como proposta fundamental compartilhar o risco na execução do projeto por meio do financiamento (PEREZ, 1999) e aumentar a competitividade das pequenas empresas brasileiras no âmbito nacional e internacional, com enfoque dado ao estado de São Paulo (CRUZ, 2000).

A FAPESP segmenta o procedimento de desenvolvimento dos projetos em três fases, com características específicas: (a) Fase I; (b) Fase II e (c) Fase III (PERES, 1999; CRUZ, 2000).

A Fase I é a fase inicial do projeto de inovação tecnológica, com seis meses de duração. Nesta fase, declara-se a idéia da proposta e se definem os parâmetros de viabilidade técnica do projeto, visto que os resultados se tornam critérios qualificadores para a próxima fase do programa. Como alternativa, para auxiliar o desenvolvimento, é possível utilizar recursos

financeiros para subcontratar um terço das atividades, necessárias ao desenvolvimento do projeto, de outras empresas, consultores ou instituições de pesquisa e dois terços das atividades devem ser realizadas na empresa.

A Fase II desencadeia o desenvolvimento do projeto no período de vinte e quatro (24) meses, sendo considerada a fase mais importante. Nesta fase, a empresa deve desenvolver pelo menos metade das atividades inovativas e as demais podem ser subcontratadas junto a consultores e instituições de pesquisas.

Cada fase tem um limite máximo de recursos que pode ser concedido ao coordenador do projeto. Ao longo dos anos, este valor foi alterado para atender melhor as necessidades da demanda, conforme o Quadro 3.7. Em 2000, a estimativa seria atender vinte (20) concessões, afirmam os autores Perez (1999) e Cruz (2000).

Em termos de estrutura financeira, o fomento deste programa é caracterizado por duas vertentes: (I) projetos fase I – desenvolver estudo de viabilidade técnica e comercial, com o limite de R\$ 120 mil e (II) projetos fase II – desenvolver projetos de concepção de produto/processo inovativo, com o limite de R\$ 500 mil. Vale ressaltar que os projetos fase II são decorrentes do sucesso da fase I, porém, existem projetos no PIPE aprovados diretamente para fase II, sem terem passado pela fase I.

Evolução dos fomentos ao longo do período				
Período	97-99	2002	2004	05-09
Fase I	50 mil	75mil	100 mil	125 mil
Fase II	200 mil	300 mil	400 mil	500 mil
Fase III	-	-	500 mil	-

**Quadro 3.7** – Evolução dos limites de fomento de 1997- 2009

Fonte: Elaborada a partir dos autores Perez (1999); Cruz (2000); Delbem (2002); Fapesp (2009); Fapesp (2004); Fapesp (2009).

A FAPESP prevê que um terço dos projetos beneficiados na fase I recebe auxílio para desenvolver os projetos na fase II (PEREZ, 1999) e, a partir do resultado desta segunda fase, as empresas precisam viabilizar outro apoio financeiro para subsidiar a fase III.

A Fase III é representada como a etapa de comercialização dos novos produtos desenvolvidos nas fases I e II, sendo denominado Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas (PAPPE). Nesta fase, a Fapesp não disponibiliza apoio financeiro, porém, auxilia na obtenção de outras fontes de recursos caso a pesquisa comprove viabilidade técnica, social e econômica na formulação do projeto. Este programa foi concebido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) para ser executado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) em parceria com agências de apoio à pesquisa dos estados brasileiros (FAPESP, 2009).

A partir do panorama de programas governamentais em inovação tecnológica, os incentivos proporcionam estímulos que desencadeiam vantagens competitivas para as firmas no nível micro, representadas por diferentes saídas relativas às entradas de recursos. A conclusão final de Wallsten (2000) é que os subsídios governamentais podem ser decisivos para atividades de P&D e a produtividade da empresas.

Na visão sistêmica, os programas governamentais possibilitam às empresas desenvolver os projetos mais rapidamente, com aumento da escala e desenvolvimento do protótipo, para alcançar os níveis comerciais. Ao permitir maior rapidez, Falk (2007) declara que as empresas podem diminuir o tempo de desenvolvimento.

Os resultados consistem em avanço no desempenho tecnológico das empresas. Alguns exemplos de resultado para estes programas de subsídios são: geração de patentes; efeitos do P&D sobre as vendas de novos produtos; aumento da capacidade de conhecimento; benefícios na capacidade comercial; aumento da participação de mercado gerada pelos projetos (GEORGHIOU *et. al.*, 2004; FALK, 2007).

A Figura 3.3 ilustra os três períodos evolutivos de uma organização, associados aos fenômenos que influenciam cada fase, no processo de desenvolvimento da inovação tecnológica.

As entradas são definidas por Falk (2007, p.205) como “*inputs* adicionais para o aumento das atividades de P&D, que podem ser mensuradas, particularmente, pelo auxílio do programa, os quais aumentam o nível de P&D e a qualidade da indústria”. Cada firma advoga estratégias diferentes para alocar os recursos obtidos pelo programa de auxílio governamental com o alinhamento dos fatores internos (gerenciamento) e externos (colaboração externa), resultando em saídas.



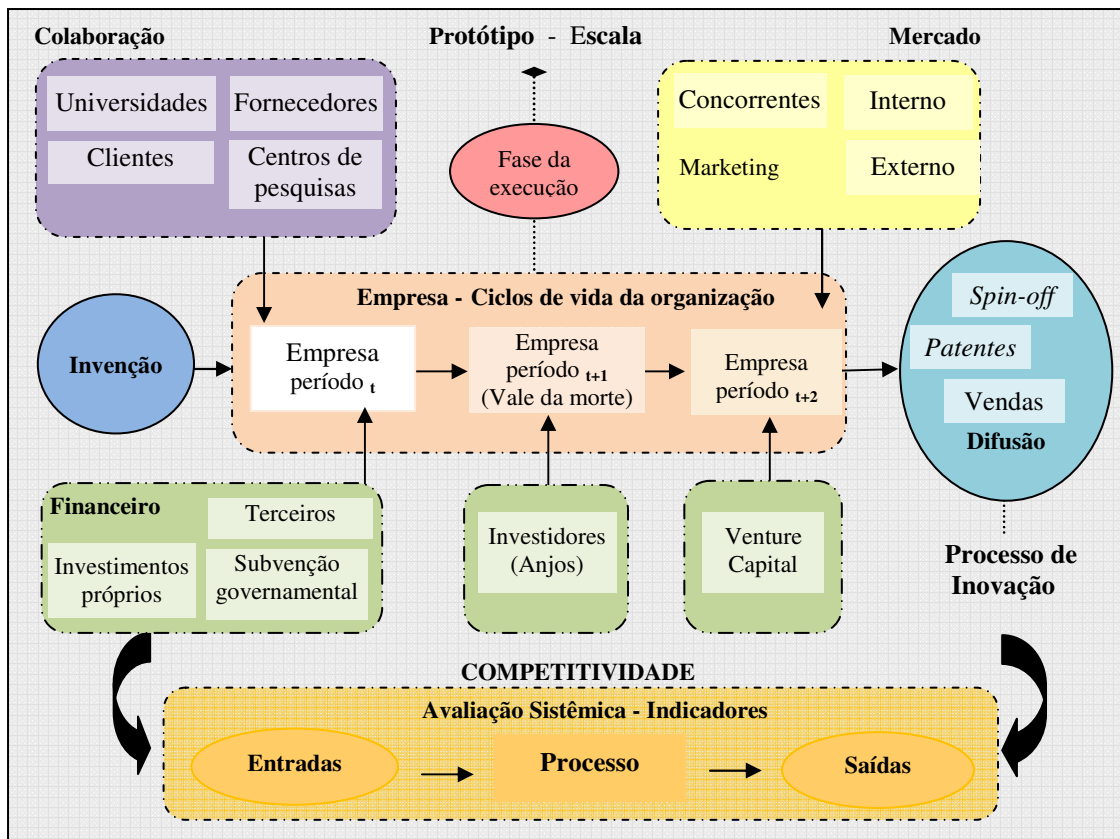


Figura 3.3 – Efeitos dos programas governamentais

Na parte superior da Figura 3.3 estão representadas as fases de desenvolvimento dos projetos e os atores diretamente envolvidos. Na parte central estão as fases do processo de desenvolvimento tecnológico, iniciando com a entrada, Invenção, o ciclo de vida da empresa para a tecnologia e as saídas, na forma de Patentes, Vendas e *Spin-off*. Cada uma das fases do processo de desenvolvimento tecnológico está alinhada com as fontes de financiamento inerentes, logo abaixo, na Figura 3.3. E, finalmente, o processo de avaliação sistêmica a que se propõe o presente trabalho, com o intuito de medir a competitividade resultante do desenvolvimento dos projetos de inovação tecnológica.

Em síntese, são flagrantemente três estágios distintos:

- **período t** – a empresa demanda uma quantidade de investimentos, que podem ser próprios, de terceiros e, principalmente de origem governamental, para obter infraestrutura adequada que propicie o desenvolvimento da idéia; este estágio é marcado pelo

relacionamento colaborativo com Universidades, Fornecedores, Clientes e Centros de Pesquisa.

- **período t+1** – a partir da constatação da viabilidade do projeto, o ciclo de desenvolvimento é caracterizado pela transposição do protótipo para a produção em escala, considerado como sendo um período crítico, pois necessita de investidores – Anjos - para a posta em marcha da produção; é neste estágio que muitas empresas perdem força, o que alguns autores chamam de Vale da Morte.
- **período t+2** – representa o início do possível ciclo de desenvolvimento, quando as empresas necessitam avaliar o mercado (número de concorrentes, o direcionamento dos produtos no mercado interno e externo, a política de preço) e promover a Difusão; uma fonte comum de recursos para este estágio é a formação de alianças do tipo *venture capital*.

A análise de todo este processo, aliada aos atores envolvidos e às fontes de financiamento específicas propiciam a mensuração do efeito de longo prazo dos investimentos em inovação tecnológica, aqui representada pela competitividade. A competitividade é, por essência, a concretização dos esforços de inovação da empresa, quer estes esforços incidam sobre os produtos (responsabilidade da função estudos e desenvolvimentos), os procedimentos (responsabilidade da função comercial) ou a gestão (responsabilidade da função controle).

## CAPÍTULO 4

# AValiação DE Eficiência - ANálise ENVOLTÓRIA DE DADOS E ÍNDICE *MALMQUIST*

---

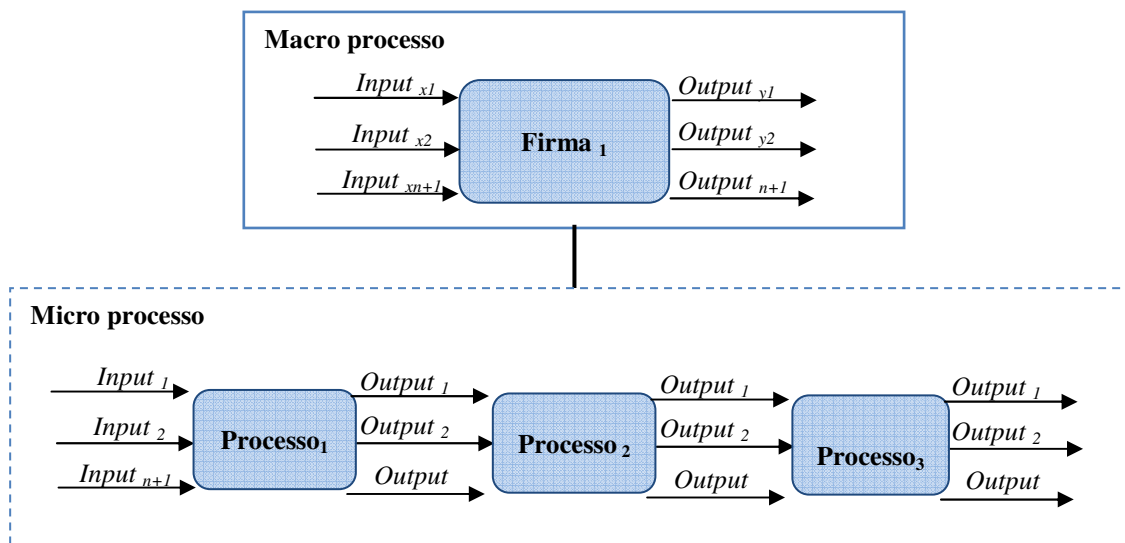
Este capítulo tem como objetivo descrever os principais conceitos ligados à eficiência produtiva, sob a ótica sistêmica, com o objetivo de aplicá-los a um conjunto de empresas. Ao conduzir este tipo de exame, duas técnicas interessantes de serem utilizadas são: a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA), que lida com o conceito de fronteira de eficiência, e o índice *Malmquist*, que mede a evolução da produtividade no tempo. Este capítulo apresentará os principais conceitos ligados a estas técnicas.

### 4.1 Introdução

Para Charnes, Cooper e Rhodes (1978), o relacionamento entre a engenharia e a economia tem delineado novas perspectivas, com novas interpretações e caminhos a serem utilizados em avaliações e controles gerenciais distintos. Neste contexto, a pesquisa operacional é a disciplina que melhor circunscreve este ambiente complexo (LOVELL *et al.*, 1988).

A engenharia de produção avalia os sistemas produtivos a partir de uma visão de macro atividades, composta por variáveis que englobam uma gama de possíveis dimensões (ALMEIDA, 2007). Os macro processos são formados pela somatória de micro processos, cuja avaliação pode ser relevante, quando permite a identificação e mensuração das variáveis responsáveis pelo acréscimo da produtividade de um sistema.

De maneira padronizada, a avaliação de um sistema produtivo inicia-se com uma simples análise referente às suas entradas e saídas, por meio de indicadores. Vale ressaltar que a engenharia de produção postula que, para avaliar todo e qualquer sistema, é necessário primeiramente definir quais são os seus principais *inputs* e *outputs* (ALMEIDA, 2007). A Figura 4.1 representa as duas perspectivas utilizadas para se avaliar um sistema: a visão macro e a de microprocessos, com seus respectivos *inputs* e *outputs*.



**Figura 4.1** – Composição da estrutura sistêmica dos macro processos em uma firma

Neste contexto sistêmico, uma medida de desempenho amplamente utilizada é a razão entre as saídas e as entradas de um sistema, que é intitulada produtividade (COOPER; SEIFORD; TONE, 2003; MARIANO, 2008). Aos maiores valores desta razão é associado o melhor desempenho da unidade (COELLI *et al.*, 2005).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Outputs}}{\text{Inputs}}$$

Existem dois tipos de produtividade: a produtividade total dos fatores e a produtividade parcial dos fatores. A produtividade parcial dos fatores é mensurada apenas com partes dos indicadores, o que pode gerar resultados inconsistentes, dependendo das variáveis selecionadas. A produtividade total dos fatores, por outro lado, requer cálculos mais sofisticados, visto que envolve todos os fatores de produção (COOPER; SEIFORD; TONE, 2003; COELLI *et al.* 2005).

Com a sofisticação dos processos produtivos, a produtividade total dos fatores se torna mais relevante. Para realizar o cálculo desta produtividade é requerido um peso associando a cada variável de entrada e de saída do sistema. Para microeconomia, estes pesos podem ser interpretados como sendo **utilidades**.

Na extensão deste conceito, a produtividade pode ser representada pela relação entre 2

entidades, formadas pela combinação linear dos indicadores de entrada e saída do sistema. Esta combinação linear forma os chamados *inputs* e *outputs* virtuais (COOPER; SEIFORD; TONE, 2003). Para Mariano (2008), o *input* virtual e o *output* virtual recebem este nome porque, apesar de estarem simulando *inputs* e *outputs* reais, não existem de fato; são apenas entidades fictícias que representam, respectivamente, todos os *inputs* e todos os *outputs* de um sistema, por meio de um valor. A Expressão 4.1 apresenta o procedimento matemático de cálculo da produtividade total dos fatores e do *input* e *output* virtual.

$$\text{Produtividade} = \frac{u_1 \cdot y_1 + u_2 \cdot y_2 + u_{n+1} \cdot y_{n+1}}{v_1 \cdot x_1 + v_2 \cdot x_2 + v_{n+1} \cdot x_{n+1}} = \frac{O_v}{I_v} \quad (4.1)$$

Os sistemas podem aumentar o seu desempenho produtivo por meio da tecnologia incorporada, aumento da eficiência técnica ou ajuste na escala de produção (DRUCKER, 1991). O sistema que consegue utilizar, de maneira mais adequada, os recursos organizacionais e produtivos, e alcançar a produtividade máxima, para um dado estado tecnológico de acontecimento e uma dada quantidade utilizada de *inputs*, poderá ser considerado eficiente (BALK, 2001). O estudo da eficiência produtiva trata da relação entre *input* e *output* num sistema de macro atividades, sendo que o objetivo principal é produzir mais *output*, com a mesma quantidade de *input*, ou produzir a mesma quantidade de *output*, utilizando uma quantidade menor de *input* (VARIAN, 1992).

Um índice de eficiência produtiva pode ser obtido pela relação entre a produtividade de um sistema (P) e o máximo valor que essa produtividade pode atingir no atual contexto ( $P_{\max}$ ), conforme ilustra a Expressão 4.2. Charnes, Cooper e Rhodes (1978) alertam que o resultado é uma taxa relativa entre 0 e 1, que também pode ser expressa em termos percentuais.

$$\text{Eficiência} = \frac{P}{P_{\max}} \quad (4.2)$$

Em que:

P = Produtividade atual da unidade; e,

$P_{\max}$  = Produtividade máxima que pode ser alcançada por essa unidade.

Para uma unidade, é possível calcular dois tipos de eficiência: (a) a eficiência absoluta e a (b) eficiência relativa. Na eficiência absoluta, a produtividade máxima ( $P_{\max}$ ) é um valor teórico e idealizado. Enquanto isso, na eficiência relativa, o  $P_{\max}$  é a produtividade da concorrente mais eficiente entre as unidades em análise.

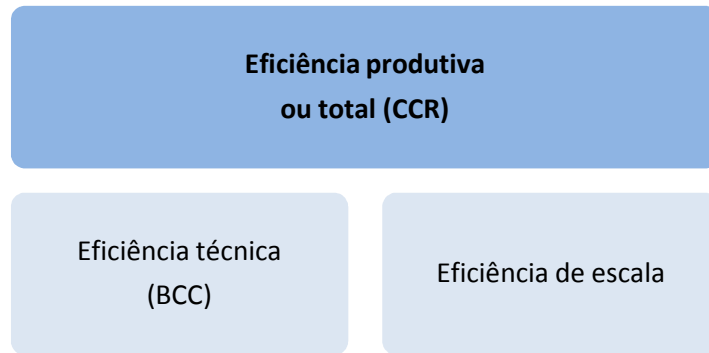
Para Farrell (1957), a eficiência relativa é obtida quando se compara diferentes sistemas econômicos objetivando determinar as medidas de eficiência. Farrell (1957) tentava calcular a produtividade para todo e qualquer tipo de organização, sendo que para tal ignorava as diferentes unidades das variáveis do problema. Como extensão deste conhecimento clássico, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) introduziram cálculos matemáticos para determinar a eficiência relativa com múltiplas entradas e saídas, utilizando uma unidade como referência.

Determinada a eficiência do conjunto, as unidades produtivas mais eficientes podem balizar as ineficientes, sendo utilizadas como referência, no estabelecimento de metas com a função de melhorar o desempenho (KOZYREFF FILHO; MILIONI, 2004), a fim de se alcançar a eficiência.

Com base na microeconomia, a eficiência discorrida para este contexto pode ser desmembrada em (BALK, 2001): (1) eficiência técnica; (2) economia de escala.

Segundo Balk (2001), a eficiência técnica (ET) de produção referencia a taxa entre o atual *output* e o máximo *output* que a organização consegue produzir com um dado conjunto de *inputs* e com a tecnologia disponível. Em outras palavras, a ET indica a potencialidade máxima dos *outputs* de uma organização, a partir dos *inputs* e considerando o relacionamento físico e de produção.

Já por outra estrutura conceitual, a economia de escala tem sido um tópico bastante discutido nos centros de excelência com pesquisa de caráter teórico e prático (WANG; HUANG, 2007). Em um cenário de inovação tecnológica, as eficiências de escala podem ser mensuradas para avaliar os ganhos de escala obtidos com os investimentos em P&D, por exemplo. De posse dos resultados obtidos pela eficiência de escala e técnica, resulta-se no cálculo da eficiência produtiva, conforme a Figura 4.2. A produtividade total é determinada pela multiplicação da eficiência técnica pela eficiência de escala.



**Figura 4.2** – Estruturação dos diferentes tipos de eficiência

A partir desta estrutura, Coelli *et al.* (2005, p.4) representam este tema definindo:

“Nós concluímos que uma empresa pode ser tecnicamente eficiente, mas ainda pode se adaptar para melhorar a produtividade por explorar as economias de escalas. Dado que a mudança de escala das operações da firma pode frequentemente ser difícil de ser alcançada rapidamente, a eficiência técnica e a produtividade podem ser interpretadas para o curto e longo prazo, em alguns casos.”

Para esta tese, o desempenho dos projetos governamentais com incentivo a inovação, especialmente em pequenas e médias empresas de base tecnológica, podem ser eficientes diante de um conjunto de fatores qualitativos que serão investigados ao longo da pesquisa.

## 4.2 Análise Envoltória de Dados

Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica baseada em programação linear, que tem a característica de comparar unidades operacionais homogêneas, as quais utilizam múltiplos *inputs* e *outputs*, para determinar a eficiência. As origens do DEA são reveladas pelos autores Forsund e Sarafoglou (2002); ela foi desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com base nos princípios derivados dos modelos de Farrell (1957).

Cook e Seiford (2009) oferecem a mais completa pesquisa sobre a Análise Envoltória de Dados já realizada. Esta pesquisa objetiva apresentar os vários modelos para mensurar a eficiência, que surgiram a partir do modelo original de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), onde foram incorporadas algumas restrições, com o objetivo de atender as especificidades dos ambientes complexos.

Com a flexibilidade no processo de avaliação, o DEA tem uma ampla base de aplicação prática em diferentes segmentos, como, por exemplo: pequenas empresas (BURKI; TERREL, 1998; ALVAREZ; CRESPI, 2003; YANG, 2009); programas governamentais (REVILLA; SARKIS; MODREGO, 2003; HSU; HSUEH, 2009); avaliação de P&D (WANG; HUANG, 2007); competitividade (GUAN *et al.*, 2006).

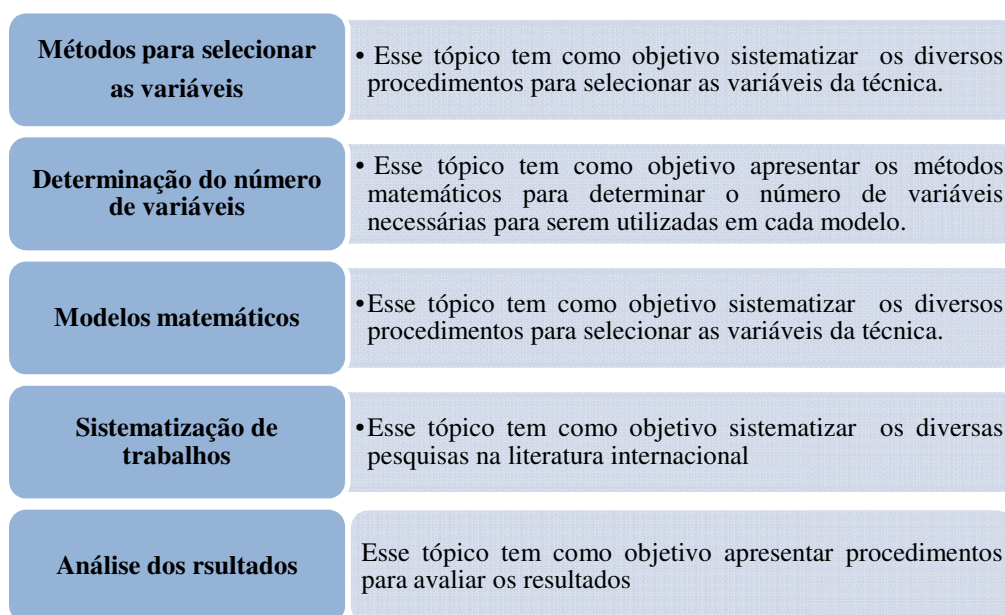
Decorrente das possibilidades de ampliação e desenvolvimento teórico, Avkiran e Parker (2010) apontam uma maturidade das pesquisas sobre eficiência no período de 1978-2007. No direcionamento das futuras pesquisas sobre o tema, estes autores australianos sinalizam as dimensões chaves para encorajar futuras pesquisas no direcionamento dos modelos de redes (*Networking Data Envelopment Analysis - NDEA*). Desenvolvido por Fare e Grosskopf (1996), o modelo NDEA tem como função compor o modelo por variáveis em subníveis.

Para mensurar a eficiência e aplicar o DEA, alguns conceitos precisam ser delineados, tais como:

- (1) **Unidade Tomadora de Decisão (*Decision Making Unit - DMU*)** – são as unidades em análise, quando se calcula a eficiência; elas são chamadas de Unidades Tomadoras de Decisão, pois na análise de eficiência pressupõem-se unidades autônomas. Na literatura sobre este tema, as DMU's podem representar diversos tipos de organizações;
- (2) ***Inputs e Outputs*** – são respectivamente os recursos disponíveis como entrada e os resultados do processo;
- (3) **Taxa de eficiência (E)** – é a taxa calculada pela razão entre a produtividade observada em uma dada unidade e a produtividade máxima que esta unidade pode alcançar considerando o setor em que atua. Este índice pode obter resultados que variam de 0 a 1;
- (4) **Fronteira de Eficiência** – a fronteira de eficiência representa o lugar geométrico formado pelas DMUs eficientes. Se a DMU obtiver uma taxa de eficiência 1 será representada na fronteira, caso contrário, será localizada abaixo;
- (5) ***Benchmark*** – é uma DMU eficiente que serve de referência para algumas DMUs ineficientes, o que possibilita o desenvolvimento de um plano de melhorias para estas unidades alcançarem um melhor desempenho.



Com amplitude do tema, Análise Envoltória de Dados apresenta procedimentos básicos para serem compreendidos. Neste sentido, a Figura 4.3 apresenta a estrutura deste tema em cinco pilares: (1) na determinação do número de DMUs; (2) nos procedimentos para selecionar as variáveis (3) nos diferentes modelos matemáticos; (4) na sistematização de trabalhos sobre o tema de avaliação de programas governamentais e pequena empresa e; (5) um procedimento para avaliar os resultados obtidos.



**Figura 4.3** – Estruturação dos temas apresentados no tópico sobre Análise Envoltória de Dados

#### 4.2.1 Número de DMUs

O número de DMUs é o principal pré-requisito para se realizar uma análise de eficiência confiável, porém, não existe um número ideal formalizado, apenas recomendações. Gomes *et al.* (2004) concluíram que se deve evitar o uso de um modelo com grande número de variáveis e sem relação de causalidade.

Dyson *et al.* (2001, p. 248) sugerem que, “para conseguir um nível razoável de discriminação, o número de unidades operacionais precisa ser no mínimo  $2*(m \times s)$ , em que  $m \times s$  é a multiplicação do número de *inputs* e *outputs*”.

Cooper *et al.* (2000) observam que o número de DMUs deve ser, no mínimo, três vezes maior que a quantidade de *input* ( $m$ ) somada com a de *output* ( $s$ ) ou maior que a multiplicação de

*inputs* e *outputs*. A Expressão 4.4 ilustra a relação entre a quantidade de variáveis e o tamanho da amostra.

$$n \geq \max \{m \times s; 3(m + s)\} \quad (4.4)$$

Em que:

n = número de DMUs;  
m = número de *inputs*;  
s = número de *outputs*.

#### 4.2.2 Métodos para selecionar variáveis

Os métodos de seleção de variáveis foram desenvolvidos para que pudessem ser obtidos resultados mais confiáveis nas análises. A seleção de variáveis deve considerar primeiramente a importância e a contribuição da variável para o objeto de estudo, pois a confiabilidade da análise está baseada nesta essência; a falta de variáveis importantes é referenciada como a primeira armadilha de uma seleção de variáveis (DYSON *et al.*, 2001).

Com base no princípio de homogeneidade entre as variáveis, um procedimento bastante simples para selecionar as variáveis é utilizar a análise de correlação. Segundo Jenkins e Anderson (2003), a análise de correlação possibilita excluir as variáveis que estão altamente correlacionadas entre si, pois elas seriam redundantes. Vale ressaltar que as análises multivariadas são as ferramentas ideais para identificar quais variáveis podem ser omitidas, visto que a correlação apresenta falhas neste aspecto, já que uma correlação alta não necessariamente significa causalidade. A exclusão de uma variável incorretamente pode ocasionar prejuízos futuros na análise, pois dependendo da variável excluída, os resultados serão completamente diferentes.

Ao tentar atenuar os erros da subjetividade ao excluir uma variável, as pesquisas recomendam subdividir as análises em três diferentes estágios, para avaliar o nível de significância das variáveis. Como propõem Wang e Hang (2007) e Hsu e Hsueh (2009), os estágios são:

1. Calcular a taxa de eficiência para todas as variáveis selecionadas.
2. Identificar o nível de significância das variáveis, retirando-as aos poucos,
3. Calcular a taxa de eficiência do novo conjunto de dados formado.

Em outra perspectiva, denominada de *stepwise*, Wagner e Shimshak (2007) apresentam um procedimento oposto ao que foi apresentado acima. Nesta perspectiva se parte de um par inicial de input e output e aos poucos se vai adicionando variáveis, sempre calculando o ranking de eficiência a cada variável adicionada (WAGNER; SHIMSHAK, 2007).

### 4.2.3 Sistematização dos modelos – Análise Envoltória de Dados

O primeiro modelo matemático da Análise Envoltória de Dados é o modelo de retornos constantes a escala, denominado CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), em referencia ao nome dos autores idealizadores; na literatura internacional, este modelo é referenciado como *Constant Returns to Scale* (CRS). Sua principal característica é determinar a eficiência total ou produtiva das DMUs sob avaliação.

Como extensão do modelo CCR, Banker *et al.* (1984), eliminando a necessidade de rendimentos constantes de escala, desenvolveram uma nova modelagem para o DEA, assumindo um retorno variável de escala; este modelo é denominado BCC ou VRS (*Variable Returns to Scale*) e estabelece a distinção entre as eficiências técnica e de escala, sendo que é capaz de estimar a eficiência técnica pura e de identificar se estão presentes ganhos de escala crescente, decrescente ou constante.

A partir da taxa de eficiência de ambos os modelos, a eficiência de escala pode ser calculada pela divisão da eficiência total (CCR) pela eficiência de técnica (BCC). Como menciona Balk (2001), o aumento da eficiência técnica significa que mais *output* pode ser produzido por uma dada quantidade de *inputs*. A partir destas diferenças, os modelos CCR e BCC apresentam uma representação gráfica diferente, representada na Figura 4.4.

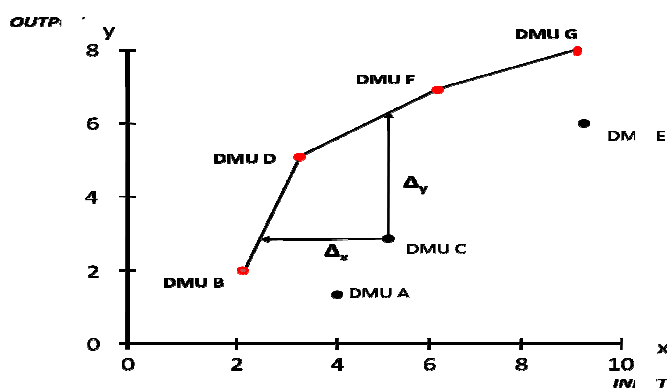


Figura 4.4 – Fronteira de eficiência

#### 4 Forma dos multiplicadores – BCC e CCR

Para Cook e Seiford (2009), o problema primal dos modelos BCC e CCR pode ser referenciado como forma do multiplicador, sendo que o dual deste modelo é referenciado como forma do envelopamento. Os modelos podem ser representados por dois tipos de orientação: voltado à minimização dos *inputs* ou à maximização dos *outputs*.

O Quadro 4.1 apresenta a formulação matemática do modelo CCR para suas duas orientações. Esta formulação é composta pela função objetivo e pelas respectivas restrições do modelo.

Modelo CCR primal	
Orientado ao <i>input</i>	Orientado ao <i>output</i>
$\text{MAX} = \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0}$	$\text{MIN} \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0}$
Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2, \dots, z$	Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{jk} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2, \dots, z$
$\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} = 1$
	$u_i \text{ e } v_i \geq 0$

**Quadro 4.1** – Modelo CCR primal com orientação para *input* e *output*

Em que:

$u_i$  = Utilidade do *output*  $i$ ;

$v_j$  = Utilidade do *input*  $j$ ;

$x_{jk}$  = Quantidade do insumo  $j$  da DMU  $k$ ;

$y_{ik}$  = Quantidade do produto  $i$  da DMU  $k$ ;

$x_{j0}$  = Quantidade do insumo  $j$  da DMU em análise;

$y_{i0}$  = Quantidade do produto  $i$  da DMU em análise;

$z$  = Número de unidades em avaliação;

$m$  = Número de *outputs*;

$n$  = Número de *inputs*

O Quadro 4.2 representa as funções objetivo e as restrições do modelo BCC primal com suas duas orientações.

Modelo BCC primal	
Orientado ao <i>input</i>	Orientado ao <i>output</i>
$\text{MAX} = \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} + u$	$\text{MIN} \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} + v$
Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{jk} + u - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, z$	Sujeito: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - v - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, z$
$\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} = 1$
$u_i$ e $v_i \geq 0$ e $u$ sem restrição de sinal	$u_i$ e $v_i \geq 0$ e $v$ sem restrição de sinal

**Quadro 4.2** – Modelos BCC com as orientações para *input* e *output*

Em que:

$u_i$  = peso calculado para o produto  $i$ ;

$v_j$  = peso calculado para o insumo  $j$ ;

$x_{jk}$  = quantidade do insumo  $j$  para unidade  $k$ ;

$y_{ik}$  = quantidade do produto  $i$  para unidade  $k$ ;

$x_{j0}$  = quantidade do insumo  $j$  para unidade em análise;

$y_{i0}$  = quantidade do produto  $i$  para unidade em análise;

$z$  = número de unidades em avaliação;

$m$  = número de tipos de produtos;

$n$  = número de tipos de insumo;e,

$u$  e  $v$  = coeficientes de retorno a escala

As variáveis “ $u$ ” e “ $v$ ” servem para determinar o tipo de retorno à escala em que está operando a DMU que está sendo analisada. Vale ressaltar que, dependendo da orientação, estes coeficientes terão interpretações diferentes. Para “ $u$ ”, o retorno é dado da seguinte forma:  $u > 0$ , crescente;  $u = 0$ , constante;  $u < 0$ , decrescente. Enquanto isso, a análise do coeficiente “ $v$ ” indica:  $v < 0$ , crescente;  $v = 0$ , constante;  $v > 0$ , decrescente.

#### • Forma do envelopamento – CCR e BCC

Os modelos na forma do envelopamento são desenvolvidos a partir da forma dual dos modelos na forma dos multiplicadores; vale ressaltar que todo problema de programação linear possui um correspondente Dual, que envolve a transposição das linhas do problema primal em colunas. A característica essencial do modelo Dual é envolver um número menor de restrições que o modelo primal (é uma restrição para cada *input* e *output* e uma variável para cada DMU). O Quadro 4.3 sistematiza este modelo.

Modelo CCR Dual	
Orientado ao <i>input</i>	Orientado ao <i>output</i>
MIN $\theta$	MAX $\eta$
Sujeito a: $\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0}, \text{ para } i=1,2,\dots,m$	Sujeito a: $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0}, \text{ para } j=1,2,\dots,n$
$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x_{j0} \leq 0, \text{ para } j = 1,2,\dots,n$	$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0, \text{ para } i=1,2,\dots,m$
$\lambda_k \text{ e } \theta \geq 0$	$\lambda_k \text{ e } \eta \geq 0$

**Quadro 4.3** – Sistematização do modelo CCR dual com as orientações para o *input* e *output*

Em que:

$\theta$  = Eficiência;

$\eta$  = Inverso da Eficiência;

$\lambda_k$  = Participação da DMU k na meta da DMU em análise;

$x_{jk}$  = Quantidade do *input* j da DMU k;

$y_{ik}$  = Quantidade do *output* i da DMU k;

$x_{j0}$  = Quantidade do *input* j da DMU em análise;

$y_{i0}$  = Quantidade do *output* i da DMU em análise;

z = Número de unidades em avaliação;

m = Número de *outputs*; e,

n = Número de *inputs*

Na perspectiva dual, o modelo BCC adiciona uma restrição de convexidade representada  $\sum \lambda = 1$ , que não entra no modelo CCR. O Quadro 4.4 sistematiza o modelo com as duas orientações e suas respectivas restrições.

A principal contribuição do modelo Dual é indicar as metas para as DMUs ineficientes, sendo que os procedimentos para tal se encontram didaticamente sistematizados nos seguintes passos:

- (1) Calcular a eficiência das DMUs;
- (2) Determinar valor das variáveis lambda ( $\lambda$ ) para cada DMU em análise;
- (3) Multiplicar cada lambda da etapa anterior com os *inputs* e *outputs* das DMUs correspondentes a ele; e
- (4) Realizar este procedimento para todas as DMUs.

Modelo BCC Dual	
Orientado ao <i>input</i>	Orientado ao <i>output</i>
MIN $\theta$	MAX $\eta$
Sujeito a: $\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0} \text{ , para } i=1,2,\dots,m$	Sujeito a: $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0} \text{ , para } j=1,2,\dots,n$
$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x_{j0} \leq 0 \text{ , para } j = 1,2,\dots,n$	$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0 \text{ , para } i=1,2,\dots,m$
$\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1$	$\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1$
$\lambda_k \text{ e } \theta \geq 0$	$\lambda_k \text{ e } \eta \geq 0$

**Quadro 4.4** – Sistematização do modelo BCC dual com as orientações para o *input* e *output*

Em que:

$\theta$ = Eficiência;  $\eta$ = Inverso da eficiência;  
 $\lambda_k$ = Participação da DMU k na meta da DMU em análise;  
 $x_{jk}$ = Quantidade do *input* j da DMU k;  
 $y_{ik}$ = Quantidade do *output* i da DMU k;  
 $x_{j0}$ = Quantidade do *input* j da DMU em análise;  
 $y_{i0}$ = Quantidade do *output* i da DMU em análise;  
 $z$ = Número de unidades em avaliação;  
 $m$ = Número de *outputs*;  $n$ = Número de *inputs*.

Para identificar as unidades *benchmark*, calculam-se a os lambdas ( $\lambda$ ) do modelo para uma dada DMU em análise: (1) caso o  $\lambda$  for zero, a unidade correspondente a esta variável não será um *benchmark* para a DMU em análise; (2) já se o  $\lambda$  não for zero, a unidade correspondente a esse lambda será um *benchmark* para a DMU em análise.

#### • Modelo de super-eficiência

A literatura DEA tem apresentado situações em que os dados, referentes às variáveis de *input* e *output*, são incertos ou apresentam variação. Para diminuir o efeito destas perturbações nos dados, Cook e Seiford (2009) apontam várias linhas de pesquisas: (a) análise de sensibilidade; (b) problemas de tamanho; (c) perturbações com dados diretos; (d) perturbações com dados indiretos e; (e) super-eficiência. Será selecionado o modelo de super-eficiência para ser detalhado com mais teor.

Dentro do contexto da análise de eficiência, os modelos têm como função comparar a unidade de avaliação com outras unidades da mesma amostra. A composição da super-eficiência emerge porque existem perturbações no status de outras DMUs, devido ao fato da DMU em análise participar da constituição da fronteira; “pelo procedimento da super-eficiência é

concebível que uma DMU eficiente possa aumentar o seu vetor de *input* proporcionalmente enquanto a fronteira de eficiência é conservável” (ANDERSEN; PETERSEN, 1993, p. 1262). A medida de super-eficiência descrita por Tone (2002) é revelada pelo nível de superioridade que uma DMU<sub>0</sub> possui em relação a outras DMUs.

Em função de atenuar a perturbação, o modelo de super-eficiência tem como objetivo excluir a DMU da análise na projeção na fronteira. Assim, a unidade obtém, no caso de eficiência, uma taxa acima de um, o que reflete a distância radial da DMU em relação a uma fronteira de eficiência estimada, sem a participação dela própria (ANDERSEN; PETERSEN, 1993). Segundo Cook e Seiford (2009, p.12), “a DMU<sub>EFICIENTE</sub> poderá ocupar um lugar, sem destruir o *status* de eficiência da outra DMU relativa, na fronteira criada”. Estes autores complementam que esta taxa de eficiência representa uma medida de estabilidade. O Quadro 4.5 representa as expressões e restrições deste modelo.

<b>Modelo de super eficiência BCC Dual</b>	
MIN $\theta$ <sup>VRS-Super</sup>	
Sujeito a	$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq \theta \cdot x_{j0}$ $\sum_{k=1}^z y_{jk} \cdot \lambda_k \geq y_{j0}, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, n$
$\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1$	
$\theta \cdot \theta^{VRS-super} \geq 0$	
$\lambda_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, z$	

**Quadro 4.5** – Sistematização do modelo de super-eficiência com as orientações para o *input* e *output*

Em que:

$u_i$  = Utilidade do *output*  $i$ ;  $v_j$  = Utilidade do *input*  $j$ ;

$x_{jk}$  = Quantidade do insumo  $j$  da DMU  $k$ ;

$y_{ik}$  = Quantidade do produto  $i$  da DMU  $k$ ;

$x_{j0}$  = Quantidade do insumo  $j$  da DMU em análise;

$y_{j0}$  = Quantidade do produto  $i$  da DMU em análise;

$z$  = Número de unidades em avaliação;

$m$  = Número de *outputs*;  $n$  = Número de *inputs*;  $e$ ,

$\lambda_k$  = Participação da DMU  $k$  na meta da DMU em análise.

Baseada nos modelos evolucionários da Análise Envoltória de Dados, delineados por Charnes *et al.* (1997), a Figura 4.6 apresenta a trajetória dos avanços alcançados pelo DEA em diversas aplicações e trajetórias, no período de 1978 a 1993.



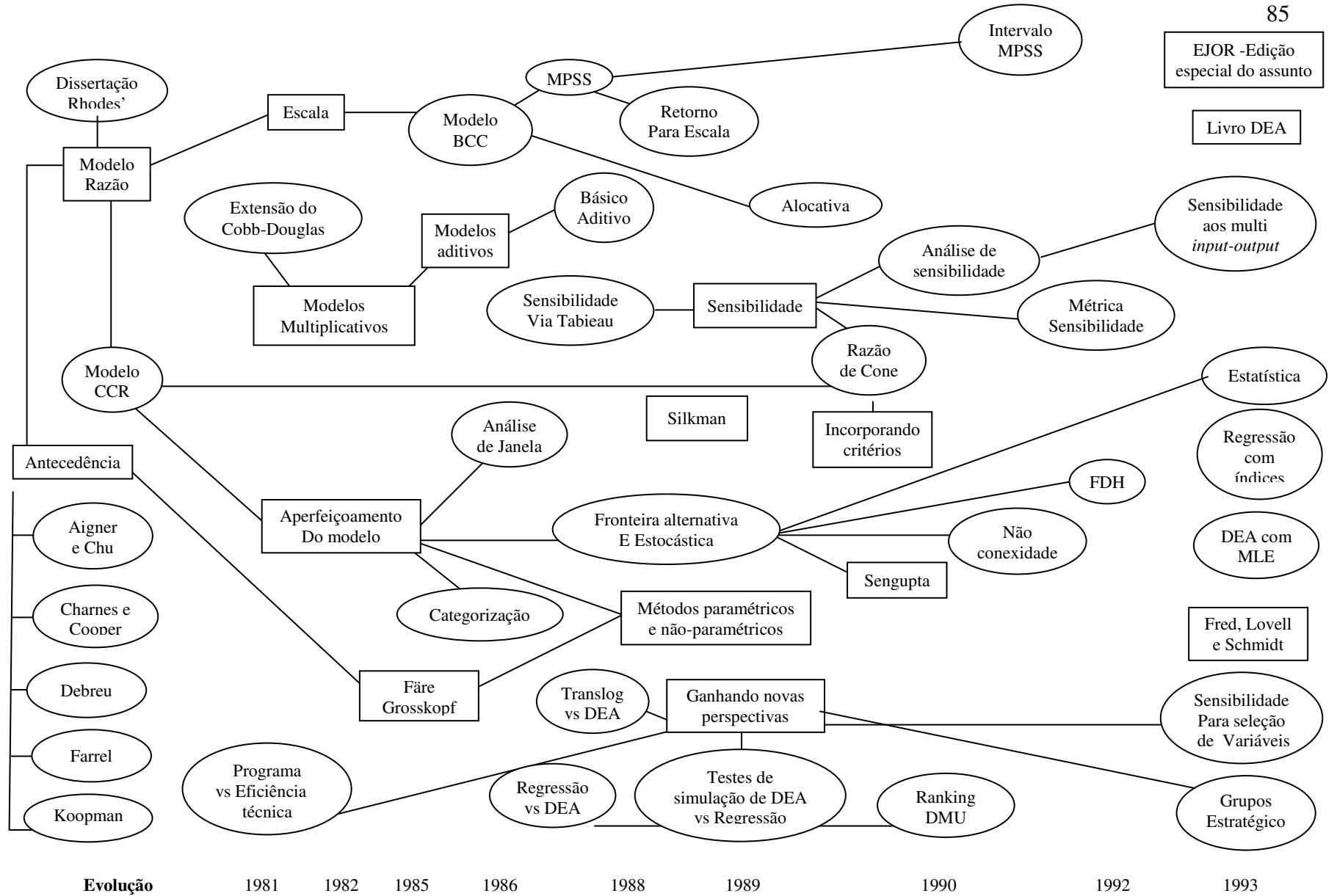


Figura 4.5 – Evolução do modelo matemático DEA no tempo Fonte: Adaptado de Charnes et al. (1997, p. 12)

#### 4.2.4 Sistematização de estudos relacionados à eficiência em inovação tecnológica

As pesquisas sobre eficiência em atividades de inovação tecnológica podem ser segmentadas por diferentes agrupamentos dos dados: (a) por país (WANG; HUANG, 2007); (b) por sistema regional (XIAO-YU; FU-JI, 2007); e, (c) por empresa (ALVAREZ; CRESPI, 2003).

No contexto de avaliação de P&D, a literatura apresenta estudos com diferentes preocupações: (1) avaliação de desempenho no desenvolvimento de novos produtos; (2) avaliação de projetos em P&D (LINTON; WALSH; MORABITO, 2002); (3) avaliação da eficiência com influência das variáveis externas (HSU, HSUEH, 2009).

Ao avaliar o nível de eficiência das pequenas empresas de base tecnológica em Taiwan, Yang e Chen (2009) identificam que as grandes empresas obtêm uma eficiência técnica maior do que as pequenas, no segmento industrial de eletrônica. Devido a este fato, identificar os determinantes da eficiência de escala tornou-se importante para que as pequenas empresas conseguissem aumentar sua participação no mercado. Em uma análise mais setorial, Burki e Terrell (1998) avaliam o retorno da escala das pequenas empresas no Paquistão, porém o enfoque dado foi para empresas com baixo nível de tecnologia.

No plano de pesquisa sobre pequena empresa, Alvarez e Crespi (2003) estudaram-nas no contexto do Chile. A amostra de empresas pesquisada era contemplada por dois fundos governamentais: o FAT (*Technical Assistance Fund*) e o PROFO (*Associative Support Project*), porém estes autores identificam que os programas tiveram um fraco impacto sobre a eficiência da firma. De uma maneira, geral, o resultado foi 65% de eficiência nesta pesquisa.

Nas análises para avaliação de desempenho em projetos governamentais, Revilla, Sarkis e Modrego (2003) avaliaram alguns projetos, a partir de indicadores que projetavam o curto e o longo prazo. Em um cenário americano, os autores (RUEGG; FELLER, 2003) avaliam o programa governamental ATP, no período de 1990-2000, com uma observação de 45 projetos. Baseado ainda neste enfoque, Xiao-Yu e Fu-Ji (2007) elucidam a preocupação estratégica de alocar com eficiência os recursos no sistema regional. Em síntese, estas correntes apresentam uma natureza similar para melhorar alocação dos recursos públicos (HSU; HSUEH, 2009).

Dado um ambiente mais complexo, ao se tentar fornecer análises mais sofisticadas (CHIEN; WU; LIN, 2006), as pesquisas tem direcionado avaliações para mensurar o nível de eficiência técnica por diferentes estágios (WANG; HUANG, 2007), com intuito de obter resultados mais confiáveis. Embasando este contexto por pesquisas empíricas, existem vários indicadores para refletir o ambiente sistêmico pelas variáveis de entrada (*inputs*) e saída

(*outputs*). De maneira específica, na seleção de projetos em P&D, Linton, Walsh e Morabito (2002) descrevem a importância do ciclo de vida como variável de entrada, pois o risco de não obter retorno sobre um produto desenvolvido em P&D é alto, quando a tecnologia é nova.

Os indicadores de saída (*outputs*) podem ser subdivididos com dois enfoques: (1) nos aspectos de ciência e tecnologia e (2) nos benefícios da inovação tecnológica no segmento industrial. Na pesquisa realizada por Xiao-yu e Fu-ji (2007), estes autores utilizam o conjunto de indicadores de ciência e tecnologia para avaliar o desempenho do segmento industrial. Ao referenciar o segmento de ciência e tecnologia, os *outputs* são direcionados para avaliar o sucesso dos processos de invenção, dado, assim, pelos indicadores: (a) quantidade de patentes; (b) número de publicação; e, (c) direitos autorais e contratos.

Paralelo a isso, no segmento industrial, os *outputs* são registrados pelos efeitos da inovação no processo de comercialização. Sendo assim, os retornos de escala crescente refletem uma melhor alocação dos recursos, sejam privados ou públicos, o que possibilita a formulação de estratégias para alocar os recursos com uma melhor distribuição para o sistema regional de inovação, como explicam os autores Xiao-Yu e Fu-Ji (2007).

Em trabalho recentemente publicado, Hsu e Hsueh (2009) conduzem uma *survey* com 110 empresas, no período de 1997-2005, para o *GSP program*, em Taiwan. Neste estudo, os autores utilizaram o modelo BCC orientado para o *input* com três estágios, pois associa os modelos de eficiência com o modelo Tobit para avaliar o nível de significância das variáveis e, assim, utiliza o modelo com uma menor folga nas variáveis do *input*. Na primeira análise tradicional, a eficiência técnica foi em média de 72,5%, porém apenas 30,91% das empresas fomentadas pelo programa foram totalmente eficientes no desempenho das atividades. No terceiro ranking desta pesquisa, Hsu e Hsueh (2009) obtiveram o mesmo número de empresas como eficientes (34 empresas; 30,91%), porém a média de eficiência técnica aumentou um pouco; este sucesso diminuiu o número de empresas com ineficiência de escala. O setor de eletrônicos apresentou maior eficiência em todas as avaliações.

Em outra perspectiva sobre o tema de inovação tecnológica, Guan *et al.* (2006) exploram o relacionamento entre a capacidade de inovação e a competitividade para 182 empresas da China. O baixo nível de eficiência, para Wang e Huang (2007), reflete-se em análises de programas de P&D, os quais são afetados pelas variáveis ambientais. As pesquisas identificadas na literatura utilizam um repertório de diferentes modelos matemáticos, orientações, e variáveis para avaliar a eficiência sobre o desempenho em atividades de P&D. Para ilustrar esta diversidade, o Quadro 4.6 sistematiza os diferentes comportamentos das variáveis com as correlatas pesquisas.

<b>Autores</b>	<b>Período de análise</b>	<b>Modelo</b>	<b>Orientação</b>	<b>Variáveis (I)</b>	<b>Variáveis (O)</b>
Ken <i>et al.</i> (2009)	2006	Super-eficiência	<i>Output</i>	Gastos em investimentos; Artigos publicados; Emissão de Patentes.	Retorno da licença dos produtos /serviços.
Ruegg e Feller (2003)	1997-2005	BCC	<i>Input</i>	Nível de escolaridade; Quantidade de subsídio governamental em P&D.	Patentes; Número de artigos publicados.
		BCC	<i>Output</i>	-	Melhoria dos novos produtos; Lucratividade com a comercialização.
Revilla <i>et al.</i> (2003)	1998-2000	CCR	<i>Output</i>	Número de técnicos trabalhando com P&D Quantidade de subsidio governamental Quantidade de recurso investido pela empresa	Número de patentes concedidas; Lucratividade obtida pela comercialização da tecnologia e produto.
Hsu e Hsueh (2009)	127	BCC	<i>Output</i>	Número de Equipes; Quantidade de recursos governamentais.	Tempo de execução; Aumento participação de mercado; Aumento da lucratividade.
Sharma e Thomas (2008)	2007	CCR	<i>Input</i>	Gastos com pesquisas em P&D; Número de pesquisadores no país; Dados econômicos.	Número de patentes; Número de artigos publicados.

**Quadro 4.6** – Sistematização dos indicadores para avaliar os processos de inovação tecnológica

#### 4.4 Índice *Malmquist*

A proposta do índice *Malmquist* é comparar períodos adjacentes usando os dados de *input* e *output* de um período base. Inspirados por *Malmquist* (1953), *Caves et al.* (1982) desenvolvem um índice cujo objetivo é avaliar a evolução da produtividade de uma DMU entre dois períodos (ALMEIDA, 2007; MARIANO, 2008). Balk (2001) afirma que o índice *Malmquist* é a combinação de mudanças tecnológicas e de mudanças da eficiência total de uma DMU durante um período de tempo.

O índice *Malmquist* se caracteriza por ter a capacidade de medir a mudança em termos de produtividade total dos fatores de uma DMU entre diferentes períodos e decompor este índice em eficiência técnica e mudança de tecnologia (CAVES *et al.*, 1982), conforme ilustra o Quadro 4.7. Com a decomposição do índice, é possível subdividir a evolução da produtividade nos aspectos relativos à alteração da eficiência (AE) e alteração tecnológica (AT).

Composição do Índice <i>Malmquist</i>	
$IM = \left( \sqrt{\frac{D_0(x^t_v, y^t_v)}{D_t(x^t_v, y^t_v)} \cdot \frac{D_0(x^0_v, y^0_v)}{D_t(x^0_v, y^0_v)}} \right) \cdot \left( \frac{D_t(x^t_v, y^t_v)}{D_0(x^0_v, y^0_v)} \right) = AT * AE$	

**Quadro 4.7** – Decomposição do Índice *Malmquist*

Em que:

IM = Índice *Malmquist*;

$D_0$  = Função distância relativa à fronteira do período 0;

$D_t$  = Função distância relativa à fronteira do período t;

$y^0_v$  = Quantidade do *output* virtual da DMU em análise no período 0;

$x^0_v$  = Quantidade do *input* virtual da DMU em análise no período 0;

$y^t_v$  = Quantidade do *output* virtual da DMU em análise no período t;

$x^t_v$  = Quantidade do *input* virtual da DMU em análise no período t;

$D_0(x^0_v, y^0_v)$  = Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período 0;

$D_0(x^t_v, y^t_v)$  = Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período 0;

$D_t(x^0_v, y^0_v)$  = Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período t;

$D_t(x^t_v, y^t_v)$  = Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período t;

AT = Alterações Tecnológicas de uma DMU entre os períodos 0 e t; e,

AE = Alterações de Eficiência de uma DMU entre os períodos 0 e t.

Os resultados oferecem subsídios para a análise de produtividade, pois permitem identificar se houve aumento no progresso tecnológico, melhoria na eficiência total da DMU, ou ambos, para a amostra especificada. Sendo assim, este é o procedimento mais adequado para, de maneira direta, identificar se as mudanças no desenvolvimento de um ambiente foram relativas à mudança tecnológica ou à produtividade total dos fatores de produção de uma

DMU. Segundo Balk (2001, p. 160), “a mudança tecnológica é um conjunto de possíveis combinações que expandem ou contraem, determinada pelo ambiente da tecnologia”.

Numericamente, o índice *Malmquist* pode assumir três tipos de valor: (a) maior que 1 – significa que houve um crescimento ou evolução do fator de produtividade entre os períodos  $t$  e  $t+1$ ; (b) menor que 1 – significa que houve um queda de produtividade entre os períodos analisados e; (c) igual a 1 – significa que a produtividade manteve-se inalterada (LIU; WANG, 2008).

As distâncias do índice de *Malmquist* podem ser calculadas por dois métodos: (1) pelo DEA de Fare *et al.* (1994) ou (2) por técnicas paramétricas de Aiger e Chu (1968). Para fins deste trabalho, foi adotado o método DEA.

O *DEA-Malmquist* quantifica a mudança tecnológica, bem como a mudança de eficiência total, de uma DMU específica, a partir da combinação entre os *inputs* e os *outputs* dessa DMU nos períodos  $t$  e  $t+1$  (CAMANHO; DYSON, 2006). O Quadro 4.8 apresenta o modelo CCR dual orientado para o *input* e *output* no cálculo das diferentes distâncias referentes ao índice *Malmquist*.

O resultado obtido por cada distância possibilita calcular os dois fatores do modelo: (1) a alteração tecnológica (AT) e (2) alteração de eficiência (AE). O produto dos fatores (AT) e (AE) é, justamente, o Índice *Malmquist*.

De forma resumida e de maneira didática, a obtenção deste índice perpassa pelas seguintes etapas:

- (1) calcular a distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período 0;
- (2) calcular a distância da DMU no período  $t$  relativa à fronteira do período 0;
- (3) calcular a distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período  $t$ ;
- (4) calcular a distância da DMU no período  $t$  relativa à fronteira do período  $t$ ;
- (5) determinar Alteração de Tecnologia (AT);
- (6) determinar alteração de Eficiência (ET); e,
- (7) multiplicar o resultado (AT) e (ET) para obter o índice *Malmquist*.

A integração entre o DEA e o índice *Malmquist* pode ser ampliada para os demais modelos DEA, sendo necessário realizar as adaptações nos parâmetros dos modelos. Desta maneira, o uso do índice *Malmquist*, atrelado ao DEA, fornecerá resultados mais precisos (GROSSKOPF, 2003; CAMANHO; DYSON, 2006).

Modelo CCR dual para Índice Malmquist		
Distâncias	Orientado para input	Orientado para output
$D_0(x^0_v, y^0_v)$	<p>MIN <math>\theta</math></p> $\sum_{k=1}^z y^0_{ik} \cdot \lambda_k \geq y^0_{i0} \text{ , para } i=1,2,3,m$ $\sum_{k=1}^z x^0_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x^0_{j0} \leq 0 \text{ , para } j=1,2,3,n$ $\lambda_k \text{ e } \theta > 0$	<p>MAX <math>\eta</math></p> $\sum_{k=1}^z x^0_{jk} \cdot \lambda_k \leq x^0_{j0} \text{ para } j=1,2,3,n$ $\sum_{k=1}^z y^0_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y^0_{i0} \geq 0 \text{ , para } i=1,2,3,m$ $\lambda_k \text{ e } \eta > 0$
$D_0(x^t_v, y^t_v)$	<p>MIN <math>\theta</math></p> $\sum_{k=1}^z y^0_{ik} \cdot \lambda_k \geq y^t_{i0} \text{ para } i=1,2,3,m$ $\sum_{k=1}^z x^0_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x^t_{j0} \leq 0 \text{ para } j=1,2,3,n$ $\lambda_k \text{ e } \theta > 0$	<p>MAX <math>\eta</math></p> $\sum_{k=1}^z x^0_{jk} \cdot \lambda_k \leq x^t_{j0} \text{ para } j=1,2,3, n$ $\sum_{k=1}^z y^0_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y^t_{i0} \geq 0 \text{ , para } i=1,2,3, m$ $\lambda_k \text{ e } \eta > 0$
$D_t(x^0_v, y^0_v)$	<p>MIN <math>\theta</math></p> $\sum_{k=1}^z y^t_{ik} \cdot \lambda_k \geq y^0_{i0} \text{ para } i=1,2,3,m$ $\sum_{k=1}^z x^t_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x^0_{j0} \leq 0 \text{ para } j=1,2,3,n$ $\lambda_k \text{ e } \theta > 0$	<p>MAX <math>\eta</math></p> $\sum_{k=1}^z x^t_{jk} \cdot \lambda_k \leq x^0_{j0} \text{ , para } j=1,2,3, n$ $\sum_{k=1}^z y^t_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y^0_{i0} \geq 0 \text{ , para } i=1,2,3,m$ $\lambda_k \text{ e } \eta > 0$
$D_t(x^t_v, y^t_v)$	<p>MIN <math>\theta</math></p> $\sum_{k=1}^z y^t_{ik} \cdot \lambda_k \geq y^t_{i0} \text{ para } i=1,2,3...m$ $\sum_{k=1}^z x^t_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x^t_{j0} \leq 0 \text{ para } j=1,2,3,n$ $\lambda_k \text{ e } \theta > 0$	<p>MAX <math>\eta</math></p> $\sum_{k=1}^z x^t_{jk} \cdot \lambda_k \leq x^t_{j0} \text{ , para } j=1,2,3...n$ $\sum_{k=1}^z y^t_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y^t_{i0} \geq 0 \text{ , para } i=1,2,3,m$ $\lambda_k \text{ e } \eta > 0$

**Quadro 4.8** – Sistematização da integração do Índice Malmquist e CCR com duas orientações

Em que:

$\theta$ = Eficiência;

$D_0(x^0_v, y^0_v)$  = Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período 0;

$D_0(x^t_v, y^t_v)$  = Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período 0;

$D_t(x^0_v, y^0_v)$  = Distância da DMU no período 0 relativa à fronteira do período t;

$D_t(x^t_v, y^t_v)$  = Distância da DMU no período t relativa à fronteira do período t;

$x^0_{jk}$  = Quantidade do *input* j da DMU k no período 0 ;

$y^0_{ik}$  = Quantidade do *output* i da DMU k no período 0;

$x^0_{j0}$  = Quantidade do *input* j da DMU em análise no período 0;

$y^0_{i0}$  = Quantidade do *output* i da DMU em análise no período 0;

$x^t_{j0}$  = Quantidade do *input* j da DMU em análise no período t;

$y^t_{i0}$  = Quantidade do *output* i da DMU em análise no período t;

$x^t_{jk}$  = Quantidade do *input* j da DMU k no período t;

$y^t_{ik}$  = Quantidade do *output* i da DMU k no período t;

z= Número de DMUs em avaliação;

m= Número de *outputs*;

n= Número de *inputs*.





## **CAPÍTULO 5**

### **MÉTODO DE PESQUISA**

---

Este capítulo tem como objetivo descrever as etapas do procedimento metodológico de pesquisa adotado, em contraponto com o referencial teórico apresentado nos capítulos 2, 3 e 4. Para conduzir este estudo, as hipóteses estão correlacionadas com os problemas de pesquisa a serem analisados, de maneira qualitativa e quantitativa, tendo em vista construir novas reflexões sobre o tema. Formularam-se construtos considerando as variáveis pertencentes a cada etapa do modelo conceitual.

#### **5.1 Construtos quantitativos e qualitativos**

Construto pode ser conceituado como a sistematização das informações relacionadas às variáveis investigadas pelo pesquisador (GROVES *et al.*, 2004). Articulando os conceitos do referencial teórico, o Quadro 5.1 correlaciona autores e variáveis quantitativas para cada dimensão pesquisada no presente trabalho, formulando o primeiro construto:

- (a) dimensão empresa, para caracterizar o ambiente da empresa e o projeto;
- (b) dimensão financeira, para caracterizar os retornos e gastos no desenvolvimento do projeto;
- (c) dimensão colaboração, para especificar o nível de colaboração obtido entre os elos da cadeia;
- (d) dimensão da capacidade produtiva, para avaliar o nível de produção da empresa;
- (e) dimensão mercado, relacionada ao meio onde a empresa está inserida; e,
- (f) dimensão difusão, para avaliar a estratégia utilizada pela empresa para comercializar os produtos.

CÓDIGO	VARIAVEIS	AUTORES
<b>Dimensão Empresa</b>		
V <sub>1</sub>	Idade da empresa	Audretsch, Link e Scott (2002); Freel (2003); Alvarez e Crespi (2003)
V <sub>2</sub>	Idade do projeto	Link e Scott (2009); Farris <i>et al.</i> (2006)
V <sub>3</sub>	Anos de experiência do proprietário	Burki e Terrell (1998); Alvarez e Crespi (2003)
V <sub>4</sub>	Anos de experiência do coordenador	Banwet e Deshmukh (2008); Alvarez e Crespi (2003)
V <sub>5</sub>	Número total de colaboradores da empresa	Bizan (2003); Revilla, Sarkis e Modrego (2003)
V <sub>6</sub>	Número de colaboradores (Equipe) específica do projeto	Feldman e Kelly (2003), Banwet e Deshmukh (2008)
V <sub>7</sub>	Empresa nasceu do programa PIPE	Pré-teste
V <sub>8</sub>	Quantidade projetos aprovados	Wallsten (2000); Eilat, Golany e Shtub (2006); Linkw e Scottz (2009)
<b>Dimensão Colaboração</b>		
V <sub>9</sub>	Num. de clientes participantes no desenvolvimento	Okamuro (2007), Freel (2003); Zeng <i>et al.</i> (2009)
V <sub>10</sub>	Num. de fornecedores participantes no desenvolvimento	Okamuro (2007), Freel (2003); Zeng <i>et al.</i> (2009)
V <sub>11</sub>	Num. de assistência de instituições internacionais	Okamuro (2007), Freel (2003)
V <sub>12</sub>	Num. de assistência de universidades (centros de pesquisas) nacionais	Van der Vlist, Gerking e Folmer (2004); Flor e Oltra (2004); Zeng <i>et al.</i> (2009)
V <sub>13</sub>	Número de assistência em consultoria	Luukkonen,(2000); Feldman e Kelly (2003), Freel (2003)
V <sub>14</sub>	Num. de fornecedores que têm ou já tiveram projeto PIPE	Pré-teste
V <sub>15</sub>	Num de clientes que têm ou já tiveram projeto PIPE	Pré-teste
<b>Dimensão da Produção</b>		
V <sub>16</sub>	Capacidade produtiva	Hsu, Horng e Hsueh (2009)
V <sub>17</sub>	Terceirização dos serviços	Pré-teste
V <sub>18</sub>	Quantidade de produtos do portfólio da empresa	Zeng et al. (2009)
V <sub>19</sub>	Crescimento observado nas vendas	Hsu, Horng e Hsueh (2009)
V <sub>20</sub>	Tempo desenvolvimento do projeto	Falk (2007)
<b>Dimensão do Mercado</b>		
V <sub>21</sub>	Satisfação do cliente	Pré-teste
V <sub>22</sub>	Participação da empresa no mercado (Market Share)	Min, Min e Joo (2009)
V <sub>23</sub>	Tipo de mercado destinado	Rogers (1995)
V <sub>24</sub>	Número de concorrentes diretos no mercado nacional	Rogers (1995); Zeng et al. (2009)
V <sub>25</sub>	Número de concorrentes diretos no mercado internacional	Rogers (1995); Zeng et al. (2009)
V <sub>26</sub>	Nível de preços praticados em relação aos concorrentes	pré-teste
<b>Dimensão da Difusão</b>		
V <sub>27</sub>	Geração de uma nova empresa ( <i>Spin-off</i> )	Van Burg <i>et al.</i> (2008)
V <sub>28</sub>	Interesse em participação de eventos, feiras, congressos	Rogers (1995)
V <sub>29</sub>	Frequência na participação eventos	Ruegg e Feller (2003)
V <sub>30</sub>	Finalidade da participação deste tipo de evento	
V <sub>31</sub>	Número de patentes geradas	Revilla, Sarkis e Modrego (2003), Hsueh (2009), Zhang, Zhang e Zhao (2003)
V <sub>32</sub>	Número de publicação (journals, livros, congressos)	Georghiou (1999), Ruegg e Feller (2003), Hsu e Hsueh (2009)
<b>Dimensão Financeira</b>		
V <sub>33</sub>	Quantidade de recursos fomentados pelo programa	Wallsten (2000), Revilla, Sarkis e Modrego (2003), Hsu e Hsueh (2009)
V <sub>34</sub>	Quantidade de recursos investidos por capital próprio	Revilla, Sarkis e Modrego (2003), Hsu e Hsueh (2009); Hashimotoa e Hanedab(2008)
V <sub>35</sub>	Quantidade de recursos financiados por capital terceiros	Link e Scott (2009)
V <sub>36</sub>	Investimento comunicação ( <i>marketing</i> )	Connel (2009)
V <sub>37</sub>	Peso no faturamento do produto fomentado	Link e Scott (2009)
V <sub>38</sub>	Gasto com aquisição de equipamentos	Freel (2003); Link e Scott (2009)
V <sub>39</sub>	Gasto com treinamento para os funcionários	Link e Scott (2009)
V <sub>40</sub>	Faturamento da empresa	Link e Scott (2009), Audretsch <i>et al.</i> (2002), Revilla <i>et al.</i> (2003)
V <sub>41</sub>	Taxa de Retorno investimento (ROI)	Pré-teste
V <sub>42</sub>	Valor dos impostos retornou aos fundos governamentais	Pré-teste
V <sub>43</sub>	Aumento das receitas após implementação do programa	Revilla, Sarkis e Modrego (2003)

**Quadro 5.1** – Construto relacionando variáveis quantitativas com o referencial teórico

Novamente, articulando os conceitos do referencial teórico, o Quadro 5.2 correlaciona autores e variáveis, agora qualitativas, para cada um dos aspectos pesquisados, formulando o segundo construto: (a) estrutura da inovação; (b) objetivos para o desenvolvimento; (c) fontes de informações; (d) tipos de inovação; (e) tipologias da inovação; (f) modelos de desenvolvimento inovativo; (g) forças propulsoras; (h) estratégias; (i) localização; e (j) barreiras à inovação.

CÓDIGO	VARIÁVEIS	AUTORES
A <sub>1</sub>	Estrutura da inovação	Garcia e Calantone (2002)
A <sub>2</sub>	Objetivos para o desenvolvimento	Garcia e Calantone (2002); Uzun (2001)
A <sub>3</sub>	Fontes de informações	Uzun (2001), Subrahmanya (2005), Dodgson, Gann e Salter (2008); Lee <i>et al.</i> (2010)
A <sub>4</sub>	Tipos de inovação	OECD (2005)
A <sub>5</sub>	Tipologias da inovação	Henderson e Clark (1990)
A <sub>6</sub>	Modelos de desenvolvimento inovativo	Kline e Rosemberg (1986)
A <sub>7</sub>	Forças propulsoras para inovar	Rothweel (1994)
A <sub>8</sub>	Estratégias	Pavitt (1984) e Freeman (1982)
A <sub>9</sub>	Localização	Herrera e Nieto (2008)
A <sub>10</sub>	Barreiras	Kaufmann e Todtling (2002); Madrid-Guijarro <i>et al</i> (2009); Hadjimanolis (1999); Busom e Fernandes-Ribas (2008)

**Quadro 5.2** - Construto relacionando variáveis qualitativas com o referencial teórico

No que diz respeito à estrutura da inovação, Garcia e Calantone (2002) afirmam que os processos inovativos são organizados a partir de parâmetros de direcionamento - para quem, por que e como – que conduzem aos objetivos para o desenvolvimento. Seguindo este pensamento, Golder, Shacham e Mitra (2009) conduziram uma pesquisa para identificar quando, por quem e como as inovações radicais são desenvolvidas, com uma amostra de 29 inovações, em quatro estágios distintos (concepção, gestação, início da incubação e última incubação).

A partir da análise das tendências de mercado, as empresas identificam nichos de atuação que, para serem atendidos, demandam fontes de informações. Para Dodgson, Gann e Salter (2008), o desenvolvimento inovativo é decorrente de fontes de conhecimento que podem ser capturadas por: (1) fontes internas; (2) fontes externas; (3) universidades; e (4) centros de pesquisas.

O tipo de inovação é a classificação da base tecnológica conduzida pelo desenvolvimento do produto/processo. Adotam-se, nesta tese, os tipos de inovações

considerados no Manual de Oslo pela OCDE (2005), que é referência para trabalhos de pesquisa em inovação.

As inovações tecnológicas dos projetos PIPEs têm características diversas e complexas. Para delinear a tipologia das inovações deste conjunto de pequenas empresas, foi adotado o modelo de Henderson e Clark (1990), que não limita a natureza dos fenômenos inovativos às características radicais e incrementais (SCHUMPETER, 1934; FREEMAN, 1994) e nem amplia ao escopo citado por Garcia e Calantone (2002) por oito tipologias. Embora a literatura apresente outros trabalhos com quatro facetas para descrever a tipologia (ABERNATHY, CLARK;1985; MORIARTY; KOSNIK, 1990; CHANDY; TELLIS, 2000; TIDD, 1995) apenas o modelo de Henderson e Clark (1990) pode ser empregado para atender a morfologia da tecnologia, no que concerne ao desenvolvimento de um produto e/ou processo, pois os demais modelos citados apresentam singelos parâmetros referentes à morfologia de mercado, não se adequando à realidade desta pesquisa.

Os modelos de desenvolvimento da inovação são baseados no nível de interação entre a pesquisa e o conhecimento. Para mapear a realidade das pequenas empresas, os três tipos de interação (KLINE; ROSEMBERG, 1986), detalhados anteriormente no capítulo 2, foram adotados visando identificar o comportamento das interações para o desenvolvimento. Desse modo, as empresas pesquisadas identificam o estilo de desenvolvimento para caracterizar o modelo da inovação.

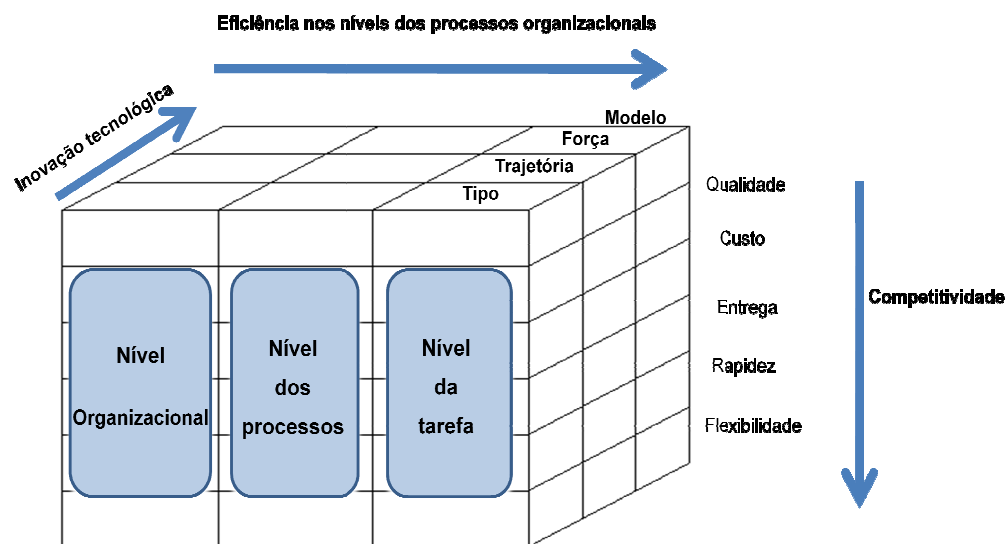
As forças indutoras do desenvolvimento tecnológico são propulsoras dos fenômenos inerentes ao tipo de inovação e das estratégias formuladas pelas empresas a fim de inserir os novos produtos/processos no mercado. Estas forças são caracterizadas pelos caminhos do conhecimento em cinco esferas desenvolvidas no trabalho de Rothwell (1994).

No cenário das estratégias, a formulação não é desenvolvida de maneira isolada, pois depende de fatores que configuram as estruturas do mercado inerentes ao setor econômico, além das ações condicionadas aos diferentes estágios de crescimento da pequena empresa (CHURCHILL; LEWIS, 1983; SCOTT; BRUCE, 1987). Adota-se, para avaliar o contexto das estratégias, a classificação sugerida por Freeman (1982), que delinea as diferenças nos padrões em relação às atividades inovativas, principalmente para um contexto diverso, como é o dos projetos PIPEs.

A condição locacional da empresa pode interferir no desenvolvimento inovativo, principalmente quando envolve proximidade com centros de pesquisa ou universidades, que permitam o desenvolvimento de parcerias colaborativas (HERRERA; NIETO, 2008).

No curso do desenvolvimento dos projetos, as barreiras são obstáculos ao sucesso no desempenho organizacional. Para avaliar estes impedimentos, o presente trabalho baseou-se, principalmente, nos trabalhos de Hadjimanolis (1999), que aponta a falta de recursos como um dos maiores problemas dos países em desenvolvimento, e nos trabalhos dos autores Busom e Fernandes-Ribas (2008) e Madrid-Guijarro *et al.* (2009), que relacionam a minimização das barreiras com a presença de programas governamentais de estímulo à inovação.

A partir da concatenação dos dois modelos conceituais – quantitativo e qualitativo – emerge o modelo conceitual final representado pela Figura 5.1.



**Figura 5.1** – Interação das perspectivas quantitativa e qualitativa

Cada etapa do modelo conceitual de investigação é desmembrada em diferentes estágios, cuja função é orientar a escolha dos métodos e aproximações adequados, assim como indicar, previamente, quais serão os prováveis resultados de cada fase. O Quadro 5.3 sintetiza as etapas, estágios, ferramentas de suporte necessárias e resultados esperados.

Ambiente	Etapa	Estágios	Suporte da avaliação	Resultados esperados
Projetos de pesquisa	I	Estágio I	Recursos financeiros alocado por cada projeto	Panorama dos editais da Fapesp
		Estágio II	Indicadores para avaliar a eficiência dos projetos de inovação tecnológica	Oferecer um panorama da realidade com eficiência global dos projetos.
	II	Estágio III	Fatores técnico e locacionais dos projetos	Cruzar os resultados das unidades de análise com o <i>ranking</i> dos projetos no estágios II
	III	Estágio IV	Indicadores para avaliar a eficiência dos projetos de inovação tecnológica nas diversas áreas de conhecimento.	Determinar o <i>ranking</i> dos projetos separadamente por área de conhecimento
		Estágio V	Variáveis organizacionais	Comparar os resultados das unidades de análise com variáveis ambientais nos estágios I e II para as áreas de conhecimento.
Empresas	IV	Estágio VI	Indicadores para avaliar a eficiência das empresas de inovação tecnológica	Oferecer um <i>ranking</i> com eficiência das empresas
		Estágio VII	Métodos qualitativos	Identificar as os recursos organizacionais (modelo, tipo, estratégia) no âmbito inovativo para o setor econômico
			Indicadores para avaliar a eficiência das empresas nos diferentes setores econômicos	Identificar o <i>ranking</i> das empresas para o setor econômico
		Estágio VIII	Métodos qualitativos	Identificar as os recursos organizacionais (modelo, tipo, estratégia) no âmbito inovativo para o setor econômico
Empresas Pipe III (Pappe)	V	Estágio IX	Utilizar os indicadores para avaliar os projetos e as empresas por meio de modelos tradicionais.	Identificar a taxa percentual de eficiência das empresas no conjunto populacional da fase III do programa PIPE.
		Estágio X	Utilizar os indicadores para identificar a variação de tecnologia durante os períodos de 2007, 2008 e 2009	Identificar as empresas mais eficientes pela variação de tecnologia.

**Quadro 5.3** – Sistematização das etapas para avaliação da eficiência com os modelos DEA

Com base no modelo de investigação apresentado, elaborou-se o questionário como instrumento de coleta dos dados primários, aplicado por meio de entrevistas e *survey* durante o período compreendido entre julho e dezembro de 2009.

A coleta de dados primários para o presente trabalho foi norteada por duas estruturas, conforme o protocolo de pesquisa (APÊNDICE C): (1) coleta por email; (2) coleta por entrevista. O primeiro contato foi por meio de uma carta convite, encaminhada por meio eletrônico (APÊNDICE A) para os coordenadores dos projetos e as respectivas empresas vinculadas. Esta etapa foi realizada, inicialmente, para revelar as intenções da pesquisa. Em seguida, objetivando um contato mais formal, encaminhou-se um *email* (ou carta) para formalizar a cooperação, com a função de agendar uma data adequada para realizar a visita técnica nas empresas. Para os casos de coleta por email, encaminhou-se o questionário (APÊNDICE B) na fase do pré-teste e, em seguida, o questionário final (APÊNDICE D).

## **5.2 Passos de procedimento**

Para garantir a validade da pesquisa, a escolha do método deve estar alinhada com os objetivos propostos. A execução da pesquisa de campo, uma etapa fundamental para o presente trabalho, foi desmembrada nos seguintes passos de procedimento:

1. Quantificar os recursos governamentais concedidos para cada projeto e as respectivas áreas de conhecimento da FAPESP;
2. Determinar a eficiência dos projetos fomentados (primeira perspectiva) e das respectivas áreas de conhecimento;
3. Determinar a eficiência das empresas financiadas (segunda perspectiva) e dos respectivos setores econômicos;
4. Identificar os principais fatores técnicos e locacionais que impactam o processo de desenvolvimento da inovação tecnológica;
5. Determinar a eficiência dos projetos fomentados e das empresas para empresas da fase III; e,
6. Determinar o índice *Malmquist* das empresas para empresas da fase III.

## **5.3 Descrição do método**

Com o objetivo de estabelecer bases teóricas e condições operacionais para a realização do presente trabalho, o método utilizado é predominantemente exploratório (YIN, 2004), com a finalidade de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos, procurando

descrevê-los, classificá-los e interpretá-los.

Quanto à abordagem, pretende-se realizar pesquisa quantitativa e qualitativa, para analisar a eficiência, a produtividade e a competitividade das empresas pertencentes ao programa PIPE. Esta abordagem será feita por meio de observações diretas em visitas técnicas nas empresas *in loco* e observações indiretas.

A *survey* é um método sistemático para obter informações oriundas de entidades, para propor construções com descrições quantitativas por meio de atributos (parâmetros) para uma larga população (GROVES *et al.*, 2004), com o alvo definido pelo pesquisador (CZAJA; BLAIR, 2005). A *survey* é aplicada para produzir descrições quantitativas de uma população específica. Em função desta delimitação, a *survey* passa a ser uma solução para muitos problemas de um *census* (BETHLEHEM, 2009).

Czaja e Blair (2005) classificam a *survey* em relação ao propósito em três segmentos: (a) **explanatória** - tem como função testar uma teoria e as relações causais entre as variáveis; (b) **exploratória** - tem como função integrar-se com os conceitos iniciais do tema para revelar e refinar os conceitos pesquisados na população de interesse; (c) **descritiva** - busca identificar quais situações, eventos, atitudes ou opiniões estão manifestadas na população pesquisada para que se possa descrever os fenômenos na população ou entre os subgrupos da população.

O Quadro 5.4 estratifica a pesquisa quanto aos objetivos, ao método e à abordagem utilizada como base para investigar a hipótese central desta tese.

Aspectos	Detalhamento
Quanto aos objetivos	Esta pesquisa é classificada como exploratória
Quanto à abordagem	A abordagem empregada é quantitativa e qualitativa.
Quanto ao método	Esta pesquisa é classificada como pesquisa de levantamento ( <i>survey research</i> ), complementada por um estudo de caso.

**Quadro 5.4** – Classificação da pesquisa sob diferentes aspectos

O método de pesquisa *survey* pode ser subdividido em quatro categorias (FINK, 2009): (1) *survey* por telefone; (2) *survey* pela internet (*on line*); (3) *survey* por email; e (4) *survey face a face*.

A presente pesquisa contempla dois estilos: (1) *survey* por email, pois a FAPESP concedeu os contatos de todos os coordenadores e empresas, dada a limitação de recursos; (2) *survey face a face*, foram selecionadas para algumas empresas para aprofundar o tema,



sobretudo das empresas que receberam o fomento do PIPE III, a fim de conhecer as dificuldades da pequena empresa de base tecnológica.

Na coleta dos dados, a *survey* apresenta dois estilos de plotagem em relação ao tempo para análise dos dados nos períodos (FREITAS *et al.*, 2000; CZAJA;BLAIR; FINK, 2009) que são processadas:

- (a) Por cortes longitudinais - os dados são coletados em um intervalo específico para avaliar as evoluções ou mudanças entre as variáveis, bem como o possível relacionamento entre elas.
- (b) Por cortes transversais - os dados são coletados em um intervalo semelhante para toda população, o que exige das análises considerações mais pontuais.

A coleta dos dados utilizou-se dos dois estilos de plotagem para obter maior aprofundamento sobre o tema: (1) os cortes transversais foram delimitados para avaliar os projetos e empresas com dados de 2008; (2) os cortes longitudinais foram utilizados para avaliar o desempenho das empresas com a fase III nos períodos de 2007, 2008 e 2009.

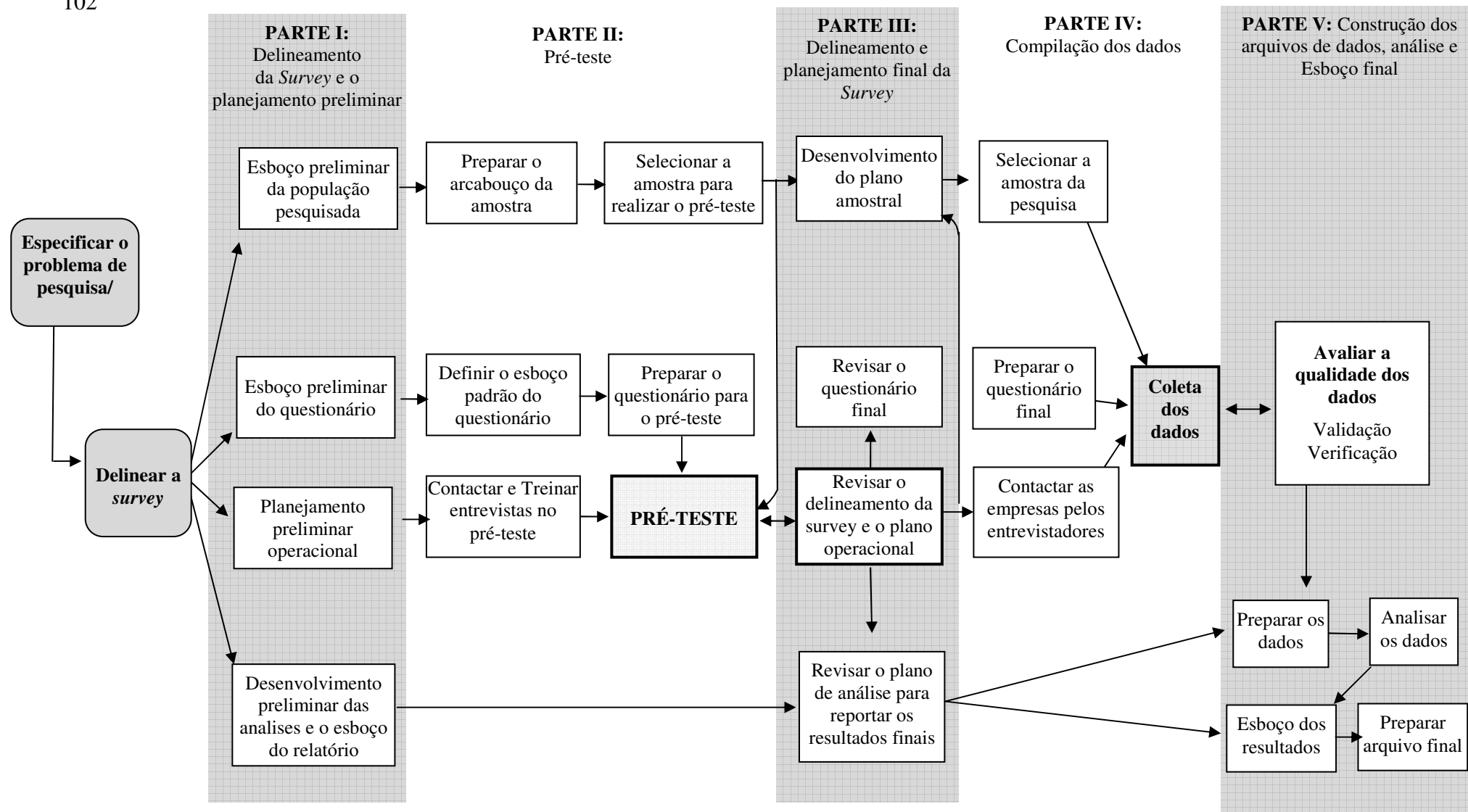
A presente tese de doutorado é estruturada, quanto ao processo de desenvolvimento da pesquisa, conforme o modelo de Czaja e Blair (2005), ilustrado pela Figura 5.2.

### Parte I - Delineamento da *Survey* e o planejamento preliminar

O esboço preliminar do plano populacional contempla 808 projetos referentes ao Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (PIPE) da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, 2009), no período de 1997 a 2008, as quais apresentam diferentes estruturas nas fases do desenvolvimento do projeto inovativo, conforme o Quadro 5.5. A população das empresas da fase III é composta por vinte projetos (empresas) localizadas em distintas cidades do estado de São Paulo.

Fase do projeto	Número de projetos fomentados
I	335
II	453
III (PAPPE)	20
Total	<b>808</b>

Quadro 5.5 – População dos projetos fomentados pela FAPESP



**Figura 5.2** – Partes da pesquisa *survey*  
 Fonte: Adaptado de Czaja e Blair (2005, p. 11).

A FAPESP disponibiliza, em seu *website*, os dados básicos dos projetos, o nome do coordenador, a instituição de vínculo da pesquisa, o resumo de cada projeto de acordo com cada edital.

O planejamento preliminar operacional foi iniciado pela coleta de dados básicos da *web*, durante um mês, adotando como base o livro eletrônico da FAPESP (2005), que contém a história dos 10 anos de incentivos à inovação tecnológica. O resultado foi insatisfatório, porque este documento disponibiliza os dados básicos dos projetos apenas até o edital 20. Subsequentemente a este período, a Diretoria Administrativa da FAPESP forneceu dados básicos, financeiros e contatos dos respectivos coordenadores para cada projeto por meio eletrônico, atendendo à solicitação enviada pela pesquisadora.

O desenvolvimento preliminar das análises dos dados e o esboço do relatório são delineados por meio dos ensaios matemáticos das técnicas utilizadas nesta tese: (1) Análise Envoltória de Dados; (2) Teste de hipóteses para validação das variáveis; (3) Índice *Malmquist*; com diferentes conjuntos de dados para simular futuras análises dos dados obtidas na coleta de dados e embasadas em um arcabouço teórico referenciado nos capítulos anteriores.

## **Parte II - Pré-teste**

O pré-teste teve como objetivo validar o planejamento operacional desenvolvido pela pesquisa relacionando os modelos matemáticos, variáveis e ferramentas (*softwares*). Os autores (FORSYTH; ROTHGEB; WILLIS, 2004) discutem as diferenças da aplicação que o pré-teste ocasiona em uma pesquisa, principalmente por adaptar o plano preliminarmente teórico à prática desempenhada nas empresas.

No detalhamento da composição populacional, o Quadro 5.6 apresenta uma estratificação da população pesquisada que particulariza o arcabouço no que tange ao andamento do projeto. A população dos projetos de Fase I é composta por 345 projetos, sendo: 3 projetos em fase de contratação; 138 projetos em fase de execução e 204 projetos encerrados. A população dos projetos de Fase II é composta por 463 projetos. Esta fase pode ser subdividida em diferentes categorias: 237 projetos encerrados e 224 projetos em execução.

Fase do projeto	Número de projetos	Andamento do projeto		
		Em contratação	Em execução	Encerrados
I	335	3	128	204
II	453	2	214	<b>237</b>
III (PAPPE)	20	0	0	20
Total	<b>808</b>	5	342	461

**Quadro 5.6** – População dos projetos classificada pelo andamento

Cada fase do projeto tem funcionalidades distintas, sendo necessário estimar amostras específicas. Amostra é uma seleção de elementos, prescritos por regras, oriundos de uma população. Hair *et al.* (2009) apresentam dois tipos de amostras: (a) as probabilísticas - todos os elementos da população têm a mesma chance (ou probabilidade) de ser escolhidos pela seleção randômica ou aleatória para eliminar a subjetividade e (b) não-probabilísticas - os elementos são selecionados por um critério definido e nem todos da população tem a chance de ser escolhido.

Na parte II - o pré-teste, a seleção da amostra do pré-teste é não-probabilística, por conveniência (de maneira intencional), pelo interesse de participação inerente à empresa, cuja maior concentração está nos municípios de São Carlos e São Paulo.

A amostra totaliza 41 empresas com 60 projetos. O pré-teste iniciou-se no período de julho de 2009, estendendo-se até setembro do mesmo ano. O Quadro 5.7 revela a quantidade de projetos avaliados nas respectivas fases de andamento, na fase do pré-teste.

Fase do projeto	Número de projetos	Andamento do projeto		
		Em contratação	Em execução	Encerrados
I	14	0	4	10
II	41	0	17	<b>24</b>
III (PAPPE)	5	0	0	5
Total	<b>60</b>	0	21	39

**Quadro 5.7** – Amostra do pré-teste da pesquisa

Na *survey* do pré-teste, as categorias de pesquisa utilizadas foram por email, por telefone e por entrevista, conforme a Quadro 5.8. A estratégia, neste momento, foi aproveitar as disponibilidades dos coordenadores e/ou proprietários para responder ao questionário, pela opção desejada. A codificação foi empregada para manter sob sigilo o nome da empresa. Este trabalho codificou cada empresa com uma numeração ordinal para facilitar o manuseio na análise dos dados com os respectivos tipos de *survey* aplicados e o tempo despendido em cada empresa, conforme será detalhado na versão final deste texto.

<b>Categoria da survey</b>	<b>Quantidade de empresas</b>	<b>%</b>
<i>Entrevista Pessoal</i>	30	73,17%
<i>Telefone</i>	1	2,44%
<i>Email/ Survey</i>	10	24,39%
<i>Internet (on line)</i>	0	0 %
<b>Total</b>	41	100%

**Quadro 5.8** – Categorização dos diferentes tipos de *survey* com as taxas de freqüências no pré-teste

O planejamento operacional foi encaminhar uma carta convite por email no qual foi anexado um arquivo, na estrutura de um ofício, com o símbolo da USP (APÊNDICE A) para os coordenadores dos projetos e/ou o representante legal da empresa. A digitação da carta convite no email foi para que não houvesse nenhuma dificuldade/barreira quanto ao “destinatário” (de forma individual) ao ler o email, em função de precisar executar o *download* sendo caracterizada como um procedimento instantâneo de leitura.

As empresas a serem visitadas levaram em média 6 dias, contados a partir do envio das cartas convite, para confirmar o agendamento. Em alguns casos, o retorno se deu em poucas horas. Já as empresas cujos questionários foram enviados e respondidos via email, apresentaram um tempo médio de retorno de 10 dias.

A partir dos resultados obtidos no pré-teste, foi possível selecionar com mais propriedade os tipos de projetos que deveriam ser contemplados em cada etapa do trabalho, o que de fato valida a realização do pré-teste como um diferencial em termos científicos (FORSYTH; ROTHGEB; WILLIS, 2004). Este diferencial está centrado nos primeiros efeitos revelados durante o processo da entrevista nos estudos de casos (FLICK, 2000), em que foi possível realizar uma intervenção lógica para identificar as estratégias utilizadas pelos dirigentes (ou coordenadores), em uma abordagem qualitativa.

Para Forsyth, Rothgeb e Willis (2004), a *survey* exploratória e confirmatória visa, sobretudo, detectar os problemas no questionário durante o pré-teste. Enquanto isso, a *survey* descritiva (reparatória) é utilizada como fio condutor para melhorar as questões no questionário por diferentes caminhos.

Para definir o esboço padrão, o questionário foi encaminhado para três consultores externos para verificar: (a) a estrutura das questões; (b) adequação entre a variável de resposta e a escala nas questões para diminuir a variabilidade das respostas; e (c) o perfil das dimensões do questionário. A versão preliminar do questionário foi ajustada conforme as recomendações sugeridas (APENDICE B).

Com base nos resultados coletados no pré-teste, o questionário apresenta duas estruturas para a obtenção dos dados. Na parte I, as variáveis selecionadas apresentam um

comportamento independente, no conjunto dos dados. Neste caso, para cada variável foi determinado: (a) a média; (b) o desvio padrão; (c) máximo; d) mínimo para cada conjunto. Na parte II, formada por questões de múltipla escolha, o questionário é estruturado para avaliar os parâmetros qualitativos dos processos inovativos, em seis dimensões, conforme o modelo conceitual desenvolvido anteriormente.

### **Parte III - Delineamento e planejamento final da *Survey***

O desenvolvimento do plano populacional é composto por **808 projetos** alinhados com **613 empresas** fomentadas nas diferentes áreas de conhecimentos, com fases de desenvolvimento e números de projetos aprovados distintos ao longo dos anos.

A primeira etapa foi avaliar as estratégias utilizadas pelas organizações no processo de desenvolvimento da inovação, sendo classificada pela FAPESP como os projetos de Fase I. Esta etapa descreve os fenômenos entre a invenção e a inovação no desenvolvimento do projeto, por um período de seis meses. Estes fenômenos foram observados no processo das entrevistas pelo método indireto.

Ao transitar da invenção à inovação, a FAPESP caracteriza os projetos fomentados como fase II, cujo foco é desenvolver e comercializar novos produtos ou processos inovativos, onde o curso do desenvolvimento é de vinte e quatro meses. Na categoria dos projetos em execução, as empresas estão em fase de desenvolvimento do projeto e dificilmente apresentam faturamento, conforme se constatou na fase do pré-teste e conforme evidenciado na pesquisa empírica por Lynskey (2004) nas empresas iniciantes no Japão.

Na obtenção de variáveis explicitadas no modelo de investigação, o pré-teste foi importante para delinear o plano amostral com mais rigor, com indicação para concentração nos projetos encerrados. Esta delimitação indicou a potencialidade da comercialização dos projetos Fase I (encerrados) e Fase II (em execução e encerrados). O Quadro 5.9 apresenta o número de empresas que encerraram projetos.

Fase	Número de empresas com projetos encerrados
I	190
II	<b>195</b>
Total	385

**Quadro 5.9** – Empresas com projetos encerrados

Para validação do questionário, o teste piloto foi aplicado em 41 empresas deste programa de fomento. Após ajustes e correções, elaborou-se um questionário com formato final apresentado no Apêndice D como recomenda Forsyth, Rothgeb e Willis (2004). O questionário final é sistematizado por diferentes dimensões para agilizar o processo de coleta dos dados, sendo estruturado com questões abertas, fechadas e de múltipla escolha, por duas partes.

Na primeira parte do questionário, cada dimensão apresenta um conjunto de perguntas com objetivos específicos para avaliar o relacionamento dos fatores, entradas e saídas do modelo matemático. Esta configuração contempla 6 dimensões, as quais podem ser estratificadas com os respectivos objetivos, conforme o Quadro 5.10.

<b>ESCOPO DO QUESTIONÁRIO</b>		
<b>Dimensões</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Número de questões</b>
Empresa	Determinar as características da organização	9
Colaboração	Determinar o nível de colaboração no processo de desenvolvimento do produto/processo inovativo	8
Produção	Determinar o nível de capacidade produtiva que a empresa disponibiliza nos processos inovativos	6
Mercado	Determinar o nicho de mercado dos produtos comercializados	6
Financeira	Determinar os montantes gastos em P&D	12
Difusão	Determinar o grau de difusão que os produtos/processos atingiram por meio da empresa na comercialização.	6
<b>Total de questões</b>		<b>47</b>

**Quadro 5.10** – Dimensões do questionário – Parte 1

Na segunda parte, o questionário avalia o perfil e o nível do desenvolvimento tecnológico das pequenas e médias empresas fomentadas, em 12 dimensões. Estas dimensões totalizam 17 questões, conforme o Quadro 5.11.

Para compor o plano de amostragem, os principais fatores que influem no tamanho da amostra são (GOVINDARAJULU, 1999):

- A técnica de amostragem;
- O nível de sensibilidade/precisão;
- O número de variáveis utilizadas no questionário;
- As técnicas para análise dos dados; e,
- O nível de significância requerido pela pesquisa na projeção dos resultados.

<b>ESCOPO DO QUESTIONÁRIO</b>		
<b>Dimensões</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Número de questões</b>
Estrutura da inovação	Caracterizar as especificações da inovação (para quem?), as habilidades e competências adquiridas pelos gestores (como) e a classificação da inovação (em que?)	3
Objetivos para o desenvolvimento	Caracterizar os principais motivos pelos quais os empresários desenvolveram atividades inovadoras	1
Fontes de informações	Avaliar as fontes na obtenção das fontes de inovação para desenvolver as inovações	1
Tipos de inovação	Caracterizar o tipo da inovação desenvolvida	1
Tipologias da inovação	Avaliar as características na composição da inovação	1
Modelos de desenvolvimento inovativo	Avaliar o nível de colaboração entre a cadeia para desenvolver inovação tecnológica	1
Forças propulsoras para inovar	Identificar as forças estimuladoras as desenvolvimento do projeto	1
Estratégias	Identificar a estratégia implementada para atuar no mercado	1
Localização	A importância da localização da empresa	2
Metodologias de indicadores	Avaliar a existência de metodologia para o desenvolvimento dos processos inovativos	2
Barreiras	Identificar as barreiras no desenvolvimento do projeto governamental	1
<b>Total de questões</b>		<b>15</b>

**Quadro 5.11** – Dimensões do questionário – Parte 2

O plano amostral final da *survey* é caracterizado por diferentes tamanhos, dependendo das etapas descritas anteriormente. O modelo de investigação é subdividido em três etapas que contêm diferentes estágios, de acordo com o Quadro 5.12. As etapas do modelo de investigação são compostas por diferentes perspectivas: (a) projetos de pesquisa, na etapa I; (b) empresas, na etapa II; e (c) empresas do PIPE, na etapa III.

Na etapa I, o plano amostral utilizado é não-probabilístico, intencional, dos projetos encerrados na Fase I e Fase II. Tem como função avaliar os projetos por área de conhecimentos cuja amostra será estratificada, de maneira que se possa realizar uma pesquisa mais delineada. Para uma população de 808 projetos foi obtido retorno de 147. Destes, 10 ainda estavam em fase de desenvolvimento, o que reduziu a amostra para 137 nas análises dos Estágios III e IV.



Etapa	Estágios	Tamanho da amostra	Objeto de análise
I	Estágio I	148 projetos	Projetos de pesquisas
	Estágio II	148 projetos	
	Estágio III	137 projetos	
	Estágio IV	137 projetos	
II	Estágio V	40 empresas	Empresas sem Pipe III
	Estágio VI	40 empresas	
	Estágio VII	40 empresas	
	Estágio VIII	40 empresas	
III	Estágio IX	18 empresas	Empresas do Pipe III (Pappe)
	Estágio X	18 empresas	
	Estágio XI	18 empresas	

**Quadro 5.12** – Tamanho amostral e etapas do projeto

O número de projetos das áreas de conhecimento Ciências humanas, Ciências sociais aplicadas; Interdisciplinar e Lingüística, Letras e Artes foi agrupado porque cada área detinha um baixo número, em um montante de 23 projetos, sendo que foram obtidas respostas sobre apenas 3 (Quadro 5.13). Os resultados serão analisados por meio da Análise Envoltória de Dados, que requer indicadores de entrada e saída para compor o modelo matemático utilizado, conforme o modelo de investigação detalhado no capítulo anterior.

Grandes Áreas de conhecimento	Num. de Projetos	Taxa (%)
Ciências agrárias	13	8,78
Ciências biológicas	7	4,73
Ciência da saúde	6	4,05
Ciências Exatas e da terra	27	18,24
Ciências humanas/ Ciências sociais aplicadas/ Interdisciplinar/ Lingüística letras e artes/	3	2,03
Engenharias	92	62,16
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>100</b>

**Quadro 5.13** – Distribuição final da população dos projetos fomentados pela FAPESP

O Quadro 5.14 apresenta a distribuição da amostra utilizada pelo modelo matemático, composta por projetos que passaram pela fase do desenvolvimento do protótipo e já apresentam faturamento.

Fase do projeto	Número de projetos	Andamento do projeto		
		Em contratação	Em execução	Encerrados
I	20	0	5	15
II	110	0	28	83
III (PAPPE)	18	0	1	17
Total	<b>148</b>	0	34	114

**Quadro 5.14** – Distribuição final da amostra dos projetos fomentados pela FAPESP

Em síntese, este trabalho teve como estrutura final, diferentes categorias na coleta dos dados, conforme reporta o Quadro 5.15.

<b>Categoria da survey</b>	<b>Quantidade de empresas</b>	<b>Percentual</b>
Entrevista Pessoal	86	58,11%
Telefone	1	0,68%
Email/ Survey	61	41,22%
<i>Internet (on line)</i>	0	0,00%
<b>Total</b>	148	100%

**Quadro 5.15** – A categorização dos diferentes tipos de *survey* com as taxas de frequências

A amostra dos estágios V, VI, VII e VIII (Etapa II) contém apenas projetos encerrados (excluídas as empresas com Pipe III), com o objetivo de avaliar os benefícios dos investimentos sob a perspectiva da influência da variável número de projetos sobre o faturamento da organização, num total de 40 empresas.

Para a terceira etapa, as empresas do PIPE III (Pappe) compõem uma amostra para avaliar a efetividade na comercialização dos produtos, formada por 18 empresas. Foi necessário, neste caso, conhecer detalhadamente todas as empresas.

Para reportar os resultados finais, a revisão do plano de análise pode ser elencada nos seguintes procedimentos:

1. Apresentar uma estatística descritiva das variáveis;
2. Avaliar as empresas e estratégias desenvolvidas por procedimentos qualitativos;
3. Aplicar Análise Envoltória de Dados, nas etapas I (DMUs formadas por projetos) e na etapa II (DMUs constituídas por empresas);
  - a. Validar as variáveis por meio do teste de hipóteses (BANKER, 1993); e,
4. Aplicar os modelos da Análise por Envoltória de Dados e o Índice *Malmquist*, na etapa II em que as DMUs são constituídas apenas pelas empresas do PIPE III (ou Pappe).

#### **Parte IV - Compilação dos dados**

Para balizar o direcionamento final da pesquisa, o modelo conceitual de investigação contempla três fases centrais, desmembradas em função dos objetos de análise, e os respectivos métodos de avaliação, de acordo com o tamanho amostral, conforme o Quadro 5.16.

tapa	Objeto	Objeto de análise	Amostra investigada	Método de avaliação
I	Panorama FAPESP	Avaliar os projetos do PIPE no período de 1997- 2008	808 projetos	Métodos qualitativos e quantitativos
II	Projetos de pesquisas	Avaliar os projetos coletados na amostra na fase I e II	148 projetos	Métodos qualitativos e quantitativos
III	Projetos de pesquisas	Avaliar os projetos de pesquisa encerrados na fase I e fase II	137 projetos	Métodos quantitativos – Análise Envoltória de Dados
IV	Empresas	Avaliar a eficiência dos recursos aplicados nas empresas do programa governamental nas empresas que obtiveram projetos encerrados na fase I e na fase II	40 empresas	Modelos matemáticos - Análise Envoltória de Dados
V	Nível comercial	Avaliar os projetos concedidos no programa PIPE 3 (ou Pappé) inseridos no contexto da comercialização.	18 empresas	Modelos matemáticos - Análise Envoltória de Dados com a integração do Índice <i>Malmquist</i>

**Quadro 5.16** – Panorama da amostra nas diferentes etapas da pesquisa

Para compilação dos dados, foram utilizados diferentes *softwares* para cada etapa:

1. O *software* STATISC para determinar a descrição estatística das variáveis e mapear o nível de observações da segunda parte do questionário;
2. A validade do modelo será analisada por meio do STATA para verificar o nível de significância das variáveis; e,
3. Os modelos do DEA utilizam o *Frontier* para determinar a eficiência das unidades avaliadas.

## Parte V - Construção dos arquivos de dados, análise e esboço final

Para legitimar a qualidade dos dados, a confiabilidade revela as medições isentas de erros aleatórios com objetivo de realizar diversos tipos de inferências. Vale ressaltar que a inferência é a tradução lógica dos fenômenos não observados baseados nos fenômenos observados (GROVES *et al.*, 2004).

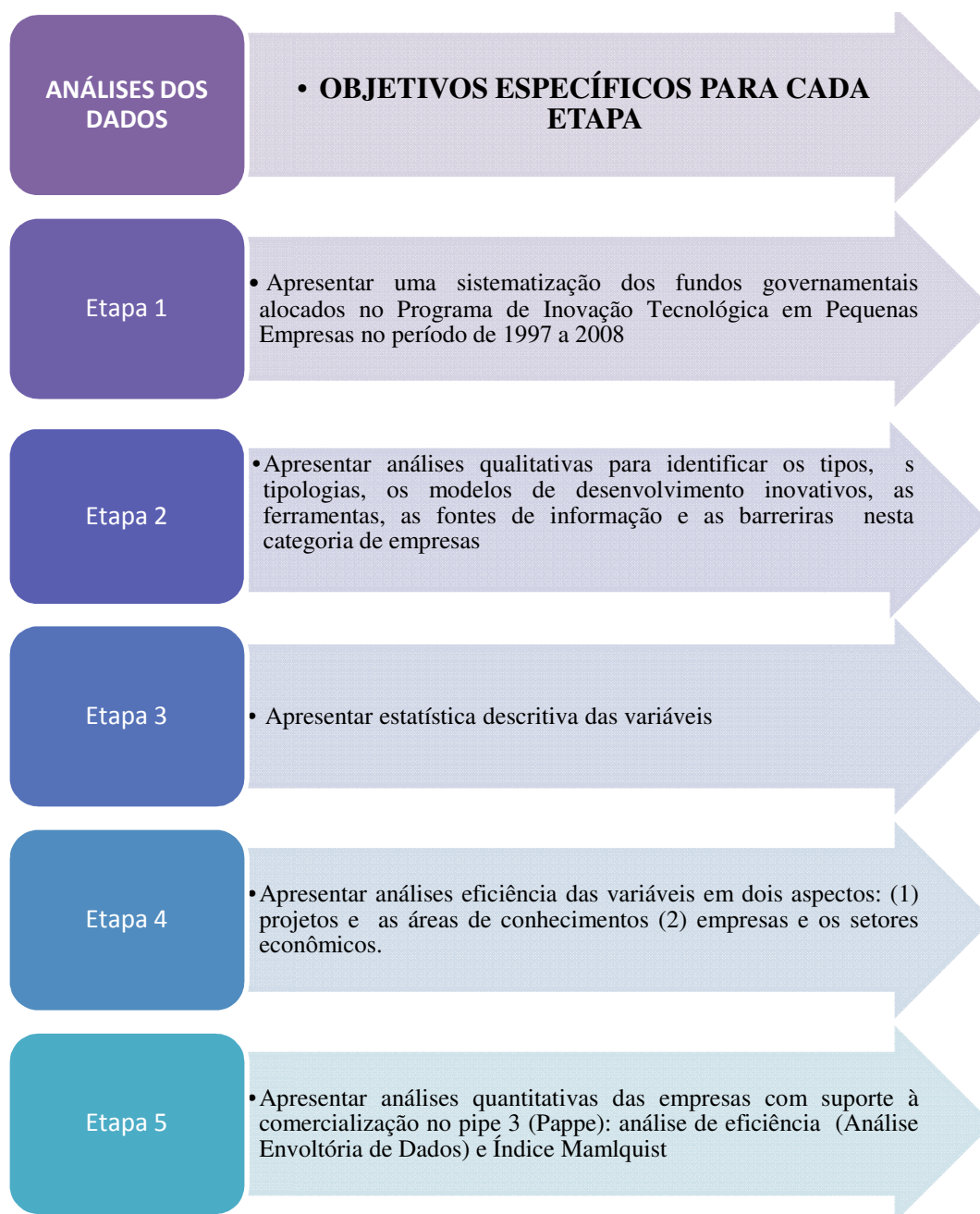
A análise bivariada é constituída por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Este coeficiente tem como mensurar associação entre duas variáveis intervalares. Os valores podem variar entre -1 e 1, em que a maior associação é obtida quando as variáveis apresentam relações.

A validade dos modelos de Análise Envoltória de Dados é determinada pela convergência das correlações entre as variáveis de entrada e saída. A partir desta análise, os resultados são apresentados para avaliar a eficiência técnica, escala e total com as frequências dos retornos de escala (crescentes, decrescentes e constantes) em que os projetos e empresas se classificam. Para avaliar a distribuição das eficiências, a média, o desvio padrão, o valor máximo e mínimo serão calculados, conforme recomendações das pesquisas empíricas sobre este tema (WANG; HUANG, 2007; REVILLA; SARKIS; MODREGO, 2003; HSU; HSUEH, 2009).

Obtendo o relacionamento entre as variáveis, a presente análise contempla conjuntamente o nível de significância ( $\rho$ ). Entre o conjunto de variáveis, como representado no Quadro 5.1 pelo construto, a formulação da hipótese possibilita utilizar o nível de significância para rejeitar ou aceitar a hipótese nula (BANKER, 1993; (BANKER, 1993, SUEYOSHI; AOKI, 2001; SIMAR; WILSON, 2007). . Para esta tese foi adotado  $\rho$  for menor que 0,05, 0,01, dependendo do nível de significância. Isso significa que quando o  $\rho$  for menor que 0,05, o nível de significância entre as variáveis é significativo (GUJARATI, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos mediante as pesquisas qualitativas e quantitativas em pequenas empresas, fomentadas pelo Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE). Os resultados serão apresentados em etapas, conforme ilustrado pela Figura 6.1.



**Figura 6.1** – Etapas da apresentação dos resultados

### 6.1 Etapa I - Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE)

O Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE) foi lançado em 1997 com o objetivo de fomentar pequenas empresas no desenvolvimento de projetos de inovações tecnológicas, sem exigência alguma de contrapartida.

Ao distribuir os recursos governamentais ao longo desses onze anos, 1997 a 2008, o programa PIPE movimentou R\$ 146.672.985,50 para os 808 projetos. Em contrapartida, a realidade de programas governamentais em países desenvolvidos aponta que, no caso do SBIR foram alocados US\$ 1.2 bilhões, para a realidade americana, somente no ano de 2003 (AUDRETSCH, 2003). Na Finlândia, os gastos foram de US\$ 550 milhões para o *Finland's Tekes Program*, conforme aponta Wessner (2007). Em outro caso, o programa *Technology partnerships* totalizou os gastos em um montante de US\$ 2,7 bilhões com 674 projetos no Canadá, no ano de 2004. É evidente, portanto, a distância entre o montante alocado no Brasil e os valores disponibilizados nos países citados. A Tabela 6.1 apresenta a distribuição dos investimentos no Programa de Pesquisa Inovativa em Pequena Empresa (PIPE) e subdivide os projetos de Fase I e Fase II. Os projetos de Fase I receberam 12,25% do total dos investimentos, o que pode ser justificado pelo fato de, nesta fase, ocorrer apenas a análise da viabilidade técnica e comercial do produto a ser desenvolvido.

Em outra perspectiva, os projetos fase II têm mais representatividade porque esta fase exige maior comprometimento financeiro, sendo o equivalente a 87,75% do total dos investimentos concedidos. No entanto, é possível perceber alterações nos montantes alocados para as fases I e II, ao longo dos anos, nos quais projetos de fase I ganhavam maior prioridade. Em 2004, o total dos investimentos atinge o maior valor da série estudada, pois neste ano foi concedida uma fase especial (e única até hoje) para os projetos do PIPE III. Por outro lado, a concessão de recursos do programa sofreu sensível redução entre os anos de 2006 e 2007, quando os investimentos baixaram em média 75% em comparação com os anos anteriores.

No último período analisado, 2008, os projetos da fase I tiveram 52,09% do total dos investimentos do programa, contrariamente ao apresentado por Cooper (2003), onde no programa do SBIR, os projetos Fase II são a prioridade, no período compreendido entre 1983 a 1999, nos Estados Unidos.

**Tabela 6.1** – Sistematização do volume de investimentos subdividindo entre a Fase I e Fase II

Ano fiscal	Volume investido (R\$)	Fase I (R\$)	Fase II (R\$)
1997	9.278.406,90	659.792,39	8.618.614,51
1998	4.021.685,25	<b>449.369,78</b>	3.572.315,47
1999	7.560.194,51	617.609,69	6.942.584,82
2000	8.482.528,82	941.088,39	7.541.440,43
2001	11.576.984,12	840.369,49	10.736.614,63
2002	9.614.594,55	1.195.241,45	8.419.353,10
2003	17.012.851,64	704.360,27	16.308.491,37
2004	<b>25.358.450,66</b>	2.024.813,69	<b>23.333.636,97</b>
2005	24.749.660,14	2.308.939,92	22.440.720,22
2006	19.296.472,29	<b>3.544.862,85</b>	15.751.609,44
2007	<b>4.275.438,82</b>	1.839.399,13	<b>2.436.039,69</b>
2008	5.445.717,80	2.836.821,29	2.608.896,51
Total (R\$)	146.672.985,50	17.962.668,34	128.710.317,20

**Fonte:** Elaboração própria com base dos dados fornecidos pela FAPESP

Considerando o número de projetos aprovados, a Tabela 6.2 apresenta a quantificação para as diferentes fases do programa. Neste caso, os projetos da fase I e fase II representam um total de 42,70% e 57,30%, respectivamente, do total de projetos aprovados para o programa PIPE.

**Tabela 6.2** – Sistematização do número de projetos concedidos para as diferentes fases do programa

Ano fiscal	Quantidade de projetos	Fase I	Fase II
1997	53	17	36
1998	28	<b>13</b>	15
1999	41	16	25
2000	48	18	30
2001	63	18	45
2002	60	26	34
2003	72	16	56
2004	<b>109</b>	37	72
2005	116	42	<b>74</b>
2006	<b>120</b>	<b>64</b>	56
2007	39	31	<b>8</b>
2008	59	47	<b>12</b>
Total	808	345	463

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados fornecidos pela FAPESP

Em uma análise para a realidade americana, Wessner (2007) comenta que o número de projetos concedidos flutuou entre 265 a 538 por ano, totalizando uma média de 354, no intervalo compreendido entre 1992 a 2005. Na perspectiva de projetos PIPEs, a média de aprovação é 73 projetos no período de 1997 a 2008.

O número de projetos aprovados e o montante total investido são apresentados na Tabela 6.3, no período analisado.

Ao subdividir os montantes investidos por cada edital, foi possível fazer algumas contraposições:

- (1) em 2005, o edital 21 deteve o maior volume de recursos captados, na ordem de R\$ 10.439.376,99, os quais totalizam um montante médio de recursos financeiros por projeto de R\$ 187.979,78;
- (2) em 2004, o destaque é direcionado para o edital 20, pois apesar de não ter recebido o maior volume de recursos financeiros, este edital concentra uma média de recursos superior por projeto, de R\$ 264.681,87, dentre todos os demais editais;
- (3) após o nível de aprovação diminuir, a partir de 2006, a taxa de investimento também diminui radicalmente. Outro ponto válido a ser mencionado é que este intervalo apresenta a menor taxa de investimento de recursos e, por conseguinte, também a menor média de investimento obtida por projeto; e,
- (4) o edital 28 é o maior representante desta queda na taxa de investimentos. Cabe, neste momento, realizar um comparativo com a realidade americana, e neste sentido, Cooper (2003) observa que a menor taxa de investimento foi de 45 milhões de dólares, em 1983, para projetos fase I e, no ano de 1984, de 108 milhões de dólares.

Em síntese, estes valores praticamente equivalem ao montante global concedido em todos os projetos da história do PIPE. Em outras palavras, é possível identificar o quão distante a realidade brasileira encontra-se em relação ao programa dos Estados Unidos.



Tabela 6.3 – Projetos e montantes por editais ao longo dos anos

Editais	Evolução no tempo												Dados Financeiros	
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total investido (R\$)	Média (R\$)
1	32												1.647.961,43	193.357,25
2	21												2.373.723,82	147.189,28
3		12											3.587.887,19	137.330,12
4		16											3.972.307,32	148.357,74
5			17										4.033.681,00	211.052,19
6			24										4.448.847,82	165.512,81
7				23									3.459.754,41	175.377,43
8				25									5.050.249,30	177.953,91
9					21								3.066.980,41	164.750,21
10					25								2.497.075,34	202.009,97
11					17								3.643.188,89	180.410,61
12						20							3.474.330,32	124.853,77
13						21							3.328.745,70	173.485,19
14						19							6.500.663,10	182.859,49
15							14						7.183.442,84	237.767,55
16							29						7.909.899,15	224.160,80
17							29						9.243.413,44	247.704,93
18								42					8.205.138,07	188.330,93
19								36					4.887.474,24	<b>256.761,48</b>
20								31					9.422.808,91	<b>264.681,87</b>
21									26				<b>10.439.376,99</b>	187.979,78
22									39				7.809.252,34	241.610,48
23									<b>51</b>				<b>5.837.472,32</b>	204.693,67
24										48			5.649.747,63	162.692,76
25										37			871.786,73	157.769,52
26										35			759.780,28	161.421,36
27											11		2.643.871,81	<b>79.253,34</b>
28											11		884.491,82	<b>69.070,93</b>
29											17		2.925.056,89	155.521,87
30												11	1.636.169,09	<b>80.408,35</b>
31												27	1.647.961,43	108.335,44
32												21	2.373.723,82	<b>77.912,81</b>
Proj/ano	53	28	41	48	63	60	72	<b>109</b>	<b>116</b>	<b>120</b>	<b>39</b>	59		
Proj/Acum.	53	81	122	170	233	293	365	474	590	710	749	808		

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pela FAPESP

Na sequência, surge o seguinte questionamento: qual área de conhecimento FAPESP tem recebido maior atenção dos investimentos PIPE ao longo do tempo?

A Tabela 6.4 apresenta o total dos investimentos distribuídos (alocados) nas diferentes áreas de conhecimento. Para caracterizar taxa de investimentos por área de conhecimento, Audretsch (2003) cita como exemplo que o SBIR já direcionou mais de US\$ 240 milhões entre o período de 1983 a 1997, apenas para firmas de biotecnologia.

No cenário do PIPE, a área de Engenharia tem o maior destaque dentre todas as áreas de conhecimento, tanto no que diz respeito ao número de projetos aprovados como relacionado ao montante investido, em média, por projeto.

Ciências Exatas e da Terra é a área de conhecimento de segunda ordem para esta agência de fomento, totalizando um montante de R\$ 23.097.364,49, no que tange aos recursos financeiros obtidos. Este valor é muito aquém do despendido com a área de Engenharia, mas assemelha-se ao montante destinado às demais áreas do conhecimento. Embora as áreas de conhecimento de Engenharia e Ciências Exatas e da Terra possuam volume de recursos totais superiores, não contabilizam um valor médio por projeto proporcional, R\$ 190.776,24 e R\$ 149.015,25, respectivamente.

Em paralelo, a área de Ciências Biológicas desponta com um volume total menor que as áreas de Engenharia e Ciências Exatas e da Terra, contudo, apresenta um valor médio por projeto superior, de R\$231.270,53.

Outra área de conhecimento de destaque é a Ciência da Saúde, que apresenta um total de investimentos muito inferior às demais áreas e, no entanto, apresenta uma média alta quando a comparação é feita por projeto.

Finalmente, relacionado à quantidade de projetos aprovados, por área, é importante destacar que a Engenharia apresenta o maior desvio padrão, ao longo dos anos.

Tabela 6.4 – Sistematização dos recursos financeiros concedidos entre as áreas de conhecimentos

ÁREAS DO CONHECIMENTO PARA FAPESP										
Ano	Ciências agrárias	Ciências biológicas	Ciência da saúde	Ciências exatas e da terra	Ciências humanas	Ciências sociais	Engenharias	Inter-disciplinar	Linguística, letras e artes	Total de projetos
1997	4	3	3	10	0	0	32	0	1	53
1998	6	0	0	4	0	0	18	0	0	28
1999	3	2	1	8	0	0	27	0	0	41
2000	8	2	2	6	0	2	28	0	0	48
2001	6	5	1	13	0	2	36	0	0	63
2002	4	4	0	11	0	4	37	0	0	60
2003	10	7	3	18	2	2	30	0	0	72
2004	14	9	5	21	0	3	57	0	0	109
2005	15	10	2	19	1	3	66	0	0	116
2006	19	7	9	24	1	1	59	0	0	120
2007	7	2	1	13	0	0	15	1	0	39
2008	4	2	3	8	0	0	42	0	0	59
<b>Total de projetos</b>	100	53	30	155	4	17	447	1	1	808
<b>Média de projetos por ano</b>	8,33	4,42	2,50	12,92	0,33	1,42	37,25	0,08	0,08	67,33
<b>R\$ total</b>	17.206.155,1	12.257.338,1	5.291.946,7	23.097.364,49	668.975,5	2.838.349,8	85.276.981,3	6.324,43	29.549,74	146.672.985,5
<b>Média de R\$ por projeto</b>	172.061,5	231.270,53	176.398,22	149.015,25	167.243,89	166.961,7	190.776,24	6.324,43	29.549,74	
<b>Desvio padrão número projetos</b>	4	3	3	10	0	0	32	0	1	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados fornecidos pela FAPESP

Em outra análise, cumpre destacar que o programa PIPE não considera a titulação acadêmica do pesquisador responsável como um critério para aprovação do projeto, sendo denominado, neste contexto, como coordenador do projeto. Em casos especiais, o programa exige apenas uma documentação que comprove experiência suficiente para viabilizar a execução do projeto (PEREZ, 1999). Esta filosofia é adotada para não restringir o perfil dos coordenadores a titulações acadêmicas. Corroborando com este estilo de programa, o trabalho de Freel (2000) revela que os projetos com maior taxa inovativa foram coordenados por cientistas detentores apenas de graduação como titulação acadêmica, na Inglaterra.

Embora o perfil dos coordenadores não seja um critério de seleção, a Tabela 6.5 apresenta uma compilação do grau de escolaridade de todos os coordenadores vinculados aos projetos estudados do programa PIPE. Para a coleta de dados utilizou-se, como instrumento, as informações disponibilizadas pela plataforma lattes do CNPq. Como alguns pesquisadores não disponibilizam as informações naquela base, a pesquisadora entrou em contato com o coordenador do projeto por telefone ou por email para obtenção da titulação do pesquisador do projeto.

Relativamente à titulação acadêmica máxima dos coordenadores, entre os 808 projetos constatou-se que: 11,26% são graduados; 2,83% especialistas; 17,5% mestres; 43,56% doutores; 18,69% pós-doutores e 6,06% livre-docentes. Observa-se, portanto, que existe uma concentração maior nos projetos para coordenadores com titulação acadêmica de doutores.

**Tabela 6.5** – Grau de escolaridade dos coordenadores dos projetos PIPE

<b>Titulação acadêmica</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Graduação	91	11,26%
Especialização	23	2,85%
Mestre	142	17,57%
Doutor	352	<b>43,56%</b>
Pós-doutor	151	18,69%
Livre docente	49	6,06%
<b>Total</b>	<b>808</b>	<b>100,00%</b>

**Fonte:** Elaboração própria baseada no banco de dados do CNPq e por fontes disponíveis por email

Outro ponto importante é a concentração de projetos por empresa. A Tabela 6.6 sistematiza o número de projetos por empresas concedidos entre 1997 a 2008. Neste período, a FAPESP concedeu, por meio do programa PIPE, 808 projetos, os quais estão vinculados a 613 empresas. A tabela mostra que 61,88% dos projetos foram concedidos de maneira totalmente desconcentrada, enquanto o restante foi distribuído, no mínimo 2 e no máximo 7

projetos para cada empresa.. Como um comparativo, Wallsten (2000, p.89) aponta que os projetos do programa SBIR têm baixa concentração, em um mapeamento para o período de 1991 a 1993.

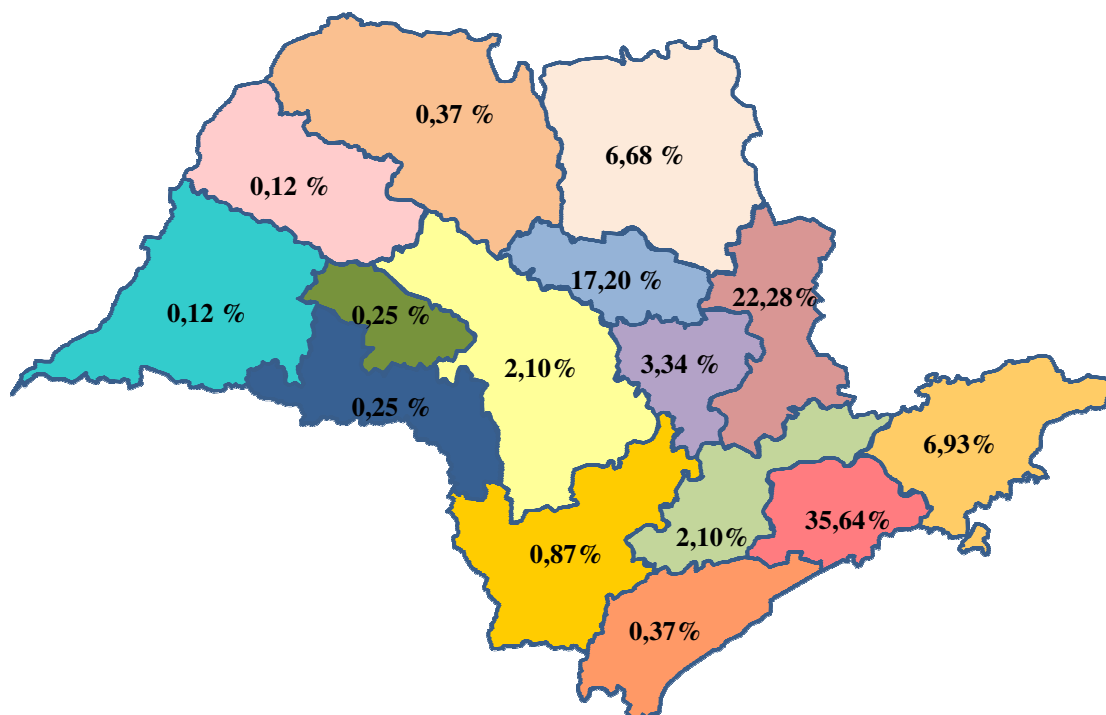
**Tabela 6.6** – Quantidade de projetos por empresas fomentadas

<b>Número de projetos por empresa</b>	<b>Empresas</b>	<b>Total de projetos</b>	<b>%</b>
<b>1</b>	500	500	61,88%
<b>2</b>	70	140	17,33%
<b>3</b>	22	66	8,17%
<b>4</b>	8	32	3,96%
<b>5</b>	9	45	5,57%
<b>6</b>	3	18	2,23%
<b>7</b>	1	7	0,87%
<b>Total</b>	<b>613</b>	<b>808</b>	100,00%

**Fonte:** Elaboração própria com base nos dados fornecidos pela FAPESP

### **6.1.1 Localização das pequenas empresas do projeto PIPE**

As pequenas empresas do Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE) são distribuídas geograficamente em diversas cidades do Estado de São Paulo (SP). A Figura 6.2 ilustra a localização geográfica das cidades beneficiadas pelo programa com as respectivas taxas percentuais representativas. A região Metropolitana de São Paulo congrega mais projetos fomentados pela FAPESP, com 288 projetos (35,64%). A segunda posição geográfica é a região de Campinas, com 180 projetos (22,28%). As demais posições detentoras de projetos aceitos são as regiões: Araraquara, 139 projetos (17,20%); Vale do Paraíba Paulista, 56 projetos (6,93%); Ribeirão Preto, 54 projetos (6,68%); Piracicaba, 27 (3,34%); São José do Rio Preto, 14 projetos (1,73%); Itapetininga, 7 (0,87%); Araçatuba, 1 projeto (0,12%); Marília, 2 projetos (0,25%); Assis, 2 projetos (0,25%) e Presidente Prudente, 1 projeto (0,12%), respectivamente.



**Figura 6.2** – Localização geográfica das cidades com projetos fomentados pelo PIPE

	Araçatuba	1	0,12%
	Araraquara/ São Carlos	139	17,20%
	Assis	2	0,25%
	Bauru	17	2,10%
	Campinas	180	22,28%
	Itapetininga	7	0,87%
	Litoral Sul Paulista	3	0,37%
	Macro Metropolitana Paulista	17	2,10%
	Marília	2	0,25%
	Metropolitana de São Paulo	288	35,64%
	Piracicaba	27	3,34%
	Presidente Prudente	1	0,12%
	Ribeirão Preto	54	6,68%
	São José do Rio Preto	14	1,73%
	Vale do Paraíba Paulista	56	6,93%
<b>TOTAL</b>		<b>808</b>	<b>100%</b>

A Tabela 6.7 vincula a quantidade de projetos, de maneira específica, às cidades onde se localizam as empresas contempladas, na atualidade. Ressalta-se que essa informação não constava no banco de dados fornecido pela Fapesp, pois os endereços disponibilizados são referentes aos coordenadores dos projetos.

O estado de São Paulo abriga quatro pólos de inovação tecnológica consolidados com excelência: Campinas; Ribeirão Preto; São Paulo; São Carlos; e São José dos Campos. Estes pólos, na maioria dos casos, tiveram sua gênese nos centros de pesquisas e universidades de qualidade existentes nas regiões. Os pólos de inovação têm por finalidade estimular a integração das universidades e centros de pesquisas com o setor produtivo.

De fato, cada pólo tecnológico contempla características peculiares ao desenvolvimento local, os quais são enfatizados para extrair o máximo dos recursos disponíveis da região. Como mencionam Evangelista *et al.* (2001), cada região pode influenciar diferentemente no desempenho das atividades inovativas.

A partir do detalhamento da concentração de projetos por cidades observou-se uma pequena concentração em cidades fora dos pólos tecnológicos mencionados - Sertãozinho (5); Sorocaba (4); Paulínia (7); Piracicaba (10); Rio Claro (7) e, Botucatu (12). Isso pode ser reflexo da formação de novos centros com estas características, no estado de São Paulo. Privilegiar áreas menos favorecidas ou em expansão poderá promover equidade de desenvolvimento, com importantes resultados econômicos.

**Tabela 6.7 – Localização atual das empresas fomentadas com os respectivos projetos no período de 1997 a 2008**

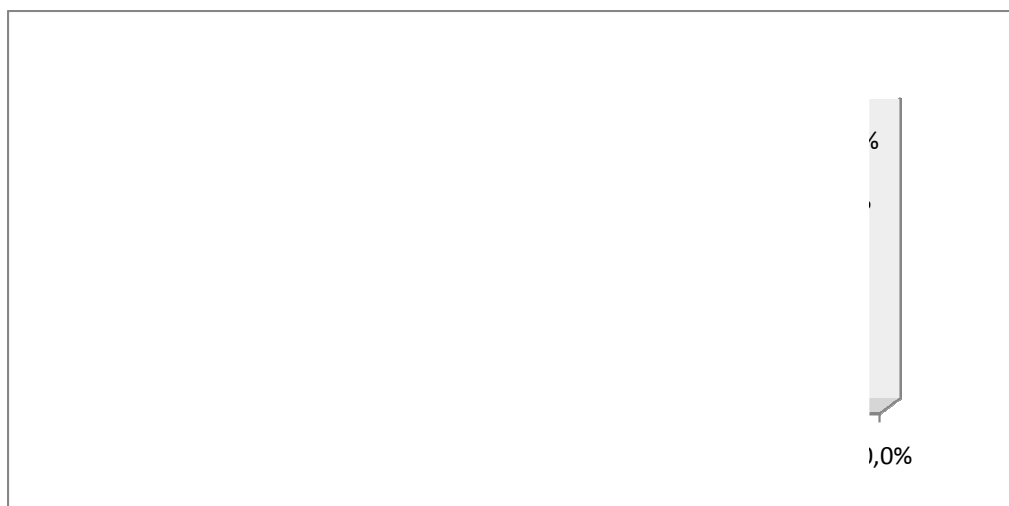
Cidades	Projetos	Cidades	Projetos	Cidades	Projetos	Cidades	Projetos
Águas De Lindóia	1	Cravinhos	2	Limeira	4	Santa Barbara D'oeste	3
Analândia	1	Diadema	4	Marília	1	Santa Maria Da Serra	1
Angatuba	1	Ferraz De Vasconcelos	2	Matão	1	Santana De Parnaíba	3
Araçariguama	1	Franca	4	Mauá	2	Santo Andre	3
Araraquara	4	Francisco Morato	2	Mococa	1	Santos	5
Araras	1	Franco Da Rocha	1	Mogi Guacu	2	São Bernardo Do Campo	4
Ariranha	1	Guarujá	1	Mogi Das Cruzes	4	São Caetano Do Sul	5
Arujá	2	Guarulhos	7	Mogi Mirim	1	São Carlos	133
Assis	2	Holambra	6	Monte Mor	1	São João Da Boa Vista	1
Atibaia	2	Hortolândia	2	Orlândia	2	São Joaquim Da Barra	2
Barretos	1	Ilha Solteira	1	Osasco	2	São José Do Rio Preto	1
Barueri	3	Indaiatuba	4	Palestina	1	São José Dos Campos	54
Bastos	1	Itaipava	1	Patrocínio Paulista	1	São Lourenço Da Serra	1
Batatais	1	Itapetininga	2	Paulínia	7	São Paulo	223
Bauru	3	Itapeva	1	Pedreira	1	São Vicente	1
Botafogo	1	Itapira	1	Pindorama	1	Serrana	1
Botucatu	12	Itararé	1	Piracicaba	10	Sertãozinho	5
Caieiras	1	Itu	1	Pirassununga	3	Socorro	2
Cajamar	5	Itupeva	1	Porto Feliz	1	Sorocaba	4
Cajati	1	Jaboticabal	6	Presidente Prudente	1	Sumaré	1
Cajobi	6	Jacareí	2	Rafard	4	Valinhos	1
Campinas	141	Jaguariúna	1	Registro	2	Varginha	2
Capivari	1	Jandira	1	Ribeirão Pires	2	Vista Alegre Do Alto	1
Catanduva	3	Jarinu	1	Ribeirão Preto	27	Votuporanga	1
Cerqueira Cesar	1	Jundiaí	5	Rio Claro	7		
Cotia	4	Lençóis Paulista	1	Salto	1	Total	808



## 6.2 Etapa 2 - Perfil dos projetos do Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE)

Esta etapa tem como objetivo apresentar as características dos projetos relacionadas ao tipo de inovação, configuração da tipologia inovativa, modelos de desenvolvimento inovativo, objetivos de desenvolvimento, fontes de informação e barreiras na condução dos projetos.

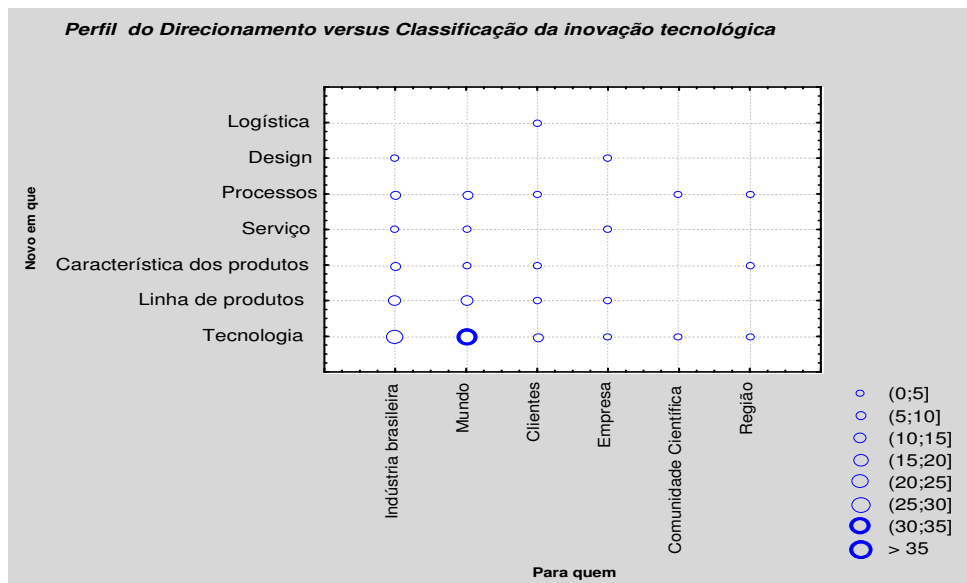
Adotando a classificação definida por Garcia e Calantone (2002), a inovação pode apresentar diferentes perspectivas para representar os graus de novidades em relação aos produtos e processos desenvolvidos. Para esta análise, as inovações foram subdivididas em: (a) para quem, caracterizando o ambiente para o qual a inovação é direcionada; e (b) em que, ressaltando a maneira como o processo de inovação diferencia-se das práticas desenvolvidas no mercado. Observa-se que 41,8% dos projetos financiados são considerados como totalmente inovadores em âmbito mundial e 41,1% caracterizam-se como inovadores apenas na indústria brasileira, conforme a Figura 6.3. Os demais projetos foram direcionados da seguinte maneira: 11,3% das inovações são geradas para atender especificamente as necessidades dos clientes; 3,5% para a região e 2,1% para satisfazer as inovações no âmbito da comunidade científica.



**Figura 6.3** – O direcionamento dos projetos PIPEs no desenvolvimento da inovação tecnológica

Ao cruzar as informações sobre a quem se destinam os projetos PIPEs com os aspectos característicos dos mesmos, é possível perceber que a tecnologia é uma

variável diferencial em todos os perfis dos projetos de inovação tecnológica, porém a maior frequência ocorre nos projetos direcionados ao âmbito mundial (Figura 6.4).



**Figura 6.4** – Direcionamento versus Classificação da inovação tecnológica

Adicionados, os projetos direcionados para a indústria brasileira e para o âmbito mundial possuem inovações em praticamente todas as classificações inovativas por adicionar novas tecnologias, implementar novas linhas dos produtos, alterar as características dos produtos obsoletos e incorporar inovações nos novos processos produtivos.

Para os projetos desenvolvidos especificamente para clientes, as inovações são desenvolvidas para satisfazer as necessidades do mercado, adicionando melhorias na tecnologia, bem como desenvolvendo novas linhas de produtos.

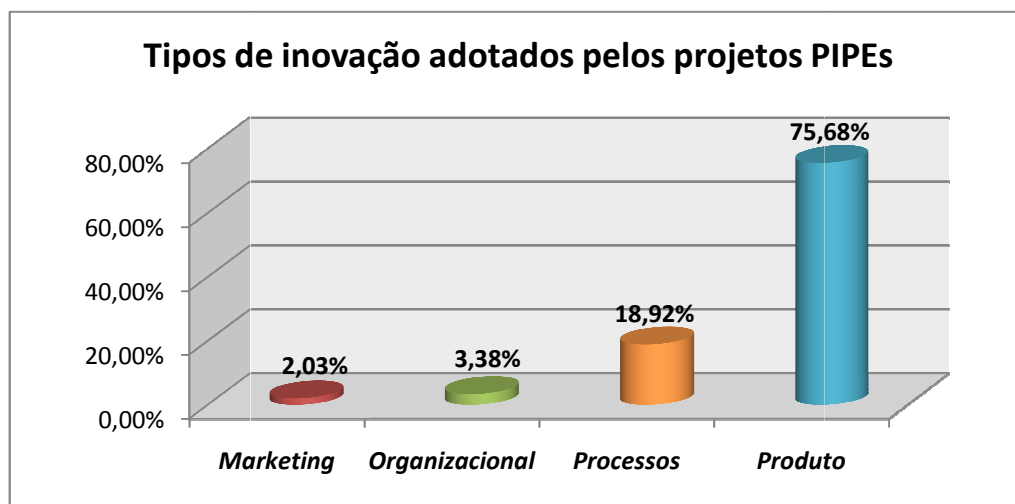
Visando atender as necessidades do mercado, as empresas buscam inovar para incorporar novas tecnologias na gestão organizacional interna, com novas linhas de produção ampliando o *mix* dos produtos, melhorando a qualidade dos serviços e, também, gerando novos *designs* dos produtos.

As inovações de caráter regional apresentam novidades no que tange a tecnologia, às características dos produtos e aos novos processos criados.

Nos projetos direcionados para a comunidade científica, as inovações geradas são, em sua maioria, decorrentes de pesquisas acadêmicas sendo, deste modo, caracterizadas por incentivar desenvolvimentos nos parâmetros da tecnologia e nos processos produtivos.

### 6.2.1 Tipos de inovação apresentados pelos projetos PIPEs

Os projetos fomentados pelo programa PIPE empregam diferentes tipos de inovação no processo de desenvolvimento, de acordo com a classificação sugerida pelo manual de Oslo (OCDE, 2005). Para explicitar os tipos de inovação, a Figura 6.5 mostra os percentuais apresentados para cada uma das categorias.



**Figura 6.5** – Tipos de inovação apresentados pelos projetos pesquisados

Becheikh, Landry e Amara (2006) apontam as inovações por produto como as mais adotadas nas pesquisas inovativas, o que é corroborado pelos resultados apresentados pelos projetos do programa PIPE, onde 75,68% (112 projetos) tiveram como objetivo desenvolver novos produtos, para atender as necessidades específicas do mercado.

Em segundo plano, as inovações por processo almejam melhorar os padrões de qualidade dos processos produtivos por meio dos equipamentos, *softwares* e instalações. Do total de 148 projetos, 28 estavam relacionados com inovações por processo, o que significa 18,92% do total.

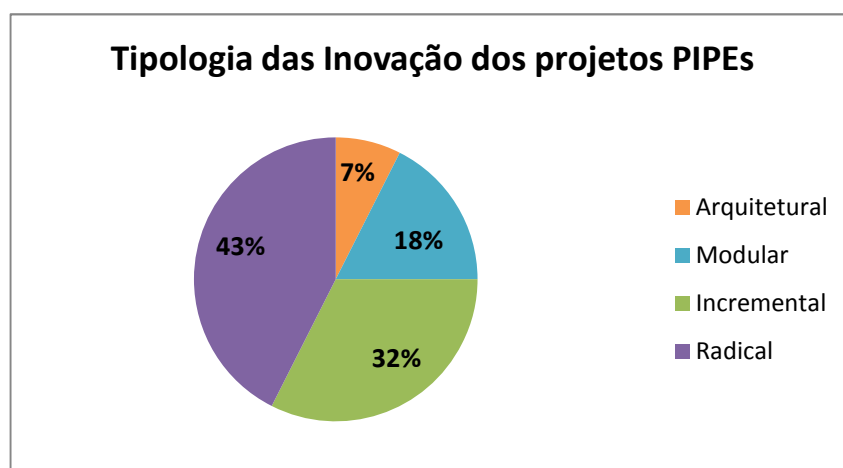
Nos países industrializados, as inovações organizacionais acontecem com maior frequência por adicionar novos métodos na gestão interna e também nas relações externas da empresa. Estas alterações foram verificadas em uma proporção de 3,38% dos projetos observados.

Com menor frequência, foram identificadas inovações praticadas em *marketing* (2,03%), nos projetos do programa PIPE.

### 6.2.2 Tipologia de inovação apresentada pelos projetos PIPEs

Buscando compreender o grau das inovações financiadas, a tipologia tecnológica configura-se pela intensidade de inovação incorporada nos projetos. A tipologia adotada foi baseada no trabalho de Henderson e Clark (1990) subdividindo-se em: modular; arquitetural, radical e incremental. Esta segmentação é apresentada pela Figura 6.6.

No conjunto das tipologias, a inovação radical registra o início de uma nova configuração de produto/processos existente, os quais exigem a adoção de práticas de rupturas (GARCIA; CALANTONE, 2002), sendo denominado um dos maiores desafios tecnológicos no mundo científico (MARKARD; TRUFFER, 2008). Mediante as novas composições, os projetos PIPEs possuem 43% dos projetos com tipologia radical. Observa-se com este resultado uma grande preocupação em obter vantagens competitivas em relação ao mercado.



**Figura 6.6** – Tipologia das inovações dos projetos PIPEs.

Por outro lado, os projetos de inovação tecnológica do PIPE também demonstraram razoável adequação à tipologia incremental, representada pela incidência em 32% dos projetos.

A tipologia arquitetural ocorreu com mais frequência na área de conhecimento de Ciência Exata e da Terra da FAPESP, pois esta área requisita inovações direcionadas para um ambiente mais específico. Esta tipologia foi identificada em 7% dos projetos, especialmente os que inovam o produto.

Já as inovações modulares são relacionadas à inserção de novos elementos no processo ou produto e foram identificadas em 18% dos projetos, em especial nos projetos pertencentes à área de Engenharia.

### 6.2.3 Estratégias inovativas inerentes aos projetos PIPEs

O ambiente e a dinâmica inovativa revelam novas ondas de desenvolvimento (UTTERBACK, 1994), caracterizadas por períodos de estabilidade e consolidação. Estas ondas exigem posicionamento estratégico das empresas em relação ao mercado. A classificação de Freeman (1974) foi utilizada para identificar quais as estratégias tecnológicas adotadas nas pequenas empresas de base tecnológica.

As **estratégias ofensivas** se caracterizam por dispor de padrões de excelência em qualidade e técnica dos produtos/processos inovativos. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar estratégias ofensivas em 56,76% das observações.

A **estratégia defensiva** busca a manutenção do posicionamento no mercado com menores riscos. Os projetos do PIPE apresentam características de estratégia **defensiva** em 4,05% das observações.

A **estratégia imitativa** diferencia-se da estratégia defensiva por reagir com desenvolvimentos inovativos baseados em cópias dos concorrentes. Dependendo dos casos, as empresas preferem obter licenças das tecnologias internacionais e promover adaptações, para atuar no mercado interno. A estratégia imitativa foi identificada em 3,38% dos projetos.

Nos países em desenvolvimento, o processo de mudança tecnológica é fortemente baseado no aprimoramento e adaptação de tecnologias dos países desenvolvidos, de acordo com as oportunidades regionais e/ou locais do mercado interno. A **estratégia oportunista** foi percebida em 30,41% dos projetos analisados.

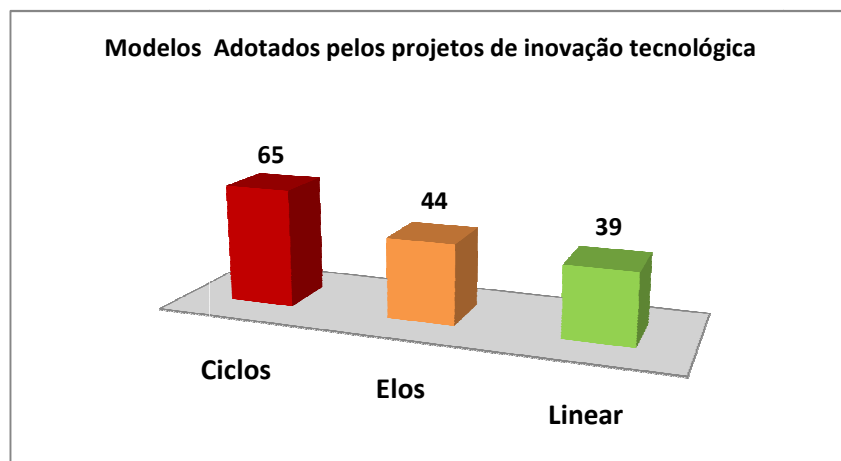
Em um patamar menor, a **estratégia dependente** é demandada geralmente por empresas relacionadas institucionalmente com outras. Esta estratégia foi identificada em 2,03% dos projetos. Já as **estratégias tradicionais** ocorrem mais frequentemente em setores que não demandam muita alteração, verificadas em 3,38% dos projetos, os quais adotaram uma tipologia incremental. A Tabela 6.8 apresenta a frequência e o percentual medido para cada um dos tipos de estratégia.

**Tabela 6.8** – Estratégias adotadas pelos projetos de inovação tecnológica

estratégia	Frequência	Percentual
Dependente	3	2,03%
Imitativa	5	3,38%
Tradicional	5	3,38%
Defensiva	6	4,05%
Oportunista	45	30,41%
Ofensiva	84	56,76%
Total dos projetos	148	100

#### 6.2.4 Modelos de desenvolvimento inovativo apresentados pelos projetos PIPEs

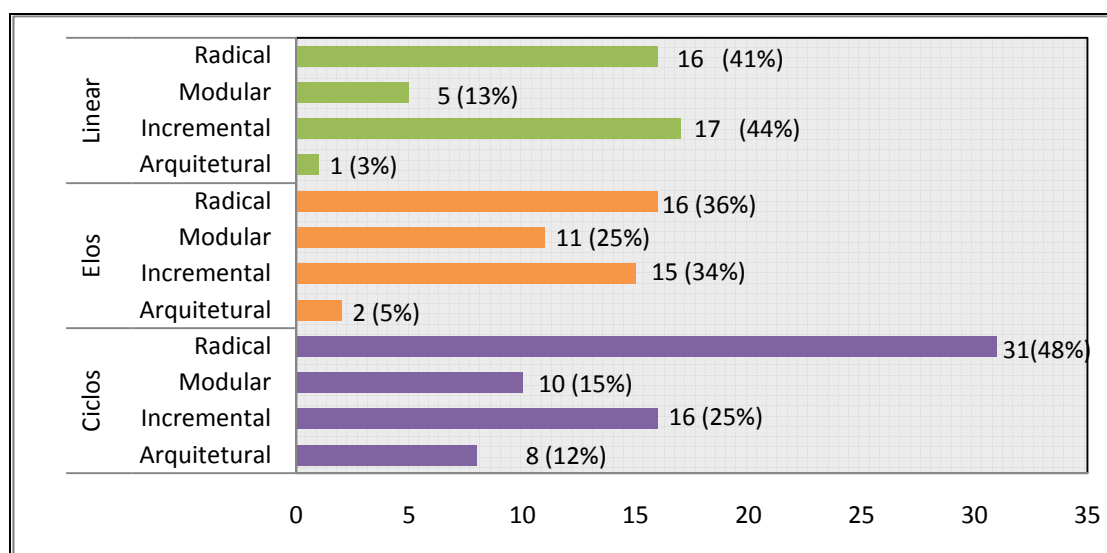
A partir do posicionamento estratégico das empresas, os modelos de desenvolvimento inovativo (Figura 6.7) explicam a interação entre o processo de inovação e o mercado (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998; MARINOVA; PHILLIMORE, 2003). O modelo linear parte dos pressupostos estimulados pelas necessidades do mercado ou consolidadas pelos conhecimentos científicos. O uso de **modelos lineares** apresentou uma frequência de 26% no total dos projetos PIPE analisados, o que equivale a um montante de 39 projetos.

**Figura 6.7** – Distribuição dos modelos de inovação tecnológica

Os **modelos de elo de cadeia** (ou interações em cadeia) caracteriza-se com uma colaboração maior entre os participantes do desenvolvimento, o que foi percebido em 44 (30%) dos projetos analisados. Ademais, os laços de interação neste modelo (KLINE: ROSENBERG, 1986), os usuários, indústria e a base científica relacionam-se com maior intensidade para recombinares os conhecimentos existentes, criar novos conhecimentos, pois a inovação é centrada na aprendizagem (FREEL, 2003).

Em maior destaque, os **modelos de ciclos** foram característicos em 65 dos projetos (ou 44% do total). Esta proporção representa uma maior interação dos projetos PIPEs com os participantes da cadeia.

Cada modelo de desenvolvimento pode ser correlacionado com as diferentes tipologias da inovação (Figura 6.8). As inovações incrementais apresentam riscos menores, pois a tecnologia em certos casos já está consolidada no mercado. Neste caso, os modelos lineares são desenvolvimentos mais simples de serem executados na prática (PADMORE; SCHUETZE; GIBSON, 1998; MARINOVA; PHILLIMORE, 2003) e, por este motivo, este modelo é fortemente criticado na literatura moderna da inovação (MASSA; TESSA, 2008). Do total dos projetos executados por modelos lineares, as inovações incrementais foram adotadas em 44% dos projetos observados.



**Figura 6.8** – Modelos versus tipologias dos projetos de inovação PIPEs


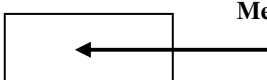
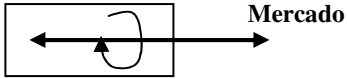
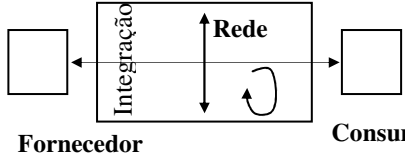
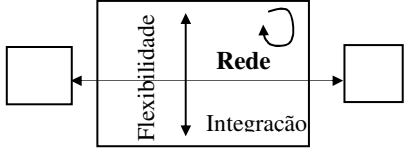
Paralelo a este resultado, o modelo de elos considera uma interação maior entre o mercado e a competência interna da organização (KLINE; ROSENBERG, 1986). Este relacionamento exige um maior conhecimento do processo de desenvolvimento em virtude do aumento dos riscos. Nesta análise, os resultados obtidos revelam práticas distribuídas de maneira uniforme entre a tipologia incremental (34%), radical (36%) e modular (25%).

Visando minimizar os riscos, os modelos de ciclos são práticas mais adotadas por obter uma colaboração maior dos participantes da cadeia (LEE *et al.*, 2010). Devido

ao fato de as inovações radicais possuírem elevados riscos, os modelos de ciclos foram adotados em 48% dos projetos, visto que o grau de complexidade das inovações requer um maior nível de conhecimento interno. Tal resultado coincide com os dados apresentados por Tether (2002) ao analisar firmas inovativas da Inglaterra, cujas inovações radicais exigem maior colaboração que as inovações incrementais.

As empresas são pressionadas a inovar por diferentes forças, descritas em cinco gerações, identificadas na obra de Rothwell (2004). A Tabela 6.9 apresenta a distribuição dos projetos nas cinco gerações, assim como a ilustração dos vetores de desenvolvimento.

**Tabela 6.9** – Distribuição dos projetos nas diferentes gerações de desenvolvimento

Modelos	Quant. projetos	Geração	Quant. projetos
Linear	39	<b>Empresa</b> 	20
Linear		<b>Empresa</b> 	19
Interativo (elos de cadeia)	44	<b>Empresa</b> 	44
Sistêmico (ciclos)	65		58
Sistêmico (ciclos)			7

Com características mais simples de desenvolvimento, o modelo linear contempla a primeira e a segunda geração de desenvolvimentos. De acordo com os resultados coletados, 20 e 19 projetos, respectivamente, se enquadram na primeira e segunda geração. Assim, 20 projetos pertencentes à primeira geração do modelo linear, não desfrutam de parcerias colaborativas e, também, não avaliam as condições de mercado, onde podem incorrer em grandes riscos.



O modelo de *coupling model* (ou elos de cadeia), associado à terceira geração do processo de inovação, busca um equilíbrio entre a pesquisa, o desenvolvimento e a necessidade do mercado (ROTHWELL, 1994). Este modelo, identificado em 44 dos projetos, se caracteriza pela interação do ambiente interno com o ambiente externo à organização (FREEL, 2003). Ao identificar uma oportunidade no mercado e alinhar as competências de desenvolvimento dos centros de tecnologia, inicia-se o ciclo do processo de desenvolvimento inovativo a partir da idéia, o que exige da organização apurado conhecimento técnico e de mercado (HAUSMAN, 2005).

O *networking model* (ou sistêmico) representa o estágio mais avançado de desenvolvimento, pois o nível de colaboração é dado de maneira vertical e horizontal com todas as interfaces da empresa. À luz da quarta e quinta geração do processo de inovação de Rothwell (1994), a formulação estratégica da empresa é baseada em alguns fatores, tais como: o tempo de desenvolvimento, a qualidade, a flexibilidade de ajustes dos produtos/processos ao mercado e a interação entre os fornecedores e clientes. Esta combinação de fatores torna-se essencial para empresas de base tecnológicas, cujos mercados de atuação caracterizam-se por serem dinâmicos e exigirem muita flexibilidade (FREEL, 2003) e interação entre todos os membros da cadeia de desenvolvimento (UTTERBACK, 1994).

Os resultados do presente estudo revelaram que as pequenas empresas financiadas pelo PIPE estão posicionadas com uma maior concentração na geração 4, num montante de 58 projetos.

Derradeiramente, a evolução sistêmica, característica da quinta geração, foi representada por apenas 7 projetos. Para este modelo, busca-se a participação integrada com alianças colaborativas entre fornecedores e clientes, centros de pesquisas e a assistência das universidades nacionais e internacionais, todos com o objetivo comum do sucesso comercial.

### **6.2.5 Objetivos de desenvolvimento apresentados pelos projetos PIPEs**

Baseadas em diversos modelos, as inovações são desenvolvidas para atender diferentes objetivos internos e/ou externos das organizações. A Tabela 6.10, formulada de acordo com as classificações sugeridas por Uzun (2001), elenca os objetivos encontrados na presente análise, para os projetos financiados pelo programa PIPE, da Fapesp.

**Tabela 6.10** – A distribuição dos objetivos para realizar o desenvolvimento

<b>Objetivo</b>	<b>Frequência</b>	<b>Total</b>
Substituir os produtos	5	3%
Reduzir impactos ambientais	6	4%
Diminuir os Custos	7	5%
Aumentar a flexibilidade dos processos	8	5%
Expandir capacidade	13	9%
Melhorar a Qualidade dos produtos	26	18%
Novo mercado	83	56%
<b>Total dos projetos</b>	<b>148</b>	<b>100%</b>

Observou-se que 56% dos projetos priorizaram a criação de um novo mercado, seguido pela melhoria da qualidade, prioridade de 18% dos projetos estudados. Até poucos anos, falava-se que a qualidade não era fator tão exigido para comercializar em países emergentes, pois os custos acentuavam como a maior prioridade na percepção dos clientes (ELLIOTT; CAMERON, 1994). Esta afirmativa, no entanto, está desatualizada e melhorar a qualidade dos produtos mantendo custos baixos é uma necessidade comum a todos os países. No estudo realizado por Uzun (2001) na Turquia, o aprimoramento da qualidade superou a criação de um novo mercado como objetivo mais perseguido pelas empresas locais. Esta inversão encontrada entre os resultados da realidade turca e da brasileira pode ser explicada ao se considerar que a indústria do Brasil, apesar de ainda ser considerada como de um país em desenvolvimento, vem alcançando elevado grau de sofisticação tecnológico e qualidade dos produtos.

Os projetos de inovação podem, também, ser voltados para a expansão da capacidade e, com isso, ampliar a participação das empresas nos mercados em que atuam. Nos projetos estudados para o presente trabalho, a expansão da capacidade foi identificada como objetivo principal em 9% do total.

O aumento da flexibilidade foi priorizado por 5% das empresas. Ao atender diferentes nichos de mercados (MARKARD; TRUFFER, 2008), aumentar a flexibilidade dos processos é uma prática muito realizada nos países emergentes (UZUN, 2001). As pequenas empresas customizam os seus produtos, direcionando-os para o atendimento das necessidades específicas dos consumidores, conforme apontado Hausman (2005).

A diminuição dos custos produtivos também foi objetivo de 5% dos projetos analisados. As áreas de Ciências Biológica, Agrária e Exata, especificamente, apontaram o alto custo das matérias-primas importadas como um dos fatores impulsores de projetos com este objetivo.

Com a função de reduzir os impactos ambientais, o excessivo consumo de água é uma preocupação relevante na economia moderna do mundo. O objetivo de desenvolver novas tecnologias para reduzir impactos ambientais foi identificado em apenas 4% dos projetos.

Dependendo do enfoque, vários projetos PIPEs têm como objetivo atender necessidades de cunho social, o que torna essencial realizar uma parceria com o setor público para auxiliar no desenvolvimento inovativo. Esta parceria converge para o argumento de Cooper (2004), que ressalta os benefícios do programa do SBIR por aumentar a produtividade das empresas e desenvolver uma nova capacidade inovativa, os quais podem desempenhar efeitos traduzidos em conquistar uma posição mais competitiva, melhorar o desempenho no mercado e criar novos empregos.

#### **6.2.6 Fontes de informação apresentadas pelos projetos PIPEs**

A partir da identificação das forças impulsionadoras e da determinação dos objetivos do desenvolvimento da inovação, as empresas passam a buscar informações em outros centros de pesquisas, onde é possível uma interação de maneira a compartilhar fontes de conhecimento (NIETO; SANTAMARÍA, 2007).

A credibilidade e o conhecimento técnico da fonte interna têm-se revelado fatores importantes nos processos inovativos (BARANANO; BOMMER; JALAJAS, 2005). Frente a esta circunstância, a principal fonte de informação apontada foi a denominada de categoria interna, que corresponde a 50% dos projetos desta análise, conforme pode ser visualizado na Tabela 6.11. Este resultado corrobora com os resultados revelados por Lee *et al.* (2010) que atribuíram o maior grau de importância para a fonte interna, visto que o departamento de pesquisa se destaca dentre as fontes internas com uma pontuação de 3,68 relativos a uma pontuação máxima de 5. Há, também, os trabalhos de Uzun (2001) e McAdam e McClelland (2002), que confirmam as fontes internas como sendo as de maior importância.

As universidades têm sido atores-chave para ativar a economia local (LOFSTEN; LINDELOF, 2005), pois fornecem informações com teor científico de

maneira aprofundada. Estas fontes de informações ocuparam a segunda posição com 28% do total de projetos analisados. Em seguida, o conteúdo científico é disseminado por toda organização cujo benefício é elevar a capacitação técnica da equipe de P&D. Por outro lado, a pesquisa de Uzun (2001) não considera as universidades como uma das principais fontes de informação. Na sequência, o trabalho de McAdam e McClelland (2002) evidenciou que as universidades são fontes de informação utilizadas por empresas com baixa receita.

**Tabela 6.11** – As diferentes fontes de informação do processo da inovação tecnológica no PIPE

<b>Fontes de Informação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>
<b>Outras</b> (licenças, patentes, feiras, congressos, internet, etc.)	17	11%
<b>Externa</b> (fornecedores, clientes, concorrentes, consultorias, etc.)	19	13%
<b>Universidades e outros institutos de pesquisa</b>	38	26%
<b>Interna</b> (P&D, produção, vendas & marketing, etc.)	74	50%
<b>Total dos projetos</b>	148	100 %

Relacionados às fontes externas, os fornecedores, clientes e consultorias são importantes, principalmente por fornecer informações sobre as necessidades do mercado. As fontes externas apareceram como prioritárias em 13% dos projetos analisados.

Por último, as fontes caracterizadas por banco de patentes, licenças concedidas, eventos comerciais (feiras e congressos) e *internet* configuram como importantes, porém não transmitem confiança no conteúdo obtido. Na presente análise figurou em 11% dos projetos.

### **6.2.7 Barreiras à inovação apresentadas pelos projetos PIPEs**

A complexidade que envolve o processo de inovação está diretamente ligada aos esforços necessários para se obter uma ampla diversidade de informações sobre o assunto, os quais, na visão de Nieto e Santamaría (2007) devem ser provenientes de redes de colaboração. Não obstante, a execução dos processos inovativos exige uma taxa de investimento proporcional à complexidade do desenvolvimento. Em geral, as empresas podem ser classificadas em mais ou menos inovativas, porém sua taxa de

inovação depende dos obstáculos que, supostamente, estão propensas a enfrentar. A Figura 6.9 retrata as principais barreiras apontadas pelas empresas objeto deste estudo e sumariza as suas respectivas taxas de incidência.



**Figura 6.9** – Barreiras à inovação e taxas de incidência

Para definir as barreiras enfrentadas no processo inovativo, o presente estudo guiou-se pelas restrições elencadas por Kaufmann e Todtling (2002). Os autores identificam diferentes problemas na execução das atividades inovativas em pequenas e grandes empresas que obtiveram suportes governamentais. De maneira específica, estes autores identificaram como obstáculos mais representativos os altos riscos dos investimentos (25%) e a falta de recursos (24,3%), para o grupo das pequenas empresas.

Corroborando com o trabalho de Kaufmann e Todtling (2002), os resultados obtidos pelo presente trabalho apontam para a supremacia da dimensão financeira como a maior das barreiras às inovações nas pequenas empresas estudadas, com um percentual traduzido em mais de 39%. Para este estudo, esta dimensão foi subdividida em: alto risco do projeto, inviabilidade econômica e falta de recursos.

Para compreender a importância da falta de recursos, a execução de processos inovativos exige que as pequenas empresas conciliem orçamentos com alta capacidade tecnológica e, também, com as repentinas mudanças mercadológicas que alteram, ou mesmo reduzem, o ciclo de vida dos produtos (MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009). Diante deste dinâmico cenário, 24% das empresas estudadas apontaram a falta de recursos como a principal barreira ao desenvolvimento da inovação.

Tal resultado acompanha exatamente a mesma proporção obtida por Kaufmann e Todtling (2002) em uma pesquisa realizada na Áustria. Há também outro trabalho de Madrid-Guijarro, Garcia e Van Auken (2009) que complementa esta análise por definir os obstáculos financeiros como os principais elementos dos gargalos ocorridos no ambiente inovativo. Radas e Bozic (2009) observam que as pequenas empresas podem até paralisar os processos inovativos por falta de recursos.

Ainda na dimensão financeira, o alto risco de desenvolvimento das inovações foi apontado por 14% das empresas como principal barreira, enquanto apenas 1% ressaltou a inviabilidade econômica do projeto. No caso daquelas que temem o alto risco, o fator longo prazo, no retorno sobre o investimento, foi apontado como a maior incerteza.

Já para as que apresentaram inviabilidade econômica de seus projetos, as principais dificuldades enfrentadas foram o elevado custo final do produto, que o tornavam proibitivo para o mercado a que se destinava, e a interrupção do suporte financeiro público antes de as empresas conquistarem, de fato, suas posições no mercado.

A **segunda dimensão** de barreiras mais reclamadas pelas empresas contempla o campo do conhecimento, com uma proporção aproximada de 23% dos projetos. Destes, merece destaque o subgrupo formado pela ausência de profissionais qualificados para atuarem no ramo de inovação tecnológica, responsável por 15% do total das barreiras. Há uma convergência na literatura, como abordam Oladeji (1998), Hadjimanolis (1999), Frenkel (2001), Calncy (2001), Alinaitwe *et al.* (2007), Radas e Bozic (2009) e Lee *et al.* (2010), para este tipo de problema, sendo característico de países em desenvolvimento, como Nigéria, Chipre, Israel, Índia, Uganda, Croácia e Coréia, respectivamente.

A escassez de profissionais qualificados para as pequenas empresas que desenvolvem inovações tecnológicas pode ser explicada também pela questão financeira. De um modo geral, o valor da remuneração a ser paga aos profissionais é alto e, muitas vezes, excede o orçamento das empresas. Por outro lado, essa mão de

obra qualificada é essencial para que o projeto obtenha sucesso. Visando amenizar este problema, a FAPESP criou um sistema de bolsas remuneradas para os coordenadores dos projetos e estudantes. Nesta linha de raciocínio, a análise de Kaufmann e Todtling (2002) constatou que os fundos governamentais alocados em mão de obra foram essenciais para manter um corpo de mão de obra qualificado em 44,9% das pequenas empresas.

No segundo plano da **dimensão do conhecimento**, os desenvolvimentos de inovação tecnológica exigem um profundo conhecimento técnico sobre o produto. Nas pequenas empresas de base tecnológica, estes desenvolvimentos são centralizados em apenas um ou dois funcionários, o que figura como entrave para 8% das empresas. Verifica-se, ademais, a falta de tempo disponível para praticar atividades de inovação, que Kaufmann e Todtling (2002), indicam ser um problema peculiar das pequenas empresas.

Na perspectiva da **dimensão institucional**, os obstáculos são inerentes à gestão interna da organização, bem como relativo ao processo de captação de recursos vinculados à instituição de amparo Fapesp. Esta barreira registrou que 14% dos projetos foram prejudicados pelo excesso de burocracia. Ao remeter aos problemas vinculados à gestão interna, a idade da empresa pode ser um critério que influencia na padronização das atividades inovativas no escopo das organizações. Este tipo de padronização dos processos pode inibir a criatividade na organização pela burocracia inerente à gestão interna, conforme expõem Mcadam e McClelland (2002) em uma análise com empresas da Inglaterra.

Ao remeter aos problemas vinculados à instituição de fomento, a principal barreira é decorrente do tempo de resposta na aprovação solicitada pelos projetos. A dinamicidade do mercado tecnológico torna o intervalo de tempo decorrido entre a preparação do projeto e a liberação do recurso grande o suficiente para que, por exemplo, equipamentos antes sofisticados se tornem obsoletos ou mesmo as matérias-primas sofram reajustes. Visando atualizar os seus projetos depois de aprovados, as empresas buscam, por meio de novos procedimentos burocráticos, alterações e, assim, inicia-se um novo ciclo, que envolve mais gastos e exige mais tempo. Em geral, este tipo de transação é pontuado como procedimento inflexível no modelo do programa PIPE da FAPESP, de maneira negativa.

A **dimensão do mercado** registra os problemas enfrentados pelas empresas na comercialização de novos produtos/processos inovativos. De acordo com o resultado,

esta dimensão atua com uma proporção de 16,89% das barreiras. As pequenas empresas de base tecnológica, em geral, são jovens e, por isso, precisam construir suas respectivas cartelas de clientes e, ao mesmo tempo, difundir os novos produtos. Para tanto, são fundamentais investimentos em *marketing*, o que nem sempre é possível. Em consequência, as empresas ficam com seus escoamentos restritos a pequenos e específicos nichos de mercado. Com o passar do tempo, apenas as que se destacam obtêm um ciclo financeiro que possibilita a expansão.

Observa-se, via de regra, que ao conquistar os primeiros clientes, as pequenas empresas passam a direcionar os seus esforços para atender uma produção em larga escala (KAUFMANN; TODTLING, 2002). Em consequência da demanda, diminuem os avanços tecnológicos por não dispor de uma infra-estrutura adequada (HADJIMANOLIS, 1999) e, assim, diminuem sua capacidade de abrir novos mercados no longo prazo.

A crescente inserção da inovação requer uma adaptação das empresas para sobreviver no dinâmico mercado competitivo. Para promover aperfeiçoamentos nos processos inovativos, uma perspectiva destacada por Hadjimanolis (1999) é transpor as diferentes barreiras que surgem nos diversos estágios da inovação. O alinhamento entre a idade da empresa, a experiência do proprietário e do coordenador e uma infra-estrutura adequada são variáveis que amenizam as barreiras à inovação. Por outro lado, as restrições financeiras e os altos riscos dos projetos continuam presentes, porém os efeitos dos fundos governamentais encorajam as pequenas empresas a trilhar as trajetórias da inovação tecnológica (COOPER, 2004; MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009). Tal fato corrobora com as análises de Oladeji (1998), cujos investimentos por fundos públicos auxiliam as pequenas empresas a obter uma infra-estrutura adequada na fase de germinação.

Neste sentido, o presente estudo mostra, ainda, que 6% dos projetos não apontaram barreira alguma. De maneira específica, estes projetos estão vinculados às empresas que dispõem de uma infra-estrutura adequada e apresentam, em média, as seguintes características: o ciclo de vida com 11 anos de idade, experiência do proprietário de 20 anos no mercado e o coordenador atuando na área do projeto há 16 anos.

Kaufmann e Todtling (2002) observaram que, com os efeitos dos fundos de pesquisa, as barreiras do processo de inovação foram atenuadas para diminuir os riscos em 76,9%. Visando auxiliar na minimização das restrições, os recursos financeiros



governamentais figuram como instrumentos essenciais das políticas públicas de incentivo às pequenas empresas, em especial para países em fase de desenvolvimento. Como cita Oladeji (1998), as políticas de industrialização são ajustadas constantemente, como foi observado no caso da Nigéria, para as necessidades do mercado.

Em outra perspectiva, as barreiras do processo inovativo podem ser configuradas a partir de associações aos tipos de inovações. Dependendo das características e do grau da inovação, a classificação da estratégia e a tipologia definem os riscos dos projetos, conforme o manual de Olso (2005). A Tabela 6.12 apresenta a correlação entre as barreiras e os tipos de inovações inerentes aos projetos.

**Tabela 6.12 – Barreiras por Tipos de Inovação**

Barreiras		Tipos de Inovação				Total
		Produto	Processo	Organizacionais	Marketing	
<b>Institucionais</b>	Burocracias	<b>16</b>	4	1	0	21
<b>Financeira</b>	Inviabilidade econômica do projeto	2	0	0	0	2
	Falta de recursos	<b>21</b>	<b>12</b>	2	<b>1</b>	<b>36</b>
	Projeto de alto risco	<b>17</b>	3	0	1	21
<b>Mercado</b>	Dificuldade de comercialização	<b>18</b>	5	2	0	25
<b>Conhecimento</b>	Falta de conhecimento técnico na área	12	0	0	0	12
	Ausência de pessoal qualificado	<b>18</b>	3	0	1	22
Nenhuma		8	1	0	0	9
<b>Total de projetos</b>		<b>112</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>148</b>

A **inovação por produto** aparece com a maior frequência, 75,67% do total. Para esta categoria de inovação, a falta de recursos e os altos riscos dos projetos são indicados como barreiras relevantes e o objetivo principal é desenvolver novos produtos a fim de substituir os obsoletos, principalmente porque os ciclos do negócio são curtos e dinâmicos (SCHUMPETER, 1934; UTTERBACK, 1994). Dessa forma, incorporar novas tecnologias, sobretudo em países menos desenvolvidos, aparenta ser um grande desafio porque diversas barreiras atuam em diferentes facetas, obstruindo os caminhos do sucesso.

Em outra perspectiva, observou-se que os setores de alta e média tecnologia são mais propícios a enfrentar obstáculos que outros. A fonte destes problemas é desencadeada pelas **inovações nos processos**, as quais, ao passo que exigem incorporar inovações de acordo com as necessidades dos clientes, demandam elevados investimentos. Neste momento, o processo inovativo detém-se em sua barreira mais freqüente - a falta de recursos.

Nas inovações dos tipos **organizacionais e de marketing**, observou-se que as barreiras não tiveram uma grande representatividade. Para estas inovações, o produto/processo já é uma realidade, de modo que os focos de atuação representam, respectivamente, mudanças estruturais na organização e na comercialização. Nestes casos, é comum se buscar a redução de custos operacionais, bem como desenvolver novos canais de vendas ou, ainda, estabelecer diferentes maneiras de apresentar o mesmo produto ao mercado. Embora estes aspectos sejam importantes para as pequenas empresas, a realidade dos projetos do PIPE está mais direcionada para o desenvolvimento dos produtos/processos do que de fato melhorá-los nos aspectos tangenciais, o que explica a pouca presença das barreiras.

As barreiras às inovações tecnológicas são entraves comuns às pequenas empresas tanto dos países desenvolvidos (FREEL, 2000; KAUFMANN; TODTLING, 2002; GALIA; LEGROS, 2004; MADRID-GUIJARRO; GARCIA; VAN AUKEN, 2009) quanto daqueles em desenvolvimento (OLADEJI, 1998; HADJIMANOLIS, 1999; FRENKEL, 2001; CALNCY, 2001; ALINAITWE *et al.*, 2007; LEE *et al.*, 2010), porém, incidem com diferentes intensidades e peculiaridades em cada grupo. É bastante válido elucidar as principais barreiras a que as empresas estão submetidas em nível global e, com isso, estabelecer parâmetros para avaliar os esforços brasileiros para superar as barreiras à inovação tecnológica.

As pequenas empresas, sobretudo as sediadas em países em desenvolvimento, têm encontrado diversas limitações por disporem de infra-estruturas inadequadas para realizar inovações. As barreiras que surgem durante as atividades inovativas, que em geral são tratadas como inibidores do desenvolvimento, podem, antagonicamente, atuar como fatores estimulantes aos processos de inovação (HADJIMANOLIS, 1999), independentemente da complexidade apresentada pela tipologia da inovação.

As inovações de tipologia radical são as mais afetadas pelas barreiras. Apostar em inovações desta natureza requer elevados investimentos para atuar em um mercado ainda incerto. Deve-se observar, no entanto, que dependendo do que a inovação se

propõe a realizar, é fundamental que todos os esforços se voltem para ela de modo a torná-la real, visto que a falta de recursos é a principal barreira enfrentada pelas pequenas empresas para bancar um projeto radical, que pode ser de grande valia para o futuro.

O programa do SBIR, por exemplo, direciona os esforços para tecnologia de natureza radical com qualidade e tecnologia avançada (COOPER, 2004). Com esta filosofia, o programa defende que o retorno a ser obtido em caso de sucesso é muito superior ao investimento concedido, de modo a subsidiar vários outros projetos. Desta maneira, mesmo as inovações radicais sendo mais dispendiosas e apresentando inúmeras barreiras, as novas tecnologias a serem alcançadas podem trazer contribuições para a solução de problemas, inclusive de caráter global. Em traços gerais, os incentivos de política pública têm focado em tecnologia radical nos Estados Unidos e Inglaterra para as pequenas empresas, como aponta Hewitt-Dundas (2006).

Nesta análise para os projetos do PIPE, a falta de recursos atingiu 20, dos projetos de tipologia radical. Apesar de as empresas terem recebido fomento governamental, os projetos ainda pontuam que esta barreira é a mais incisiva dentre todas as listadas. Em outras palavras, o recurso obtido não está sendo suficiente para arcar com o desenvolvimento inovativo dos projetos, os quais ficam impossibilitados de fechar o ciclo de desenvolvimento.

Observando-se este ponto, o posicionamento do programa PIPE encontra-se de certa forma inadequado, pois oferecer oportunidades de desenvolvimento para este tipo de tecnologia é de fato arriscado, mas, dentre as fontes de recursos disponíveis no mercado, apenas os fundos governamentais têm esta possibilidade, essencial para um país em fase de crescimento.

Em comparação com outros períodos de investimento, os fundos governamentais promoviam concessões financeiras com limites menores no programa PIPE (PEREZ, 1999; BRITO CRUZ, 2004), bem como havia poucos investidores privados (Anjos) destinados a investir no mercado inovativo brasileiro. Ainda nos períodos anteriores, a economia brasileira oscilava demasiadamente impulsionada pela inflação e taxa de juros. Diante disso, os investidores internos e, principalmente, os estrangeiros recuavam os investimentos, pois as tendências econômicas brasileiras circunscreviam um cenário pessimista.

Hoje, no entanto, este cenário mudou, porque a inovação passou a figurar como um fator de competitividade para as nações e firmas de países desenvolvidos (GALIA;

LEGROS, 2004) e, em especial, dos emergentes (OLADEJI, 1998; LEE *et al.*, 2010). Para melhorar as condições técnicas brasileiras, as concessões governamentais aumentaram o volume de montante despendido em novas experiências (BRITO CRUZ, 2004; FAPESP, 2009) e, com isso, também cresceu o interesse dos investidores em novas tecnologias. Apesar disso, os recursos financeiros não estão sendo suficientes para atender às necessidades dos projetos radicais, como foi observado com os resultados obtidos.

A segunda barreira mais citada pelas pequenas empresas pesquisadas foi a **dificuldade de comercialização**. Observou-se que as inovações surgem no mercado e, dado seu caráter inédito, são utilizadas por um pequeno número de clientes. Isso se deve à necessidade de os próprios clientes alterarem seus processos para poderem utilizar os novos produtos. Com o passar do tempo, no entanto, a própria evolução tecnológica obriga que todos se atualizem e, aí sim, as empresas conseguem gradualmente ganhar mercado.

Na percepção de Hadjimanolis (1999), as regulamentações governamentais e medidas *antitrust* são medidas políticas adotadas em países menos desenvolvidos e corroboram justamente com as dificuldades enfrentadas pelas empresas para comercializarem seus produtos. Para este trabalho, 36% das inovações modulares e 32% das radicais tiveram problemas na comercialização porque o mercado não está apto a adquirir este tipo de tecnologia com novos arranjos. A consolidação dos problemas desta natureza associa-se às características dos países em fase de desenvolvimento. Neste estudo, observou-se que a área de saúde é muito afetada pelos trâmites inerentes à certificação da ANVISA.

**Ausência de profissionais qualificados**, terceira maior queixa das empresas, incide com similar frequência nas tipologias radical. De maneira específica, os projetos com inovações incrementais também apresentam ausência de profissionais qualificados, de acordo com os resultados que se traduzem no percentual de 45,45% (10 projetos). Este tipo de barreira é comum nos países menos industrializados porque a inovação não se restringe apenas em adequar e realizar ajustes na tecnologia e, assim, ao nacionalizar a inovação tecnológica, problemas desta natureza ocorrem, pois a mão de obra, geralmente, não domina as tecnologias estrangeiras.

No que tange às inovações radicais, este tipo de problema é um limitador nos países em desenvolvimento, visto que apresentam menos profissionais aptos e com perfil para atuar em atividades totalmente inovativas. Quando se restringe às pequenas

empresas, o problema se torna ainda maior, dada a necessidade de conciliar a necessidade do profissional ao escasso orçamento que, em geral, se dispõe. Galia e Legros (2004) citam alta qualificação pessoal e experiência científica como pré-requisitos para inovar. Países mais desenvolvidos, como é o caso da Espanha, dispõem de mão de obra mais apurada, sendo isso um facilitador, e não uma barreira, ao avanço tecnológico do país, conforme explicitado no trabalho de Madrid-Guijarro, Garcia e Van Auken (2009), que não citam este aspecto como um dos fatores relevantes ao processo inovativo.

Para pequenas plantas industriais, a **burocracia** onera as atividades operacionais por excesso de regulamentações, fazendo com que penem para cumprir a legislação e normas (HEWITT-DUNDAS, 2006), principalmente de caráter tributário. As pequenas empresas de base tecnológica são mais beneficiadas nos países mais desenvolvidos (KAUFMANN; TODTLING, 2002; GALIA; LEGROS, 2004) que nos países menos desenvolvidos (HADJIMANOLIS, 1999). Estas análises estão alinhadas com outros autores (GALIA; LEGROS, 2004), que identificam que as regulamentações e normas foram pontuadas como uma das últimas barreiras dentre nove citadas no *ranking* no mercado francês. Em outro contexto econômico de desenvolvimento industrial, os suportes institucionais têm desempenhado fracos laços de relacionamento com as pequenas empresas, como foi o caso citado por Clancy (2001) na Índia, fato que posterga os avanços tecnológicos e comerciais.

Analisando-se os países mais desenvolvidos, observa-se que as barreiras às inovações tecnológicas apresentam certas peculiaridades. No caso do estudo realizado por Galia e Legros (2004) em 1772 firmas da França, o alto risco dos projetos figura como a principal das nove barreiras identificadas na análise, com um percentual de 21,3%. Já para o estudo de Madrid-Guijarro, Garcia e Van Auken (2009), os altos custos foram os fatores que mais impediram o desenvolvimento nos projetos espanhóis. Estes obstáculos são decorrentes das avançadas descobertas tecnológicas, as quais necessitam de elevados investimentos para serem implementadas. Para o presente estudo, o **alto risco dos projetos** ocupou apenas a quinta posição dentre as barreiras reclamadas pelas empresas, convergindo com os resultados apontados no trabalho de Lee *et al.* (2010) na Coréia, país cujo estágio de desenvolvimento se assemelha ao brasileiro e onde esta barreira ocupa o sétimo posto.

A **falta de conhecimento técnico** é a sexta barreira que mais impede os avanços tecnológicos nas pequenas empresas estudadas. A nascente deste problema remete à

falta de experiência dos jovens cientistas “empresários” por não contemplarem uma base sólida de conhecimento em diversas áreas, limitando-se mais aos seus respectivos campos de atuação. Em face disso, o dinamismo do mercado opera com curtos ciclos tecnológicos dos produtos e para abrir novos mercados requisita um corpo técnico com um leque de conhecimento em áreas complementares à planta industrial. Em outras palavras, a competência técnica dos recursos humanos é uma das restrições mais significativas para determinar a competitividade de uma pequena empresa de base tecnológica que busca novas prospecções no mercado (HEWITT-DUNDAS, 2006).

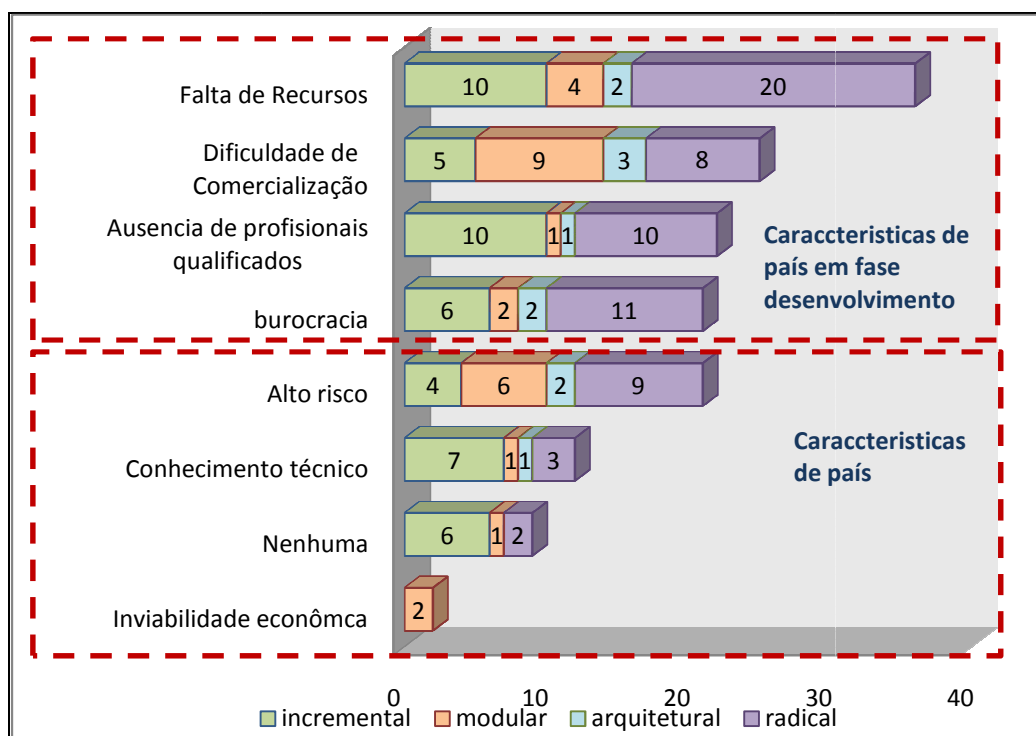
Após a inserção dos fundos governamentais na empresa, as empresas do programa PIPE declaram na sétima posição que não encontraram nenhuma barreira no processo de desenvolvimento, pois os fomentos captados pelo programa sanaram as barreiras iniciais incidentes pela falta de recursos, cujos efeitos permitiram que as empresas operassem, desenvolvessem e comercializassem sem enfrentar nenhuma barreira. De acordo com os resultados, a **ausência de barreira** aparece, com maior frequência, nas inovações incrementais que exigem uma capacidade técnica profissional menor.

Derradeiramente, a barreira de **inviabilidade econômica** ocorre geralmente em projetos radicais, pois os avanços tecnológicos são proporcionais aos riscos de investimentos. Dependendo da tipologia avaliada, as inovações podem sofrer graves problemas quando os projetos não estão vinculados às prioridades estratégicas da organização (OLADEJI, 1998). Esta falta de sincronia afeta o desenvolvimento inovativo dos projetos porque a criação de uma nova linha de produtos requer elevados investimentos. Como consequência, o proprietário pode sentir receio de investir em uma nova linha, sem saber se existe uma boa aceitação do produto no mercado e, ainda, por não ser o foco da empresa.

Desta forma, dependendo do método utilizado para aferir a demanda, o proprietário pode tirar conclusões precipitadas sobre a inviabilidade econômica do projeto pela falta de experiência no mercado específico e, assim, os projetos são remanejados para o segundo plano. Corroborando com esta análise, os projetos abandonados são removidos mais por restrições econômicas das empresas do que por tecnológicas ou organizacionais, como constatam Galia e Legros (2004) em uma análise realizada nas empresas na França. Em outras palavras, o produto pode ser tecnologicamente um sucesso, porém um fracasso comercial.

Para esta análise, a **inviabilidade econômica** foi citada apenas em projetos com a tipologia modular, ocupando a última posição do *ranking* formado pelas barreiras identificadas. De maneira específica, as empresas precisavam realizar uma readequação em toda a organização para criar uma nova linha de produção, caso o produto tivesse alcançado sucesso comercial. Esta reestruturação organizacional, no entanto, fez com que o produto se tornasse inviável. Tal análise converge com a situação apontada por Clancy (2001) que evidencia, no setor energético indiano, a presença de equipamentos cuja matéria-prima é rara o suficiente para torná-los comercialmente inviáveis.

A partir do contexto apresentado, a Figura 6.10 sintetiza a incidência de cada barreira, agrupada pela tipologia, para o estudo realizado com 148 projetos desenvolvidos em 116 pequenas empresas de base tecnológica do programa PIPE. Foi possível agrupar as oito barreiras elencadas em duas categorias: (a) com características de países em fase de desenvolvimento e (b) com características de países desenvolvidos.



**Figura 6.10** – Associação das barreiras ao processo de inovação pelas diferentes fases de industrialização do país

No primeiro agrupamento – países em fase de desenvolvimento - observou-se na prática o que a literatura já balizara: as empresas penalizam os seus processos devido à

falta de recursos, dificuldades na comercialização, ausência de profissionais qualificados e burocracia. No outro agrupamento – países desenvolvidos - constatou-se que as barreiras menos comuns no presente estudo correspondem justamente às mais reclamadas. Por conseguinte, os agrupamentos das barreiras inovativas dos países desenvolvidos e em fase de desenvolvimento sustentam uma análise de que uma parcela dos projetos contempla tecnologias mais avançadas característica de país de primeiro mundo no programa PIPE.

A partir deste contexto, foi possível observar diferentes barreiras nos projetos do programa PIPE, as quais figuram como obstáculos comuns e de maior intensidade às pequenas empresas de países em fase de desenvolvimento. Visando promover um melhor desempenho do programa PIPE, o controle destas barreiras possibilitará a geração de um ambiente que propicie às empresas promoverem avanços na gestão tecnológica e, por conseguinte, no sucesso comercial dos projetos.

Outros fatores também são fundamentais para o êxito dos projetos, dentre os quais a localização das empresas, visto que o impacto da inovação tecnológica pode repercutir diferentemente de setor para setor ou de região para região (OLSO, 2005). Dependendo do local, as empresas podem ser mais favorecidas, obtendo vantagens como:

- (a) infra-estrutura mais adequada para escoar os produtos,
- (b) mão de obra mais qualificada disponível no mercado local;
- (c) exigências menores nos sindicatos municipais;
- (d) universidades qualificadas para assistir ao processo inovativo; e,
- (e) centros de pesquisas para auxiliar na emissão de certificações e ensaios requisitados pelos produtos/processos inovativos.

Diante dos principais fatores expostos, o trabalho de Hidalgo *et al.* (2007) revelou que nos países mais desenvolvidos havia uma maior concentração dos fatores locais que nos menos desenvolvidos. Ao tentar identificar a influência desses fatores, a Tabela 6.13 apresenta a opinião das empresas, agrupadas em suas respectivas cidades, sobre a influência da localização para o desenvolvimento dos 148 projetos analisados do programa PIPE.



**Tabela 6.13**– Influência da localização sobre o desenvolvimento dos projetos PIPE

Cidade	Influencia da localização				Cidade	Influencia da localização			
	Sim	%	Não	%		Sim	%	Não	%
São Carlos	28	70,00%	12	30,00%	Diadema	0	0,00%	1	100,00%
São Paulo	25	75,76%	8	24,24%	Ferraz de Vasconcelos	1	100,00%	0	0,00%
Campinas	13	65,00%	7	35,00%	Holambra	1	100,00%	0	0,00%
Ribeirão Preto	6	66,67%	3	33,33%	Jaboticabal	1	100,00%	0	0,00%
São J. dos Campos	7	70,00%	3	30,00%	Jaguapé	1	100,00%	0	0,00%
Cajobi	0	0,00%	5	100,00%	Jundiaí	0	0,00%	1	100,00%
Cajamar	4	100,00%	0	0,00%	Mogi das Cruzes	1	100,00%	0	0,00%
Cotia	1	50,00%	1	50,00%	Pirassununga	1	100,00%	0	0,00%
Franca	1	50,00%	1	50,00%	Ribeirão pires	1	100,00%	0	0,00%
Osasco	0	0,00%	2	100,00%	Santa B. Oeste	1	100,00%	0	0,00%
Piracicaba	2	100,00%	0	0,00%	Santos	0	0,00%	1	100,00%
Rio Claro	1	50,00%	1	50,00%	São Bernardo	1	100,00%	0	0,00%
Botucatu	1	100,00%	0	0,00%	São J. Rio Preto	1	100,00%	0	0,00%
Capivari	1	100,00%	0	0,00%	Serrana	1	100,00%	0	0,00%

Com base nos resultados, pode-se chegar a algumas constatações. As cidades de São Carlos, São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto e São José dos Campos, as quais concentram o maior número dos projetos, despontam como regiões privilegiadas no que concerne à assistência de centros de pesquisa qualificados.

Para Campinas, especificamente, observou-se que a estrutura de transportes vem favorecendo várias empresas da cidade e de seu entorno. Este fator a faz despontar como a que oferece boas condições e agilidade no escoamento, o que, dependendo do produto comercializado, é fundamental para que as empresas locais expandam seus laços comerciais, inclusive com o exterior.

São Carlos, dada sua estrutura acadêmica, é referenciada na literatura como um pólo de inovação tecnológica de excelência de onde surgem diversos projetos (TORKOMIAN, 1994; TERENCE, 2008). Apesar disso, a cidade apresenta uma taxa representativa de empresas que afirmam não serem beneficiadas pelo fator localização. A mão de obra local, qualificada e proveniente das universidades, em geral é temporária, visto que os estudantes, depois de concluírem seus estudos, retornam às suas cidades ou partem para centros maiores em busca de melhores remunerações. Os orçamentos comprometidos das pequenas empresas as impossibilitam, muitas vezes, de manter os profissionais em seus quadros.

Ainda considerando a questão da localização, São José dos Campos é um pólo tecnológico direcionado para o desenvolvimento aeronáutico, pois seus centros de pesquisas e universidades dão maior ênfase a esse segmento. A influência negativa desta região para os projetos PIPE foi apontada por empresas que atuam em outros setores como o da saúde, por exemplo. Neste caso, as pequenas empresas passaram a ter muita dificuldade de recrutar profissionais qualificados, levando-as a oferecer cursos de capacitação interna para alcançar o nível tecnológico necessário.

Um fato interessante foi identificado nas cidades de Cotia, Franca e Rio Claro, onde a localização foi apontada como um fator contributivo para 50% dos projetos desenvolvidos em diferentes empresas. A facilidade para se obter a matéria-prima de que necessitam, por exemplo, foi valorizada pelas empresas. Conseqüentemente constata-se que as condições locais da região podem influenciar positivamente, dependendo da tecnologia incorporada, em alguns projetos. Para outros, no entanto, os impactos podem chegar a ser negativos e a região, desfavorável.

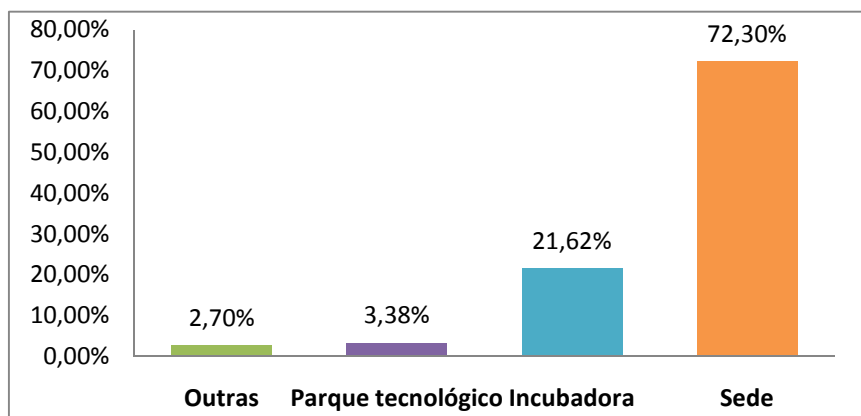
Para as pequenas empresas, o processo de comercialização é um grave problema, principalmente quando o mercado tem produtos substituíveis em abundância. A cidade de Holambra, por exemplo, conta com um suporte no processo de comercialização, em que uma associação gerencia e distribui os produtos no mercado. Ao se alinharem a este sistema, as empresas diminuem suas margens comerciais, porém garantem o sucesso no escoamento.

Outro fator decorrente da localização é a infra-estrutura disponibilizada por incubadoras e parques tecnológicos (COLOMBO; DELMASTRO, 2002; MASSA, TESSA, 2008), os quais abrigam as empresas nos estágios iniciais de desenvolvimento. Estes facilitadores são imprescindíveis para auxiliar os jovens empresários na solução de possíveis entraves presentes no mercado, bem como prepará-los por meio de cursos de capacitação técnica para, dentre outras competências, formularem planos de negócios e captarem recursos públicos e privados.

Além destes benefícios, este tipo de ambiente pode fornecer uma energia contagiante imperada pelos conhecimentos científicos que fazem parte da rotina diária dos seus integrantes. Verifica-se, ademais, que o ambiente pode ser favorável para compartilhar novas idéias e, assim, obter avanços tecnológicos em outros projetos. Em outras palavras, a transferência de uma simples tecnologia pode ter um enorme impacto em outra área do conhecimento, visto que o berço deste encontro é, muitas vezes, a própria incubadora. Assim sendo, conclui-se que os espaços da incubadora oferecem

condições importantes para desenvolvimento tecnológico, conforme evidenciado no trabalho de Massa e Testa (2008) para uma amostra de empresas italianas. Por este motivo, a literatura tem receitado a migração das pequenas empresas nos estágios iniciais do desenvolvimento tecnológico para espaços com este tipo de suporte (COLOMBO; DELMASTRO, 2002).

A Figura 6.11 ilustra a distribuição dos projetos PIPEs nos diferentes tipos de ambientes. Dos 148 projetos, registrou-se que 72,30% já estavam em uma sede, 21,62% em incubadoras, 3,38% em parques tecnológicos e 2,70% em outros tipos de ambiente (laboratórios inseridos em universidades).



**Figura 6.11** – Distribuição dos tipos de ambiente de inovação dos projetos PIPE

Com base nesta análise, observou-se que a maioria dos projetos analisados pelo presente estudo já contam com uma sede com infra-estrutura adequada e voltada para a expansão. Importante destacar que, para estas análises, este trabalho se baseou em projetos encerrados de fase II, já estabelecidos.

### **6.3. Etapa 3 - Características quantitativas das empresas e projetos do PIPE**

Esta etapa tem como objetivo descrever as características quantitativas das variáveis associadas aos projetos PIPEs e suas respectivas empresas, bem como apresentar a estatística descritiva dessas variáveis. Por fim, são expostos os fundamentos para a validação da hipótese 1, que sustenta esta tese de doutorado.

A pesquisa de campo obteve dados de 148 projetos vinculados a 113 empresas. No entanto, alguns destes ainda estavam no início do processo e não tinham dados financeiros suficientes, por exemplo; outros estavam na fase de conclusão e outros foram interrompidos por motivo de falência das empresas. Desta maneira, 11 projetos não contemplaram variáveis necessárias para compor as análises quantitativas e, por isso, foram eliminados. Apesar disto, cabe ressaltar a importância da entrevista realizada nestes 11 projetos para subsidiar a compreensão dos problemas inerentes às diferentes fases do desenvolvimento tecnológico, assim como possíveis causas de descontinuidade.

Com a redução dos projetos, a amostra para análises quantitativas passa a ser composta por 137 projetos, aos quais correspondem 107 empresas. Esta composição equivale a 17,45 % do total das empresas participantes e 16,95% do volume total de projetos aprovados no programa.

### 6.3.1 Análise univariada para as dimensões do construto - empresas

Para coletar as informações, o construto quantitativo relacionado às empresas foi desenvolvido em quatro dimensões: (a) empresa; (b) mercado; (c) produção; e (d) financeira. Cada uma destas dimensões, será detalhada a seguir pela análise univariada, que contempla características peculiares de cada uma das empresas pesquisadas.

A **dimensão empresa** é composta de três características básicas: (a) número de funcionários ( $V_5$ ); (b) idade da empresa ( $V_1$ ); e, (c) anos de experiência do proprietário ( $V_3$ ). Cabe mencionar que uma empresa pode ser classificada como pequena, caso seja adotado um determinado critério e, ao mesmo tempo, alcançar outra classificação com um critério diferente, conforme afirma Drucker (1981).

A Tabela 6.14 apresenta, ainda, variáveis para a análise das empresas sob outras **dimensões: mercado**, representada pela participação da empresa no mercado ( $V_{22}$ ); e **produção**, que destaca a capacidade produtiva ( $V_{16}$ ); e **financeira**, que engloba o faturamento ( $V_{40}$ ) e o número de projetos aprovados no programa PIPE ( $V_8$ ).

A idade da empresa ( $V_1$ ) foi distribuída em diferentes intervalos, considerando como marco inicial o seu ano de fundação. A maior parte das entrevistadas, 62,62%, tem até 10 anos de idade. Esta análise permite inferir que as empresas de base tecnológica mais jovens são maioria dentre as que buscam projetos inovativos.

Tabela 6.14 – Perfil das empresas pesquisadas

Dimensão	Variáveis	Escalas	Quant .	Percentual (%)
Empresa	Idade (V <sub>1</sub> )	entre 0 a 5 anos	32	29,91%
		entre 6 e 10 anos	35	32,71%
		entre 11 e 15 anos	16	14,95%
		entre 16 e 20 anos	11	10,28%
		acima de 21 anos	13	12,15%
	Número de funcionários (V <sub>5</sub> )	de 1 a 5 funcionários	36	33,64%
		de 6 a 10 funcionários	29	27,10%
		de 11 a 20 funcionários	18	16,82%
		de 21 a 50 funcionários	18	16,82%
		acima de 51 funcionários	6	5,61%
	Anos de experiência do proprietário (V <sub>3</sub> )	de 0 a 5 anos	15	14,02%
		entre 5 e 10 anos	30	28,04%
		entre 10 e 15 anos	18	16,82%
acima de 15 anos		44	41,12%	
Mercado	Participação da empresa no mercado ( <i>Market Share</i> ) (V <sub>22</sub> )			18%
Produção	Capacidade produtiva (V <sub>16</sub> )			55,23%
	Quantidade de empresas que terceiriza serviços (V <sub>17</sub> )			34,30%
	Quantidade de produtos do portfólio da empresa (V <sub>18</sub> )			7 produtos
Financeira	Faturamento (V <sub>40</sub> )	R\$ 0,00	49	45,79%
		entre mais de R\$ 0,00 e R\$ 50 mil	11	10,28%
		entre mais de R\$ 50 mil e R\$ 250 mil	14	13,08%
		entre mais de R\$ 250 mil e R\$ 500 mil	7	6,54%
		entre mais de R\$ 500 mil e 1 milhão	9	8,41%
		entre mais de R\$ 1 milhão e R\$ 5 milhões	13	12,15%
		acima de R\$ 5 milhões	4	3,74%
	Número de projetos aprovados no programa PIPE (V <sub>8</sub> )	1 projeto	62	57,94%
		2 projetos	19	17,76%
		3 projetos	10	9,35%
		4 projetos	10	9,35%
		5 projetos	4	3,74%
		6 projetos	1	0,93%
7 projetos		1	0,93%	

Para o número de funcionário (V<sub>5</sub>), 60,74% da amostra afirmou ter seu quadro composto por até 10 pessoas. Chamou a atenção o fato de uma das empresas empregar 260 funcionários, a qual conseguiu uma grande expansão depois de ter implementado o projeto PIPE, cujo foco se deu na ampliação e modernização de sua planta.

Os anos de experiência do proprietário (V<sub>3</sub>) favorecem o ambiente interno da pequena empresa com diagnósticos rápidos no desenvolvimento dos processos/produtos inovativos. Na amostra de pequenas empresas de base tecnológica, a categoria de proprietários com experiência acima de 15 anos, apresentou maior concentração, com 41,12%.

A **dimensão mercado**, segunda dimensão apresentada na Tabela 6.13, retrata o posicionamento da empresa perante o mercado em que atua. A variável pesquisada foi a sua participação no mercado ( $V_{22}$ ), a qual relatou um baixo índice médio, com 18%. Há de se ressaltar, contudo, que se trata de empresas jovens e iniciantes, com produtos são inovadores, fato que, de certa forma, pode interferir nos resultados obtidos para esta dimensão.

Na **dimensão produção**, as empresas possuem recursos restritos em virtude da capacidade produtiva ( $V_{16}$ ). Observou-se, no entanto, que a ocupação média da capacidade produtiva é de 55,23% para as 107 empresas observadas. Este resultado permite inferir que, mesmo com a economia brasileira alcançando gradativos avanços anuais, as empresas com esta característica estão operando com capacidade produtiva ociosa.

Apesar da aparente ociosidade média apresentada pela variável anterior, 47 empresas utilizam serviços terceirizados ( $V_{17}$ ) em alguma etapa do seu processo de desenvolvimento. Para algumas delas, este tipo de serviço visa eliminar da planta atividades cujos investimentos não são compensatórios ou mesmo economicamente possíveis para o momento. Deve-se ressaltar que, devido às peculiaridades dos projetos de inovação tecnológica, não é tarefa fácil encontrar, no mercado, fornecedores com garantia de qualidade e confiança.

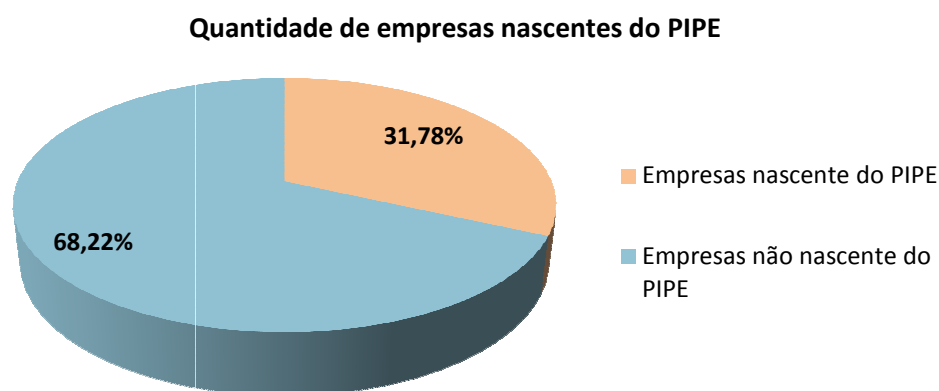
A terceira variável desta dimensão analisa o portfólio de produtos ( $V_{18}$ ) comercializados pelas empresas, que, para este estudo, pode ser considerado, em média, pouco diversificado, com 7 produtos. Em alguns casos, a produção se restringe a um único item. Este fator induz a um elevado grau de risco, uma vez que tudo fica na dependência do potencial sucesso que o produto inovativo alcançará.

Com referência à **dimensão financeira**, o faturamento da empresa ( $V_{40}$ ) mostrou ser um ponto crítico para as pequenas empresas de base tecnológica pesquisadas, pois o desenvolvimento de novos produtos/processos requer elevados investimentos e o retorno só é alcançado, em geral, no longo prazo. Observou-se que 49 empresas, 45,79% da amostra, não apresentaram faturamento. Este número, no entanto, apesar de impressionar, pode ser explicado devido ao fato de que muitas das empresas estão ainda com seus projetos em fase de desenvolvimento.

A Fapesp não limita o número de projetos PIPE por empresas ( $V_8$ ). Com base no período analisado, observou-se que a maioria, 57,94%, das pequenas empresas, emplacou apenas um projeto. Ao se analisar a Tabela 6.13 para esta variável, é possível

observar que o somatório dos projetos aprovados para as empresas totaliza um valor de 203 projetos, e não 137. Acontece que algumas das empresas que foram contempladas com mais de um projeto, por exemplo, só disponibilizaram os dados daqueles que já haviam apresentado retorno financeiro. Outras, sem justificar, forneceram os dados para apenas 1 dos projetos. Desta maneira, explica-se a diferença numérica.

Com o estímulo proporcionado em termos de recursos financeiros, o PIPE pode proporcionar o nascimento de empresas (V<sub>7</sub>). Do total das 107 empresas, verificou-se que 31,78 % das empresas investigadas nasceram de um projeto PIPE, conforme a Figura 6.12. A Tabela 6.15 expande a análise desta variável quando explicita a existência ou não de faturamento para as empresas originárias e não originárias de financiamentos PIPE.



**Figura 6.12** – Empresas nascentes de projetos PIPEs.

Os incentivos governamentais passaram a ser essenciais para encorajar as pequenas empresas de base tecnológica. Com base na segmentação das nascentes do PIPE, 17 empresas conseguiram comercializar enquanto as outras ainda não lançaram o produto no mercado. É válido mencionar que as empresas que nascem do programa, além de enfrentarem os problemas comuns às demais, tais como falta de recursos e elevado tempo de desenvolvimento do produto, precisam ainda organizar infraestrutura, penetrar no mercado e conquistar seus clientes. Assim, é fácil compreender porque as não nascentes do PIPE, já estruturadas e conhecedoras do mercado, apresentaram melhor desempenho quando se observa o percentual das que obtiveram faturamento decorrente da inovação.

**Tabela 6.15** – Distribuição das empresas com faturamento vinculadas ao PIPE

Empresas do PIPE	Total	% de empresas	Faturamento	
			Sim	Não
Empresas nascentes	34	31,78%	17 (50%)	17 (50%)
Empresas não nascentes	73	68,22%	41 (56,16%)	32 (43,83%)
<b>Total</b>	107	100%	<b>58</b>	49

### 6.3.2 Análise univariada para as dimensões do construto - projetos

Para coletar as informações, o construto quantitativo relacionado aos projetos foi desenvolvido em cinco dimensões: (a) empresa; (b) colaboração; (c) mercado; (d) difusão e (e) financeira. A Tabela 6.16 apresenta a sistematização das variáveis nas diferentes dimensões.

A **dimensão empresa** foi segmentada em quatro critérios: (a) tamanho da equipe ( $V_6$ ); (b) idade do projeto ( $V_2$ ); (c) tempo para aprovação do projeto ( $V_8$ ); e (d) anos de experiência do coordenador do projeto ( $V_4$ ).

O estudo do tamanho da equipe de desenvolvimento dos projetos ( $V_6$ ) aponta que a maior parte das equipes, 36,50%, é formada por 3 ou 4 integrantes. De fato, é importante que as empresas contem com diversos colaboradores, pois inovação tecnológica exige conhecimentos multidisciplinares aprofundados desde a fase do projeto. Com este resultado, percebe-se que as atividades inovativas passam a ser um pouco mais descentralizadas, pois antigos modelos de desenvolvimento concentravam-se em apenas um integrante da pequena empresa que era, na maioria das vezes, o proprietário (HAUSMAN, 2005).

Além da gradativa descentralização, a presença dos coordenadores tem ajudado no sucesso dos projetos. Para 48,18% destes, foi observado que os coordenadores detinham mais de 15 anos de experiência ( $V_4$ ), enquanto que apenas 8,03% tiveram o auxílio de profissionais com experiência inferior a 5 anos. O resultado desta variável aponta a importância do conhecimento decorrente da experiência, para a prestação de uma eficiente assessoria.

A idade do projeto ( $V_2$ ) informa a maturidade alcançada em termos de desenvolvimento tecnológico do projeto concedido pela instituição até outubro de 2009, período este que determina o início dos registros para a tabulação. A amostra do



presente estudo reúne 37,96% dos projetos com um ciclo de desenvolvimento tecnológico acima de 72 meses.

**Tabela 6.16** – Perfil geral dos projetos pesquisados

Dimensão	Variáveis	Escalas	Quantidade	Percentual
Empresa	Tamanho da equipe de desenvolvimento dos projetos (V <sub>6</sub> )	de 1 a 2 colaboradores	22	16,06%
		de 3 a 4 colaboradores	50	36,50%
		de 5 a 6 colaboradores	34	24,82%
		de 7 a 8 colaboradores	12	8,76%
		acima de 9 colaboradores	19	13,87%
	Idade do projeto (V <sub>2</sub> )	entre 1 a 12 meses	5	3,65%
		acima de 12 meses a 24 meses	7	5,11%
		acima de 24 meses a 36 meses	10	7,30%
		acima de 36 meses a 48 meses	17	12,41%
		acima de 48 meses a 60 meses	33	24,09%
		acima de 60 meses a 72 meses	13	9,49%
		acima de 72 meses	52	37,96%
	Tempo para aprovação do projeto (V <sub>8</sub> )	acima de 1mês a 4 meses	24	17,52%
		acima de 4meses a 6 meses	26	18,98%
		acima de 6 meses a 12 meses	58	42,34%
		acima de 12 meses a 18 meses	21	15,33%
		acima de 18 meses	8	5,84%
	Anos de experiência do coordenador do projeto (V <sub>4</sub> )	de 1 a 5 anos	11	8,03%
		acima de 5 a 10 anos	42	30,66%
		acima de 10 a 15 anos	18	13,14%
cima de 15 anos		66	48,18%	
Colaboração	Número de projetos com participação de clientes no desenvolvimento (V <sub>9</sub> )			51,82%
	Número de projetos com participação de fornecedores no desenvolvimento (V <sub>10</sub> )			45,98%
	Número projetos com assistência de instituições internacionais (V <sub>11</sub> )			16,78%
	Número de projetos com assistência de universidades (V <sub>12</sub> )			67,88%
	Número de projetos com assistência de consultorias (V <sub>13</sub> )			55,47%
	Número de fornecedores que tem ou já tiveram PIPE (V <sub>14</sub> )			21,16%
	Número de clientes que tem ou já tiveram PIPE (V <sub>15</sub> )			16,05%
Produção	Tempo médio de desenvolvimento (V <sub>20</sub> )			35 meses
Mercado	Tipo de mercado destinado (V <sub>23</sub> )	Interno		51,83%
		Externo		4,38%
		Ambos		43,79%
Difusão	Geração de uma nova empresa ( <i>Spin-off</i> ) (V <sub>27</sub> )			14,59%
	Participação em eventos comerciais (eventos, feiras e congressos) (V <sub>28</sub> )			72,26%
	Número de patentes geradas (V <sub>31</sub> )			35,03%
	Número de publicação geradas (V <sub>31</sub> )			56,20%
Financeira	Quantidade de recursos	financeiros proveniente do PIPE (V <sub>33</sub> )		61%
		investidos por capital próprio (V <sub>34</sub> )		33%
		investidos por capital de terceiros (V <sub>35</sub> )		6%
	Gasto com aquisição de equipamentos em relação ao total obtido pelo projeto PIPE (V <sub>39</sub> )			44,1%
	Quant. de projetos que tiveram gasto com treinamento para os funcionários (V <sub>39</sub> )			37,95%
	Quant. de projetos com o ciclo financeiro fechado por impostos pagos (V <sub>42</sub> )			41,60%
	Aumento das receitas após a implementação do PIPE (V <sub>43</sub> )			60%

O período compreendido entre o dia do depósito do projeto junto à Fapesp e o da assinatura do contrato, aqui denominado período de recebimento dos recursos (V<sub>3</sub>),

também foi considerado variável e apontou que 42,34% dos projetos aguardaram em média até 12 meses para a liberação dos recursos. Considerando que a essência do projeto é inovação tecnológica e que esse é um ramo muito dinâmico, este intervalo de tempo é sobremaneira prolongado, podendo tornar o projeto obsoleto ou ultrapassado. Esta questão também figura como uma das principais barreiras identificadas na análise qualitativa.

Na seqüência, o estudo da **dimensão colaboração** apresenta a intensidade do relacionamento decorrente do desenvolvimento dos projetos. Para auxiliar o desenvolvimento inovativo, os projetos contaram, em média, com a participação de: 2 clientes (V<sub>9</sub>); 2 fornecedores (V<sub>10</sub>); 0,34 assistência de instituição internacional (V<sub>11</sub>); 1 universidade / centro de pesquisa nacional (V<sub>12</sub>) e 1 consultoria (V<sub>13</sub>). Em um trabalho realizado no Japão, país de grande desenvolvimento tecnológico, Okamuro (2007) avaliou que 52% dos projetos inovativos obtinham colaboração de pelo menos um fornecedor e 44% de universidades ou institutos públicos de pesquisa.

No âmbito da colaboração, foi possível verificar que empresas já apoiadas pelo PIPE se transformaram em fornecedoras (V<sub>14</sub>) de outras empresas com projetos em desenvolvimento no programa (21,16%), fato que pode representar a criação de redes evolutivas com compartilhamento de conhecimento na cadeia de suprimentos.

No outro lado da cadeia de suprimentos, o número de clientes que tem ou já tiveram PIPE (V<sub>15</sub>) foi identificado em 22 (16,05%) projetos. O resultado mais expressivo, de acordo com dados coletados, apontou que 1 projeto tornou-se fornecedor para outros 6. No entanto, diante da importância do fornecimento, constata-se que o PIPE ainda não tem uma rede de relacionamento muito consolidada entre os projetos fomentados.

Na **dimensão produção**, os projetos de inovação tecnológica PIPE apresentam diferentes graus de complexidade incorporado aos processos. Diante das complexas questões, os projetos consomem em média um tempo de 35 meses para o desenvolvimento (V<sub>20</sub>). Ao cruzar as análises qualitativas e quantitativas, confirmou-se que inovações com as tipologias radicais, em geral, demandam 38 meses para a conclusão, enquanto para as demais tipologias, o consumo de tempo é um pouco menor, em média 35 meses para a incremental; 29 meses para a modular e 26 meses para a arquitetural.

Já o estudo da **dimensão mercado** descreve para onde se destina o projeto desenvolvido (V<sub>23</sub>). Nesta análise, identificou-se que 51,82% dos projetos são

direcionados para o mercado interno, 4,37% para o externo e, 43,79% para ambos. O grande percentual de projetos destinados para o mercado interno pode ser uma indicação de desenvolvimento para substituição de importação. Por outro lado, foi apontado um grande número de projetos destinados para ambos os mercados (interno e externo), o que pode significar falta de foco quanto ao campo de atuação dessas empresas.

A **dimensão da difusão** analisa os diferentes canais para difundir o projeto de inovação tecnológica no mercado. Ademais, procura identificar a quantidade de geração de novas empresas específicas para o desenvolvimento em questão, por meio do processo de *spin-off* (V<sub>27</sub>). Para o período analisado, os projetos PIPEs geraram 20 *spin-off*, dentre os projetos fomentados, sendo o equivalente a um percentual de 14,59% do total analisado. Van Burg *et al.* (2008) identificaram a geração de 30 *spin-off*, no período de 1997 a 2006, em relação a um montante de 450 projetos com fomento governamental nos países baixos. Logo, a taxa de *spin-off* brasileira está um pouco superior. Há também o trabalho de Kaufmann e Todtling (2002), que aponta a formação de muitas *spin-off* decorrentes do programa de promoção de fundos de pesquisa industrial da Áustria, mas não revela a taxa de novas empresas partindo dos projetos fomentados.

A participação em eventos comerciais (feiras, eventos e congressos) (V<sub>28</sub>) é uma importante prática de difusão adotada pelas empresas para divulgar os seus projetos, porém, é interessante que tenham direcionamento correto e objetivo. A participação nestes eventos é, em geral, onerosa e não traz retorno financeiro no curto prazo. No entanto, é um importante meio de difundir o novo produto para o público consumidor potencial. Por esta e outras razões, 72,26% dos projetos observados participam de feiras, eventos e congressos (V<sub>28</sub>).

A finalidade de a empresa participar de feiras (V<sub>30</sub>) varia em função do ciclo de vida do projeto (V<sub>2</sub>). Quando o projeto está na fase inicial, o evento pode ser considerado uma fonte de informação para avaliar as tendências do mercado e buscar parcerias. Em um período de transição, a finalidade maior é adquirir novos conhecimentos para aprimorar a tecnologia. Por outro lado, quando os projetos estão em estágios mais avançados, busca-se com maior incidência divulgar o produto inovador no mercado.

Em termos científicos, a divulgação do desenvolvimento ocorre por meio de artigos científicos e/ou patentes. Dependendo da área de conhecimento e/ou setor econômico, as empresas não usam este tipo de canal para divulgação porque demanda

muito tempo na sua elaboração. Em alguns casos, expor detalhadamente a invenção pode ser um risco e servir de base para a concorrência copiar. Por este motivo é importante que os projetos gerem patentes, procedimentos utilizados para proteger os direitos autorais e científicos. O número de patentes ( $V_{31}$ ) é o indicador mais utilizado para quantificar intensidade de inovação. Neste estudo, 48 projetos geraram patentes, o que equivale a 35,03% do total. O número total de patentes, no entanto, foi de 137, uma vez que um projeto pode gerar várias patentes, como foi o caso de 2 projetos que geraram, respectivamente 35 e 20 registros. Em termos de publicações científicas ( $V_{32}$ ), registrou-se 381 arquivos em congressos científicos, *journals* e livros, porém resultantes de 77 (56,20%) projetos.

A próxima dimensão retrata a maior necessidade das pequenas empresas de base tecnológica: a **dimensão financeira**. A representatividade média dos recursos financeiros proveniente do PIPE ( $V_{33}$ ) sobre o total investido nos projetos é de 61%. Uma análise realizada por Kaufmann e Todtling (2002) distribui a importância do suporte público em três níveis: necessário, complementar e não necessário. Esses autores identificaram os suportes como necessários para 53% das pequenas empresas, em particular para as de inovações radicais.

A FAPESP não exige contrapartida alguma das empresas no desenvolvimento dos projetos PIPEs. Entretanto, identificou-se, nesta análise, que praticamente todos os projetos, com exceção de 10, tiveram a participação complementar de recursos próprio ( $V_{34}$ ) para que pudessem finalizar os desenvolvimentos inovativos. Constatou-se que a média deste tipo de investimento nos projetos foi aproximadamente de 33% do volume total investido.

Os demais 6% de capital que compõem a média dos investimentos foram obtidos, por 26 empresas, junto a terceiros ( $V_{35}$ ). Atividades de inovação tecnológica, no entanto, apresentam riscos, os quais se tornam ainda maiores quando se busca recursos no mercado financeiro, uma vez que os juros em geral são elevados e caso o retorno esperado não seja alcançado, a empresa entra em colapso. Além disto, os riscos podem ser mais graves quando a empresa investe recursos e os contratos não são fechados para gerar receita. Em outras palavras, a pequena empresa se prepara com uma infra-estrutura adequada em termos de mão-de-obra, equipamentos e matéria-prima para atender às necessidades supostamente planejadas e, assim, requisita empréstimos para adquirir capital de giro, mas os contratos de venda não são efetivados. Visando diminuir os riscos de investimentos, o mercado brasileiro vem apresentando investidores

intitulados anjos para compartilhar estes riscos e conduzir o processo para o estado adequado ao financiamento por *venture capital*

Para comercializar, um dos graves problemas identificados é a falta de recursos para as atividades de *marketing*, nas pequenas empresas. Na maioria dos casos, a pequena empresa não consegue expandir sua capacidade produtiva ( $V_{16}$ ) e deixar a zona de experiência articulada pelos protótipos (AUERSWALD; BRANSCOMB, 2003), pois direciona os esforços apenas para atuar em um nicho específico de mercado e dele não consegue sair. Identificou-se que os gastos alocados em *marketing* e comunicação ( $V_{36}$ ) para a divulgação dos projetos foram em média de R\$ 13.913, mas ressalta-se que este investimento é caracterizado como contínuo em uma frequência anual.

Os investimentos direcionados ao *marketing* são efetivos quando a pequena empresa tem condições de expandir a capacidade produtiva ( $V_{16}$ ), pois se a gestão interna não está habituada a desempenhar atividades com escala, diversos problemas surgirão, dentre os quais insatisfação dos clientes por entregas em atraso, criação de elevados níveis de estoque temporário de produtos e aumento dos custos. Adotar este tipo de estratégia sem condições de aumentar a capacidade é, portanto, um grande risco.

Dentre as observações analisadas, identificou-se que 58 empresas conseguiram obter faturamento resultante de 80 projetos. É importante ressaltar que o peso que um projeto tem sobre o faturamento total da empresa ( $V_{37}$ ) varia caso a caso, apresentando uma média de 26% de aumento. Em 12 delas, porém, essa taxa chegou a 100%.

Saber onde alocar os recursos provenientes do PIPE é outra questão que deve ser bem estudada pelas empresas, pois atuar no ramo de inovação tecnológica requer investimentos em diversas áreas. Para esta análise, observou-se que a maior parte dos recursos obtidos, em média 44,1%, foi investida na aquisição de equipamentos ( $V_{38}$ ). Para 14 projetos, a aplicação em equipamentos do fundo obtido pela FAPESP chegou à totalidade. Por outro lado, o investimento em treinamento para os funcionários ( $V_{39}$ ), essencial para aprimorar desempenho e qualidade, só foi aplicado em 52 projetos. As justificativas apresentadas para tanto foram a limitação de recursos, aliada à pouca oferta de cursos de capacitação em áreas específicas.

Com a implementação do projeto e concretização do período de comercialização propriamente dita, outras variáveis surgem e devem ser consideradas na avaliação da eficiência dos recursos públicos investidos. Uma delas é o aumento na arrecadação de impostos ( $V_{42}$ ) que, de certa forma, caracteriza o retorno dos recursos aplicados, aos cofres públicos, alcançado por 41,60% dos projetos. Outra, é o aumento

total da receita da empresa após a implementação do projeto ( $V_{43}$ ). Para esta última, foi observado um incremento médio de 60%. Mesmo algumas empresas cujos projetos não prosperaram no mercado conseguiram obter vantagens, tais como qualificação técnica e infra-estrutura, o que, por sua vez, afetou positivamente seu desempenho de uma maneira geral.

### 6.3.3 Análise bivariada para as variáveis – projetos e empresas

A análise bivariada foi realizada para identificar o grau de relacionamento entre as variáveis independentes, por meio do coeficiente de correlação de *Pearson* para as diferentes dimensões do construto. Este procedimento não mede as relações de causa e efeito, mede a tendência e a força da relação entre as variáveis (Tabela 6.17).

A **dimensão empresa** contempla variáveis inerentes às características internas das organizações. De acordo com os resultados da análise de correlação, observou-se que a idade da empresa ( $V_1$ ) é considerada significativa para diferentes análises dos construtos. Constatou-se, assim, uma correlação positiva e significativa (0,30; 0,39;  $p \leq 0,01$ ) entre esta variável e os anos de experiência do proprietário ( $V_3$ ) e os anos de experiência do coordenador ( $V_4$ ), respectivamente. Isto significa que, mesmo num contexto de relação moderada, empresas mais antigas contam com profissionais mais experientes.

As variáveis anos de experiência dos proprietários ( $V_3$ ) e anos de experiência dos coordenadores ( $V_4$ ) apresentaram uma correlação positiva e significativa (0,74;  $p \leq 0,01$ ), visto que os proprietários das empresas, em muitos casos, são os próprios coordenadores dos projetos. Ademais, quando isto não acontece, as empresas buscam profissionais com experiência, pois o desenvolvimento do projeto nas fases iniciais é altamente dependente deste amadurecimento.

O maior tamanho da equipe de P&D ( $V_6$ ) tende a auxiliar na redução do tempo de desenvolvimento do projeto ( $V_{20}$ ). A matriz indicou uma correlação positiva e significativa (0,31;  $p \leq 0,01$ ).

Variáveis	Dimensão Empresa						Dimensão Colaboração						Dimensão Produção				
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>11</sub>	V <sub>12</sub>	V <sub>13</sub>	V <sub>14</sub>	V <sub>15</sub>	V <sub>16</sub>	V <sub>17</sub>	V <sub>18</sub>	V <sub>20</sub>
Idade da empresa (V <sub>1</sub> )	1,00																
Idade do projeto (V <sub>2</sub> )	0,44**	1,00															
Anos de exp. Prop. (V <sub>3</sub> )	0,30**	0,21*	1,00														
Anos de exp. Coord. (V <sub>4</sub> )	0,39**	0,26**	0,74**	1,00													
Número de funcionários (V <sub>5</sub> )	0,21*	0,11	0,06	0,07	1,00												
Tamanho da equipe P&D (V <sub>6</sub> )	0,08	-0,17*	0,16	0,08	0,15	1,00											
Num. Clientes (V <sub>9</sub> )	-0,04	0,16	-0,06	-0,05	-0,01	0,12	1,00										
Num. Fornecedores (V <sub>10</sub> )	-0,03	0,02	-0,13	0,01	-0,01	0,17	0,23**	1,00									
Num. Univ.Intern. (V <sub>11</sub> )	-0,06	0,15	-0,07	-0,03	-0,03	0,16	0,83**	0,29**	1,00								
Num. Univ. Nac. (V <sub>12</sub> )	-0,02	-0,21*	-0,08	-0,03	-0,03	0,12	0,15	0,04	0,11	1,00							
Num. Consultoria (V <sub>13</sub> )	-0,05	0,04	-0,10	-0,07	0,11	0,00	0,19*	0,06	0,20*	0,14	1,00						
Num. Forn. PIPE (V <sub>14</sub> )	-0,12	0,02	0,12	-0,03	-0,06	-0,01	0,27**	0,05	0,26**	0,15	0,02	1,00					
Num. Cliente PIPE (V <sub>15</sub> )	0,27**	0,35*	-0,03	0,17*	-0,08	-0,17*	0,28**	-0,01	0,20*	-0,05	-0,13	0,03	1,00				
Capacidade produtiv. (V <sub>16</sub> )	0,12	0,05	0,01	0,08	0,23**	0,06	-0,05	0,00	-0,07	0,02	-0,04	-0,04	0,18*	1,00			
Terceirização (V <sub>17</sub> )	-0,01	0,12	-0,07	0,16	0,09	-0,03	0,11	0,09	0,17	-0,03	0,13	0,20*	0,25**	0,11	1,00		
Quant. Produtos portfólio (V <sub>18</sub> )	0,31**	0,00	0,04	0,02	0,07	0,12	-0,04	-0,10	-0,05	0,00	-0,13	-0,07	0,03	-0,04	-0,07	1,00	
Tempo desenvolvimento (V <sub>20</sub> )	0,13	0,06	-0,11	0,04	0,09	0,31**	0,15	0,32**	0,16	-0,02	0,01	-0,05	0,12	-0,04	0,10	-0,03	1,00
Market share (V <sub>22</sub> )	0,31**	0,22*	0,09	0,16	0,22**	0,00	-0,04	-0,13	-0,11	0,03	-0,01	-0,10	0,39**	0,29**	0,18*	0,17*	0,03
Num. Concorrentes nac. (V <sub>24</sub> )	0,13	0,05	0,01	0,02	0,19*	0,03	-0,03	-0,05	0,01	0,05	0,19*	-0,06	-0,04	0,06	-0,07	-0,04	0,03
Num. Concorrentes inter. (V <sub>25</sub> )	0,05	-0,09	0,00	0,00	0,09	0,14	-0,06	-0,12	-0,01	0,10	0,05	0,06	-0,06	-0,09	-0,07	0,42**	-0,03
Spin-off (V <sub>27</sub> )	-0,01	0,00	-0,16	-0,11	0,24**	-0,02	0,04	-0,01	-0,01	0,06	0,19*	-0,07	0,04	-0,05	0,21*	-0,06	-0,03
Freq. participação eventos (V <sub>29</sub> )	0,04	-0,01	-0,03	-0,03	0,04	0,18*	0,40**	0,15	0,30**	0,09	0,09	0,40**	0,06	0,28**	0,21*	-0,02	0,08
Num. patentes (V <sub>31</sub> )	-0,03	0,11	0,07	0,02	-0,02	0,07	0,01	-0,05	0,07	-0,05	-0,05	-0,02	-0,04	0,15	-0,07	-0,04	-0,07
Num. Publicação (V <sub>32</sub> )	-0,09	0,07	-0,04	-0,06	0,07	0,06	0,68**	0,06	0,59**	0,18*	0,24**	0,19*	0,17	0,13	0,14	-0,05	-0,03
Quant. Recursos PIPE (V <sub>33</sub> )	-0,12	-0,08	0,14	0,07	0,45**	0,15	0,01	-0,04	-0,02	-0,02	0,13	-0,02	-0,18*	0,28**	0,02	-0,08	0,03
Quant. Recursos CP. (V <sub>34</sub> )	0,19*	0,08	0,18*	0,11	0,43**	0,15	-0,02	0,11	-0,06	0,00	0,00	-0,03	-0,08	0,17*	0,17*	-0,03	0,06
Quant. Recursos CT.(V <sub>35</sub> )	-0,11	-0,06	-0,11	-0,10	-0,04	0,27**	0,12	0,09	0,21*	0,03	0,02	0,13	-0,02	-0,14	0,09	-0,04	0,09
Inv. Marketing (V <sub>36</sub> )	0,10	0,09	-0,02	0,01	0,07	0,02	0,00	0,12	-0,01	0,05	0,06	0,14	0,04	0,20*	0,06	0,01	-0,06
Gastos equipamentos (V <sub>38</sub> )	0,05	0,08	0,10	0,13	0,08	0,02	-0,03	-0,07	-0,08	-0,12	-0,17	-0,16	0,06	0,16	-0,05	0,06	-0,03
Gastos com treinamento (V <sub>39</sub> )	-0,01	0,09	0,09	-0,01	-0,04	0,02	0,07	0,08	0,11	0,00	0,04	-0,06	0,05	0,13	-0,08	0,00	-0,09
Faturamento da empresa (V <sub>40</sub> )	0,20*	0,04	0,03	0,03	0,36**	0,10	-0,02	-0,06	-0,07	-0,04	0,08	-0,07	-0,01	0,22**	0,08	0,27**	-0,04
Aumento da receita (V <sub>43</sub> )	-0,14	0,02	-0,09	-0,10	0,11	-0,06	0,02	-0,07	-0,03	0,13	0,00	0,36**	-0,02	0,22*	0,09	-0,05	-0,10
Quantidade proj. aprov. (V <sub>44</sub> )	0,17*	0,02	0,30**	0,12	-0,02	0,01	0,00	-0,09	-0,06	0,03	-0,23**	0,24**	0,10	0,10	-0,16	0,01	0,01

**Tabela 6.17** – Matriz de correlação de *Pearson* entre as variáveis dos construtos. \* nível de significância em  $p \leq 0,05$  e \*\* nível de significância em  $p \leq 0,01$

Variáveis	Dimensão do mercado			Dimensão Difusão				Dimensão Financeira								
	V <sub>22</sub>	V <sub>24</sub>	V <sub>25</sub>	V <sub>27</sub>	V <sub>29</sub>	V <sub>31</sub>	V <sub>32</sub>	V <sub>33</sub>	V <sub>34</sub>	V <sub>35</sub>	V <sub>36</sub>	V <sub>38</sub>	V <sub>39</sub>	V <sub>40</sub>	V <sub>43</sub>	V <sub>44</sub>
Market share (V <sub>22</sub> )	1,00															
Num. Concorrentes nac. (V <sub>24</sub> )	-0,05	1,00														
Num. Concorrentes inter. (V <sub>25</sub> )	-0,07	0,49**	1,00													
Spin-off (V <sub>27</sub> )	0,08	-0,03	-0,07	1,00												
Freq. participação eventos (V <sub>29</sub> )	-0,05	-0,05	-0,06	-0,02	1,00											
Num. patentes (V <sub>31</sub> )	-0,10	-0,02	-0,07	-0,03	0,00	1,00										
Num. Publicação (V <sub>32</sub> )	0,02	0,08	-0,04	0,06	0,35**	0,32**	1,00									
Quant. Recursos PIPE (V <sub>33</sub> )	0,01	0,17*	-0,01	0,13	0,02	0,21*	0,25**	1,00								
Quant. Recursos CP. (V <sub>34</sub> )	0,12	-0,03	-0,11	0,04	0,07	0,16	0,07	0,37**	1,00							
Quant. Recursos CT. (V <sub>35</sub> )	-0,06	-0,03	-0,06	0,15	-0,01	-0,01	0,03	0,16	0,01	1,00						
Inv. Marketing (V <sub>36</sub> )	-0,05	0,17*	0,08	0,11	0,15	-0,04	0,01	0,12	0,14	0,20*	1,00					
Gastos equipamentos (V <sub>38</sub> )	0,01	-0,11	0,02	-0,16	0,01	0,21*	0,09	0,14	0,01	-0,04	0,11	1,00				
Gastos com treinamento (V <sub>39</sub> )	-0,01	-0,05	-0,08	-0,01	0,00	0,64**	0,33**	0,10	0,04	0,01	0,06	0,17	1,00			
Faturamento da empresa (V <sub>40</sub> )	0,24**	0,17*	0,16	0,12	0,03	-0,04	0,14	0,33**	0,36**	-0,04	0,46**	0,20*	0,00	1,00		
Aumento da receita (V <sub>43</sub> )	0,14	-0,02	-0,03	0,11	0,27**	0,06	0,11	0,17	0,10	0,00	0,48**	-0,05	-0,01	0,33**	1,00	
Quantidade projetos aprovados (V <sub>44</sub> )	0,21*	-0,13	-0,14	-0,12	0,00	-0,14	-0,05	0,14	0,05	-0,02	-0,04	0,08	0,05	0,11	0,08	1,00

**Tabela 6.17** – Continuação da Matriz de correlação de *Pearson* entre as variáveis dos construtos – \* nível de significância em  $p \leq 0,05$  e \*\* nível de significância em  $p \leq 0,01$



Para a **dimensão colaboração**, a experiência profissional do coordenador ( $V_4$ ) e do proprietário ( $V_3$ ) apresentaram uma relação muito baixa com a participação de fornecedores ( $V_{10}$ ). Além disso, os anos de experiência do coordenador ( $V_4$ ) inibem a criação de parcerias com clientes ( $V_9$ ), universidades internacionais ( $V_{11}$ ) e nacionais ( $V_{12}$ ), dado os resultados negativos para a correlação. Isto indica que quanto mais experiente for o coordenador, menor tende a ser o relacionamento com os elos da cadeia de conhecimento e suprimento, no desenvolvimento inovativo.

Por outro lado, parcerias com universidades nacionais ( $V_{12}$ ) não implica na obtenção de maiores montantes junto a FAPESP ( $V_{33}$ ) e, também, não favorece na quantidade de projetos aprovados ( $V_{44}$ ). Em contrapartida, observou-se que o apoio das universidades internacionais ( $V_{11}$ ) incentivou a publicação em artigos científicos ( $V_{32}$ ), bem como a divulgação em feiras e eventos ( $V_{29}$ ).

Embora o conhecimento científico possa ser considerado característica intrínseca à academia, a parceria com universidades ( $V_{11}$ ) apresentou uma baixa relação com o número de patentes ( $V_{31}$ ). Este resultado é alinhado ao resultado de Leiponen e Byma (2009), que avalia as pequenas empresas no programa TEKE`S da Finlândia.

A análise da correlação entre o número de consultorias externas ( $V_{13}$ ) e a experiência profissional do proprietário ( $V_3$ ) e do coordenador ( $V_4$ ) também apresentou-se insignificante, o que inclina para a conclusão de que a experiência dos mentores (proprietário e coordenador) dos projetos provê as empresas do conhecimento necessário para o processo de desenvolvimento inovativo.

Na **dimensão da produção**, a variável base de análise foi a capacidade produtiva da empresa. A capacidade produtiva das empresas ( $V_{16}$ ) mostrou-se estimulada pelo montante de recursos públicos provenientes do PIPE ( $V_{33}$ ), o que indica importância para o programa no desenvolvimento das pequenas empresas. Não obstante, a variável faturamento da empresa ( $V_{34}$ ) apresentou uma correlação positiva, porém baixa (0,22;  $p \leq 0,01$ ), com o aumento da capacidade produtiva das empresas.

No que diz respeito à **dimensão mercado**, a primeira análise indica que a quantidade de produtos no portfólio ( $V_{18}$ ) apresenta uma correlação moderada positiva e significativa (0,42;  $p \leq 0,01$ ) com o número de concorrentes internacionais ( $V_{25}$ ). Esta constatação reforça a importância do apoio governamental às pequenas empresas para o desenvolvimento local de tecnologias competitivas no mercado mundial.

A quantidade de produtos que compõem o portfólio ( $V_{25}$ ) apresenta uma baixa relação positiva, porém significativa (0,31;  $p \leq 0,01$ ) com a idade da empresa ( $V_1$ ). Ao consolidar-se no

mercado, a empresa tende a incrementar o seu *mix* de produtos ( $V_{25}$ ) e, com isso, diluir os riscos dos investimentos.

Com relação, especificamente, à idade do projeto ( $V_2$ ) pode-se dizer que ciclos de vida mais longos não garantem maior participação no mercado ( $V_{22}$ ). Tal análise reforça a afirmativa de que projetos jovens podem ser mais eficazes se estiverem alinhados com as necessidades do de mercado que se pretende atender.

A última dimensão é a **financeira**, eixo central do presente estudo, cuja essência é a avaliação do retorno recursos financeiros alocados em cada PIPE.

O fomento governamental ( $V_{33}$ ) apresenta uma correlação positiva, porém muito baixa, com as variáveis referentes aos anos de experiência profissional do coordenador ( $V_4$ ) e do proprietário ( $V_3$ ). Já quando correlacionado à quantidade de funcionários da empresa ( $V_5$ ), o resultado aponta para uma relação positiva e significativa (0,45;  $p \leq 0,01$ ). O mesmo não ocorre, no entanto, com a variável idade da empresa ( $V_1$ ).

O PIPE não exige contrapartida aos recursos aplicados aos projetos. No entanto, de acordo com os dados coletados, existe uma associação linear positiva e significativa (0,37;  $p \leq 0,01$ ) entre as variáveis capital obtido pelo PIPE ( $V_{33}$ ) e capital próprio ( $V_{34}$ ). Apesar de baixa, esta relação indica certo estímulo ao investimento privado, decorrente do investimento governamental.

A FAPESP não limita a quantidade de projetos por empresa ou por coordenador e também não exige deste último a titulação acadêmica, mas sim experiência profissional na área do projeto (PEREZ, 1999; FAPESP, 2009). A experiência profissional e de mercado é fundamental para que uma inovação alcance sucesso. A análise estatística comprovou relações positiva entre as variáveis referentes à quantidade de projetos aprovados pelo PIPE ( $V_{44}$ ) e aos anos de experiência do proprietário ( $V_3$ ) e do coordenador ( $V_4$ ).

Detectou-se, também, que a quantidade de PIPEs aprovados por empresa ( $V_{44}$ ) está correlacionada à variável idade da empresa ( $V_1$ ) de maneira positiva e significativa (0,17;  $p \leq 0,01$ ). Presume-se, assim, que existe uma associação linear entre as variáveis, embora não fortemente determinante. O aparente posicionamento da FAPESP a favor de empresas mais experientes, de certa forma, reduz os riscos associados às inovações. Por outro lado, esta prática, caso ocorra de fato, pode inibir o surgimento de novas pequenas empresas de base tecnológica, fato que contradiz o próprio princípio do programa PIPE.

As fontes de financiamento capital próprio ( $V_{34}$ ) e recursos PIPE ( $V_{33}$ ) podem ser insuficientes para o desenvolvimento do projeto. Quando isto ocorre, as empresas vêm-se obrigadas a buscar investimentos de capital de terceiros ( $V_{34}$ ). Estas três variáveis da

dimensão financeira compõem as fontes de financiamento das pequenas empresas de base tecnológica e figuram como vetores de entrada na análise de eficiência da aplicação dos recursos juntamente com mais três variáveis da dimensão da empresa: experiência do coordenador ( $V_4$ ), tamanho de P&D ( $V_6$ ) e o número de consultorias ( $V_{13}$ ).

A **dimensão difusão** contempla as variáveis necessárias para delinear o campo de avaliação na perspectiva do projeto, conforme ilustrado pela Figura 3.3 no referencial teórico (vide, p. 69), a qual sintetiza as variáveis de saída no processo de transformação.

A partir dos efeitos investigados nesta dimensão, observou-se que o número de patentes não depende dos anos de experiência do proprietário ( $V_3$ ) nem do coordenador ( $V_4$ ), pois apresentaram baixa correlação entre as variáveis. Já os investimentos alocados em treinamento e capacitação do funcionário ( $V_{39}$ ) configuraram como uma variável positiva e significativa quando relacionados às patentes desenvolvidas nos projetos ( $V_{31}$ ).

Na seqüência, os projetos com registros de patentes ( $V_{31}$ ) apresentam correlação positiva e significativa com o número de publicação científica ( $V_{32}$ ), pois o rigor da descrição científica associado à proteção dos direitos autorais garantida pelas patentes estimula a divulgação dos resultados dos projetos no âmbito científico ( $V_{29}$ ), além da proteção que a patente assegura.

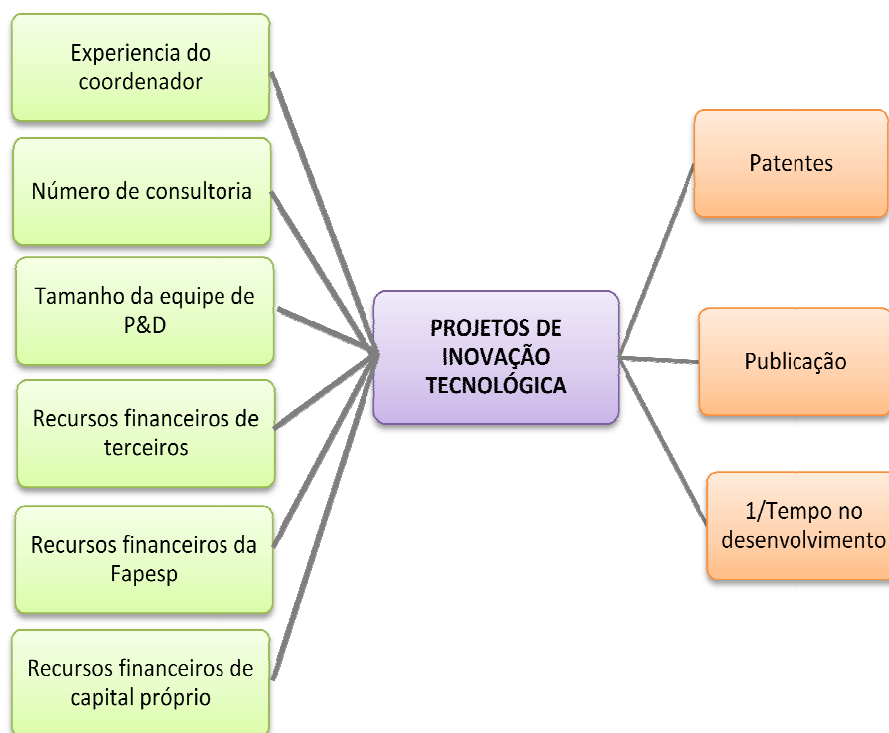
O número de publicações ( $V_{32}$ ) apresenta uma correlação positiva e significativa (0,59,  $p \leq 0,01$ ) com a assistência de universidades internacionais ( $V_{11}$ ). Quando se considera o apoio das universidades nacionais ( $V_{12}$ ), a relação continua positiva, porém não apresenta significância. A quantidade de publicações é estimulada, ainda, devido à participação das empresas em eventos (feiras e congressos) ( $V_{29}$ ) e devido à quantidade de recursos obtidos pelo PIPE ( $V_{33}$ ) com uma relação positiva e significativa (0,35, 0,25;  $p \leq 0,01$ ), respectivamente. Mediante estes resultados e o respaldo da literatura, constatou-se que o número de patentes ( $V_{31}$ ) e número de publicação ( $V_{32}$ ) apresenta-se como importantes variáveis para mensurar o processo inovativo (ARCHIBUGI; PIANTA, 1996; COHEN *et al.*, 2002; HAGEDOORN; CLOODT, 2003; NELSON, 2009).

O tempo de desenvolvimento inovativo do projeto ( $V_{20}$ ) não apresenta correlação alguma com o número de patentes geradas ( $V_{21}$ ). Em outras palavras, uma inovação que requer mais tempo não resulta, necessariamente, em patentes. Tal análise corrobora com Leiponen e Byma (2009) que também evidenciam uma baixa correlação (0,1087) entre estas variáveis.

### 6.3.4 Identificação de variáveis para análise de competitividade e eficiência produtiva

O índice de correlação não consegue identificar relação de causa e efeito. Sendo assim, utilizou-se a Manova (*Multiple ANalysis Of VAriance - Análise de Variância Multivariada*) para verificar a consistência dos modelos propostos para análise da competitividade e da eficiência das empresas pesquisadas. A Manova apresentou-se adequada tendo em vista a existência de mais de uma variável dependente no *output*. O Apêndice E apresenta esses resultados. Para o caso da existência de apenas uma variável dependente, ANOVA atenderia a necessidade, conforme exposto pela literatura do DEA (SUEYOSHI; AOKI, 2001).

A Figura 6.13 apresenta o modelo inicial que sustenta a análise do potencial competitivo dos 137 projetos de inovação tecnológica. Para esta análise, o modelo DEA adotado foi o CCR e BCC, orientado para o *output*, com seis variáveis de entrada (*inputs*) e três variáveis de saída (*outputs*).



**Figura 6.13** – Variáveis DEA para análise de eficiência dos projetos PIPE

Com o mesmo propósito, a Figura 6.14 define o modelo que circunscreve a realidade para avaliar a eficiência das empresas às quais os projetos estão vinculados. As variáveis representativas da saída foram faturamento (em reais) e participação das empresas no mercado.



**Figura 6.14** – Variáveis DEA para análise de eficiência das empresas

#### **6.4. Etapa 4 (parte I) - Análise DEA para projetos PIPE**

A etapa quatro tem como objetivo apresentar os resultados da aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência dos projetos e das PMEs fomentadas pelo programa governamental PIPE. De acordo com o modelo conceitual, as análises obedecem à seguinte seqüência:

- (a) avaliação da eficiência dos projetos utilizando os modelos clássicos CCR e BCC;
- (b) avaliação da eficiência dos projetos por área de conhecimento em que estão inseridos segundo a classificação da FAPESP;
- (c) avaliação da eficiência das empresas utilizando o modelo clássico BCC; e,
- (d) avaliação da eficiência das empresas por setor econômico (químico, eletrônica e tecnologia da informação, agronegócio, saúde e aeroespacial).

##### **6.4.1. Análise de eficiência dos projetos - hipótese 1 e proposições 1.1, 1.2 e 1.3**

A amostra é composta por 137 projetos, pois os demais 10 componentes da amostra inicial de 148 não haviam sido finalizados, impossibilitando a obtenção dos dados referentes à variável tempo de desenvolvimento para ser utilizada no modelo.

A Tabela 6.18 apresenta uma sistematização da taxa de eficiência total e da taxa de eficiência técnica dos projetos do programa de inovação tecnológica para pequenas empresas (PIPE).

**Tabela 6.18 – Avaliação de eficiência para os projetos governamentais PIPE**

Avaliação global dos projetos		
Análises	CCR (total)	BCC (técnica)
Média	0,5436	0,5821
Desvio padrão	0,3465	0,3428
Mínimo	0,015	0,025
Máximo	1,00	1,00
Frequência tx. Eficiência		
1	41 (29,92%)	45 (32,85%)
0.90 – 0.999	1 (0,73%)	1 (0,73%)
0.80 – 0.899	0 (0,00%)	1 (0,73%)
0.70 – 0.799	5 (3,65%)	5 (3,65%)
0.60 – 0.699	6 (4,38%)	7 (5,11%)
0.50 – 0.599	10 (7,30%)	14 (10,22%)
0.40 – 0.499	14 (10,22%)	16 (11,68%)
0.30 – 0.399	20 (14,60%)	13 (9,49%)
Abaixo de 0.299	40 (29,20%)	35 (25,55%)
Total dos projetos analisados	137	137

Pelo modelo clássico CCR, orientado para *output*, calculou-se eficiência total média de 0,5436 (54,36%) com taxa mínima de 0,0156 (1,56%) de eficiência, no âmbito dos projetos, com 41 (29,92%) projetos eficientes..

O modelo CCR apenas indica o nível de eficiência de uma maneira total, enquanto o modelo BCC reporta a eficiência técnica, o que possibilita a obtenção de mais informações.

Quanto à eficiência técnica, a pontuação média dos projetos foi 0,5821 com uma eficiência mínima de 0,025. Como resultado final, 45 (32,85%) dos 137 projetos analisados foram considerados tecnicamente eficientes, resultado superior ao calculado para eficiência total. Isso equivale a dizer que mais projetos, de maneira global, foram eficientes quando se retiraram da análise os efeitos da escala no modelo. Conforme sinalizam Wang e Huang (2007) e Hsu e Hsueh (2009), os fatores técnicos e locacionais influenciam o nível de eficiência dos projetos. Sendo assim, a partir dos resultados DEA buscou-se as características principais dos projetos eficientes, nas diversas dimensões, de maneira a identificar vetores positivos para a eficiência, conforme segue:

- **A dimensão empresa** caracteriza os fatores técnicos da organização. Conforme mencionam Banwet e Deshmukh (2008), o tamanho da equipe de projetos de P&D e a experiência dos cientistas e técnicos envolvidos são variáveis importantes para serem

avaliadas no contexto do desempenho de programas desta natureza. Dentre os projetos eficientes, a equipe foi composta, em média, por 4 colaboradores e o tempo de experiência dos coordenadores, 44,4% dos quais são intitulados doutores, foi aproximadamente de 14 anos.

- A **dimensão colaboração** considera as variáveis número de clientes, número de fornecedores e assistência das universidades nacionais e internacionais. Para o grupo dos 45 projetos eficientes, observou-se a participação de, em média, 5 clientes e 3 fornecedores no processo de desenvolvimento. Desta maneira, comprova-se que os projetos tecnicamente eficientes estão inseridos em redes de relacionamento que influenciam positivamente o desenvolvimento. Este fato é justificado por Alvarez, Marin e Fonfría (2009) quando prioriza o nível de relacionamento na conformação do ambiente para desenvolvimento inovativo. Ainda, os projetos eficientes receberam, em média, a colaboração de 1 instituição universitária durante o desenvolvimento. Os resultados revelados corroboram com o recente trabalho publicado de Zeng, Xie e Tam (2009) em pequenas empresas, no qual se evidencia a importância de parcerias com universidades e centros de pesquisas. Independente de qual tipo de colaboração, Nieto e Santamaría (2007) consideram redes de colaboração como fatores cruciais para alcançar sucesso com relação à inovação do produto.
- Na perspectiva da **dimensão financeira**, para os projetos eficientes, a taxa de investimento de capital próprio é um pouco inferior à taxa dos recursos obtidos por fundos governamentais, fato este justificado pela falta de recursos das pequenas empresas, principal obstáculo no processo de inovação. Os recursos de capital próprio totalizaram R\$ 212.474,74 e os recursos concedidos pela FAPESP R\$ 253.471,83 para os projetos eficientes.
  - A **dimensão difusão** considera a divulgação nas diferentes áreas do conhecimento. Lee, Park e Choi (2009) mostram diferentes indicadores para avaliar os seis programas nacionais de P&D nas áreas do conhecimento da Coreia. Dependendo da área de conhecimento, os coordenadores e/ou os proprietários têm receio em publicar os resultados dos projetos antes que a invenção seja patenteada, porém este processo é considerado lento no Brasil. No grupo dos projetos eficientes, o retorno médio proporcionado para a comunidade científica foi de 4 artigos publicados e, aproximadamente, 2 patentes por projeto. Ao comparar com a realidade da Coreia apresentada por Lee, Park e Choi (2009), o programa D (com enfoque para pesquisas em engenharia) detém a maior média de patentes com 24,21 por projeto. Já quando se parte para a análise dos demais programas de P&D sob avaliação desses

autores, o intervalo de patentes geradas varia de 0,21 a 6 em média. No que se refere à amostra dos programas governamentais de Taiwan, Hsu e Hsueh (2009) apontam que o valor máximo de patentes obtido em um projeto foi 33, fato que reforça as idéias de Moser (2005) sobre o descompasso de patente geradas para as várias áreas de conhecimento.

Na perspectiva da avaliação dos projetos, a dimensão do mercado e a dimensão da capacidade produtiva não foram contempladas, pois as variáveis destes grupos não se mostraram pertinentes para avaliação nesta etapa.

Com base na análise conjunta dos resultados advindos das eficiências total (modelo CCR) e técnica (modelo BCC), uma importante contribuição é o cálculo da influência da eficiência de escala nos projetos governamentais (WANG; HUANG, 2007; HSU; HSUEH, 2009). O modelo categoriza as unidades avaliadas em diferentes fases de escala: decrescente, constante e crescente, conforme a Tabela 6.19.

**Tabela 6.19** – Retorno de escala para os projetos governamentais PIPE

<b>Avaliação global dos projetos</b>	
<b>Eficiência de escala</b>	
Média	0,925348
Desvio padrão	0,145377
Mínimo	0,163
Máximo	<b>1,00</b>
<b>Frequência</b>	
Retorno crescente de escala	63 (45,98%)
Retorno constante de escala	42(30,65%)
Retorno decrescente	32 (23,35%)

A eficiência de escala média foi de, aproximadamente, 92 %, com desvio padrão de 14 %. Isso significa que os projetos fomentados estão em uma escala de produção similar e com possíveis expansões. Cada fase de escala contém uma denotação específica para interpretar os resultados:

- A escala **crescente** significa que ao aumentar as variáveis de entrada (recursos financeiros, anos de experiência e número de consultoria) ocorre um aumento desproporcionalmente maior nas variáveis de saída (patentes e artigos publicados) para os 63 projetos desta categoria. Neste caso, a instituição Fapesp deveria concentrar investimentos em projetos desta escala, pois obteria com isso um rápido desempenho no âmbito acadêmico, proporcionado pelos ganhos de escala possíveis de serem alcançados por 45,98% dos projetos analisados. Dos 63



projetos com escala crescente, 61 foram considerados ineficientes e 2 projetos foram classificados como tecnicamente eficientes (100%);

- **Em escala constante** aparecem 42 projetos. Em outras palavras, estes projetos conseguiram transformar os recursos financeiros obtidos por fundos governamentais, próprios e de terceiros, proporcionalmente, em resultados no âmbito científico;
- **Na escala decrescente**, com 32 projetos, os recursos financeiros aplicados superaram o nível ideal, sendo representados por projetos com uma característica fortemente relacionada ao âmbito da invenção. Do ponto de vista de desenvolvimento tecnológico, estes projetos não são recomendados para obter maiores recursos, pois eles iriam trazer benefícios proporcionalmente menores do que as taxas de investimentos concedidas. Uma das razões dessa ineficiência de escala é decorrente do grau de inovação associado aos projetos inovadores, pois não se permite divulgar os resultados das pesquisas sem um processo de patenteamento anterior, devido ao risco de imitação.

Para analisar a primeira hipótese, foi necessário o desmembramento em hipótese nula ( $H_0$ ) e hipótese alternativa ( $H_a$ ). Como a hipótese 1 contempla três proposições referente às fontes de recursos financeiros, as hipóteses nula e alternativa se apresentam como a seguir:

### **Proposição 1**

$H_0$ : A média do capital FAPESP investido é igual entre o grupo dos projetos eficientes e ineficiente

$H_a$ : A média do capital FAPESP investido é diferente entre o grupo dos projetos eficientes e ineficiente

### **Proposição 2**

$H_0$ : A média do capital próprio investido é igual entre o grupo dos projetos eficientes e ineficiente

$H_a$ : A média do capital próprio investido é diferente entre o grupo dos projetos eficientes e ineficiente

### Proposição 3

$H_0$ : A média do capital terceiros investido é igual entre o grupo dos projetos eficientes e ineficiente

$H_a$ : A média do capital terceiros investido é diferente entre o grupo dos projetos eficientes e ineficiente

A amostra composta por 137 projetos apresenta dados não normais, conforme ilustrado pelos histogramas no Apêndice F. A validação dos dados utilizou o teste estatístico Mann-Whitney (Tabela 6.20) com diferentes níveis de significância (95% e 99%). A utilização deste tipo de teste é recomendada pela literatura DEA (BANKER, 1993, 1996; SUEYOSHI; AOKI, 2001; ADLER; FRIDMAN; SINUANY-STERN, 2002; DIAZ-BALTEIRO *et al.*, 2006) em especial por Simar e Wilson (2007).

**Tabela 6.20** – Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 1

Variável		Grupo dos eficientes n = 45	Grupo dos ineficientes n = 92	Teste U	Teste Z
Capital FAPESP	Média	253471,82	363314,93	1453,50	- 2,823
	DP	185307,84	205050,48		
$\rho=0,004^{**}$					
Capital próprio	Média	212474,74	492575,93	874,00	-5,478
	DP	543635,48	809063,75		
$\rho=0,000^{**}$					
Capital de terceiro	Média	15925,36	150164,10	1754,00	-2,11
	DP	71081,93	694833,01		
$\rho= 0,03^*$					

\* = nível de significância  $\alpha = 0,05$ ; \*\* = nível de significância  $\alpha = 0,01$

Para a primeira proposição, o *p-value* é menor que o nível de significância 0,01 (99%) e, assim, a hipótese nula deve ser rejeitada. Com o *p-value* = 0,004, constatou-se que há evidência de que o capital FAPESP ( $V_{33}$ ) quantidade média de investimentos recebidos pelo grupo dos projetos ineficientes é significativamente maior do que a do grupo dos projetos eficientes.

Já para a segunda proposição o *p-value* também apresenta um resultado menor que o nível de significância 0,01 (99%) com um *p-value* = 0,000. Comprovou-se, portanto, que o capital próprio ( $V_{34}$ ), de uma maneira geral, é diferenciado para os grupos de projetos eficientes e ineficientes sendo maior para o segundo.

Na seqüência, a terceira proposição apresenta um *p-value* = 0,03, menor que o nível de significância 0,05 (95%) em relação ao capital de terceiros ( $V_{35}$ ). Dentre as fontes de recursos,

capital de terceiro ( $V_{35}$ ) apresenta uma média significativa menor em relação às demais variáveis. Com os resultados, a Tabela 6.21 sistematiza a análise da hipótese 1 com as proposições 1, 2 e 3 por meio do teste estatístico Mann-Whitney.

Ao transpor este resultado para a hipótese conceitual, o montante proveniente das três fontes de recursos de investimentos diferencia-se significativamente entre os grupos dos projetos eficientes e ineficientes. Diante do exposto, os resultados dos grupos conduz a refutar a hipótese 1 mediante as três proposições desenvolvidas.

Isso significa dizer que os projetos ineficientes, com uma taxa de investimento maior, não priorizam as variáveis de resposta (número de patentes, número de artigos e o menor tempo de desenvolvimento). Com menos recursos financeiros investidos, o grupo dos projetos eficientes, por outro lado, buscou maior apoio das universidades para auxiliar no desenvolvimento inovativo, parceria esta que pode ser responsável pelo número de patentes e artigos publicados. Ademais, com os seus orçamentos em média mais restritos, a tecnologia desenvolvida pelas empresas eficientes tende a ser menos complexas e, com isso, seu tempo de desenvolvimento menor.

**Tabela 6.21** – Análise da hipótese 1 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 1</b> - O montante de capital investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente na eficiência do projeto			
<b>Modelo conceitual</b>	<b>Proposição</b>	<b>Teste de significância</b>	<b>Resultado</b>
Proposição 1.1	A maior quantidade de capital FAPESP investida no fomento inovativo às pequenas empresas aumenta o nível de eficiência do projeto	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 1.2	A maior quantidade de capital próprio investida no fomento inovativo às pequenas empresas aumenta o nível de eficiência do projeto	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 1.3	A maior quantidade de capital de terceiros investida no fomento inovativo às pequenas empresas aumenta o nível de eficiência do projeto	teste de Mann-Whitney	Refutada

#### **6.4.2. Validação da hipótese 2 - os fatores técnicos e locais**

Os fatores técnicos e locais podem se diferenciar entre os projetos, conforme constatam Wang e Huang (2007), Hsu e Hsueh (2009) e Lee, Park e Choi (2009).

Para aferir a segunda hipótese conceitual, foi necessário o seu desmembramento na hipótese nula ( $H_0$ ) e na hipótese alternativa ( $H_a$ ) por meio do teste estatístico Mann-Whitney (U) e Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) com níveis de significância de 95% e 99%.

Seguindo o procedimento de análise desenvolvido para a hipótese 1, a hipótese 2 foi segmentada em proposições, para o teste de significância em função dos diferentes fatores. A Tabela 6.22 apresenta as proposições e as hipóteses nula e alternativa para cada uma delas.

**Tabela 6.22** – Desmembramento da hipótese 2 com as respectivas proposições formuladas

Hipótese 2		Formulação das proposições
<b>Proposição 2.1</b>	H <sub>0</sub>	A média da idade das pequenas empresas não difere entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes do PIPE
	H <sub>a</sub>	A média da idade das pequenas empresas difere entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes do PIPE
<b>Proposição 2.2</b>	H <sub>0</sub>	A média da idade do projeto não difere entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes do PIPE
	H <sub>a</sub>	A média da idade do projeto difere entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes do PIPE
<b>Proposição 2.3</b>	H <sub>0</sub>	O número de assistência das universidades (nacionais e internacionais) não difere em média entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes do PIPE
	H <sub>a</sub>	O número de assistência das universidades (nacionais e internacionais) difere em média entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes do PIPE
<b>Proposição 2.4</b>	H <sub>0</sub>	O tamanho da empresa não difere em média entre o grupo dos eficientes e ineficientes do PIPE
	H <sub>a</sub>	O tamanho da empresa difere em média entre o grupo dos eficientes e ineficientes do PIPE
<b>Proposição 2.5</b>	H <sub>0</sub>	A experiência do coordenador não difere em média entre o grupo dos eficientes e ineficientes do PIPE
	H <sub>a</sub>	A experiência do coordenador difere em média entre o grupo dos eficientes e ineficientes do PIPE
<b>Proposição 2.6</b>	H <sub>0</sub>	O nível de eficiência dos projetos eficientes e ineficientes não difere pela titulação acadêmica do coordenador
	H <sub>a</sub>	O nível de eficiência dos projetos eficientes e ineficientes difere pela titulação acadêmica do coordenador

A proposição 2.1 avalia a contribuição da variável idade da empresa ( $V_1$ ) para o nível de eficiência do projeto. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6.23, esta variável apresentou o  $p\text{-value} = 0,0409$ , o que permite afirmar que a média do grupo dos projetos ineficientes tem uma diferença positiva e significativa maior em relação à dos eficientes. Este fato leva à rejeição da hipótese nula e à aceitação da alternativa, comprovando que a idade maior da empresa não contribui necessariamente para a eficiência do projeto PIPE. O sucesso obtido pelas jovens organizações de base tecnológica pode ser explicado pelas instalações e condições de infra-estrutura mais modernas.

A idade do projeto ( $V_2$ ), por outro lado, demonstra um comportamento distinto, pois a diferença estatística, representada por um  $p\text{-value} = 0,8009$ , entre o grupo dos projetos eficientes e dos ineficientes não é significativa. Com isso, constatou-se que a idade média dos projetos permanece praticamente inalterada, independentemente do grupo a que pertencem, levando à aceitação da hipótese nula para a proposição 2.2.

Já a assistência das universidades internacionais ( $V_{11}$ ) e a assistência das universidades nacionais ( $V_{12}$ ) apresentaram diferença de contribuição, em média, pouco significativa para o grupo dos eficientes e ineficientes, com  $p\text{-value} = 0,6222$  e  $p\text{-value} = 0,4107$ , respectivamente. No caso das instituições internacionais, observou-se que estas estiveram mais presentes nos

projetos eficientes, enquanto que o auxílio das universidades nacionais foi mais observado nos ineficientes. Apesar desta aparente diferença, comprovou-se estatisticamente sua pouca relevância, o que também leva à aceitação da hipótese nula para a proposição 2.3.

Para a variável tamanho da empresa ( $V_5$ ), constatou-se que a média de funcionários das ineficientes é significativamente superior à das eficientes, com um  $p\text{-value} = 0,0036^{**}$ . Diante disto, aceita-se a hipótese alternativa em substituição à nula da proposição 2.4, pois pode-se inferir que menos pessoas na equipe de trabalho inovativo contribuem de maneira positiva para a eficiência.

Seguindo esta mesma linha, a hipótese nula da proposição 2.5 também é refutada e dá lugar à aceitação da alternativa. Neste caso, obteve-se um  $p\text{-value} = 0,0053^{**}$ , o que indica que a experiência média dos coordenadores dos projetos eficientes é significativamente menor do que a dos ineficientes. A Tabela 6.23 sintetiza os resultados do teste estatístico Mann-Whitney.

De acordo com Hair *et al.* (2005), o teste de significância Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ) é recomendado para testar a distribuição de um ou mais grupos com dados categóricos (gênero, escolaridade, ou outras variáveis nominais). Banker (1993; 1996), textos clássicos na literatura do DEA sobre teste de hipóteses, também aconselha a validação do *ranking* com variáveis categóricas pelo teste do Qui-Quadrado. Para tanto, o teste do Qui-Quadrado, no caso específico, foi incluso para validar a proposição 2.6, por utilizar os dados categóricos (nominal) em relação à titulação acadêmica do coordenador.

**Tabela 6.23** – Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 2

Variável		Grupo dos eficientes n=45	Grupo dos ineficientes n=92	U	Z
Idade das pequenas empresas	Média	9,87	12,51	1623,5	- 2,0440
	DP	7,69	8,01		
	$\rho = 0,0409^*$				
Idade dos projetos PIPE`s	Média	69,62	66,78	2014,50	0,2520
	DP	38,26	30,61		
	$\rho = 0,8009$				
Assistência das universidades internacionais	Média	0,53	0,25	1962,00	0,4926
	DP	1,86	0,75		
	$\rho = 0,6222$				
Assistência das universidades nacionais	Média	0,96	1,22	1890,00	- 0,8226
	DP	0,85	1,20		
	$\rho = 0,4107$				
Tamanho da empresa	Média	10,13	23,09	1434,50	- 2,9102
	DP	9,57	37,31		
	$\rho = 0,0036^{**}$				
Experiência do coordenador (anos)	Média	13,80	19,49	1462,00	- 2,7841
	DP	8,64	11,56		
	$\rho = 0,0053^{**}$				

\* = nível de significância  $\alpha = 0,05$ ; \*\* = nível de significância  $\alpha = 0,01$

Com a tabulação cruzada, a distribuição da frequência dos grupos foi plotada e, em seguida, comparou-se o desempenho de cada grupo, associando a titulação acadêmica pela frequência observada *versus* a frequência esperada.

A Tabela 6.24 traz os resultados do teste Qui-Quadrado, detalhando-os para as 4 subdivisões da variável titulação acadêmica. A análise dos extremos aponta que para o grupo dos eficientes foram observados menos graduados e mais livres docentes e pós-doutores que o esperado. O resultado estatístico, no entanto, indica que esta constatação não é significativa, uma vez que o  $\chi^2_{\text{Calculado}}$  é inferior ao  $\chi^2_{\text{crítico}}$ . Deste modo, conclui-se que a titulação acadêmica não interfere na eficiência do projeto e, com isso, aceita-se a hipótese nula estatística.

**Tabela 6.24** – Resultados do teste do Qui-Quadrado referente à proposição 2.6

Variável - Titulação acadêmica		Grupo dos ineficientes	Grupo dos eficientes	Total
Graduado	Contagem observada	18	3	21
	Contagem esperada	14,1	6,9	
	% Titulação Acadêmica	85,7%	14,3%	100%
	% em função do grupo	19,6%	6,7%	15,3%
	% Total	13,1%	2,2%	
Mestre	Contagem observada	11	8	19
	Contagem esperada	12,8	6,2	
	% Titulação Acadêmica	57,9%	42,1%	100%
	% em função do grupo	12%	17,8%	13,9%
	% Total	8%	5,8%	
Doutores	Contagem observada	40	20	60
	Contagem esperada	40,3	19,7	
	% Titulação Acadêmica	66,7%	33,3%	100%
	% em função do grupo	43,5%	44,4%	43,8%
	% Total	29,2%	14,6%	
Livre docentes e pós-doutores	Contagem observada	23	14	37
	Contagem esperada	24,8	12,2	
	% Titulação Acadêmica	62,2%	37,8%	100%
	% em função do grupo	25%	31,1%	27%
	% Total	16,8%	10,2%	
Total	Contagem	92	45	137
	%	67,2%	32,8%	100%

$\alpha=0,05$ ;  $\chi^2_{\text{Calculado}}=4,443$ ;  $\chi^2_{\text{crítico}}=7,82$ ;  $p=0,2174$

Nota: 0 células (0,0%) com contagem esperada menor do que 5. A contagem mínima esperada é 6,24

Considerando que, de acordo com os testes estatísticos, a titulação acadêmica não é significativa para determinar o nível de eficiência dos projetos, é possível avaliar como correto o posicionamento da instituição FAPESP, que não exige, do coordenador, titulação acadêmica para submissão de projetos no programa de inovação tecnológica em pequena empresa (PIPE).

Em síntese, a Tabela 6.25 sistematiza o resultado da validação dos testes estatísticos realizados para confirmar as proposições formuladas pela hipótese 2 do modelo conceitual.

**Tabela 6.25** – Análise da hipótese 2 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 2</b> - Os fatores técnicos e locacionais influenciam, de maneira positiva, a eficiência dos projetos inovativos realizados pelas pequenas empresas com apoio da FAPESP			
<b>Modelo conceitual</b>	<b>Proposições</b>	<b>Teste de significância</b>	<b>Validação conceitual</b>
Proposição 2.1	O nível eficiência dos PIPE's é diferenciado pela variável da idade das pequenas empresas	teste de Mann-Whitney	Confirmada
Proposição 2.2	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável idade dos projetos	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 2.3	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável assistência das universidades (nacionais e internacionais) no processo de desenvolvimento inovativo	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 2.4	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável tamanho da empresa	teste de Mann-Whitney	Confirmada
Proposição 2.5	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável anos de experiência do coordenador	teste de Mann-Whitney (U)	Confirmada
Proposição 2.6	O nível eficiência dos PIPE depende da titulação acadêmica do coordenador	teste Qui-Quadrado	Refutada

Em face dos resultados, observou-se que existe, em média, uma significativa diferença entre as idades das empresas eficientes e ineficientes, bem como entre os seus tamanhos e a experiência do coordenador de seus projetos. As empresas eficientes são mais jovens, menores e contam com apoio de coordenadores que atuam a menos tempo na área. O resultado permite inferir que empresas com estas características apresentam projetos focados na geração de patentes cujos tempos de desenvolvimento são menores. Ademais, o menor tamanho facilita o trabalho e a comunicação em equipe, fato este que, somado à disposição do jovem coordenador de mostrar para a comunidade científica o sucesso de seu trabalho, estimula a disseminação do conhecimento desenvolvido pela empresa no meio acadêmico.

### 6.4.3 Análise de eficiência sob a ótica dos projetos na área de conhecimento – Hipótese 3

A análise de eficiência, sob a perspectiva dos projetos nas diferentes áreas de conhecimento, configura a terceira hipótese do modelo conceitual desenvolvido. A Tabela 6.26 detalha essas áreas e o número de projetos aprovados em cada uma delas.

A análise desenvolvida excluiu os projetos de Ciências Humanas e Sociais, cuja representatividade mostrou-se insuficiente para a aplicação do modelo de eficiência. Com isso, a amostra passou a contemplar 134 projetos. Ademais, as áreas de Ciências Biológicas e da Saúde, por apresentarem certa similaridade e poucos projetos isoladamente, foram

agrupadas em uma única área composta por 13 projetos. As demais não sofreram alterações para a análise de eficiência.

**Tabela 6.26** – Detalhamento da amostra para avaliação da eficiência dos projetos para áreas de conhecimento

Áreas do Conhecimento	Total de projetos
Ciências Agrárias	12
Ciências Biológicas	7
Ciências Da Saúde	6
Ciências Exatas E Da Terra	25
Ciências Humanas	1
Ciências Sociais Aplicadas	2
Engenharias	84
<b>Total geral</b>	<b>137</b>

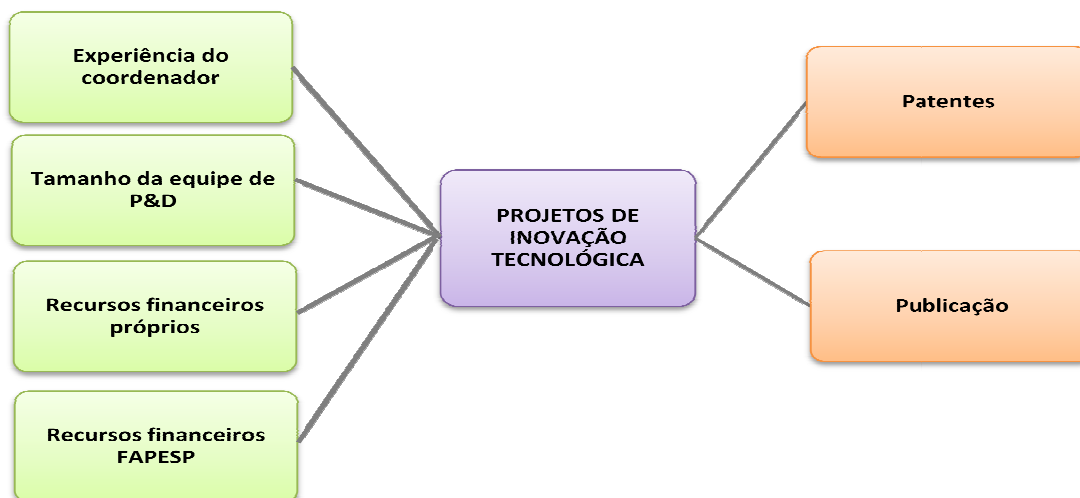
Para esta análise, o modelo matemático e orientação são semelhantes às análises anteriores para todas as áreas de conhecimento (modelo BCC orientado para o *output*). A regra sugerida por Cooper *et al.* (2002) sobre tamanho mínimo de amostra é atendida apenas pela área do conhecimento da Engenharia, pois o número de variáveis deve ser igual ou maior que três vezes o número de DMUs (projetos<sub>Engenharia</sub>  $84 \geq \max \{6 \times 3; 3(6 + 3)\}$ ).

Por outro lado, Dyson *et al.* (2001) sugerem o uso da seguinte regra: o somatório da quantidade máxima de *input* e *output* deve ser igual à metade da quantidade do número de DMUs. Neste caso, as áreas das Ciências da Saúde e Biológica, Agrária e Exata e da Terra necessitavam readequação das variáveis, dado que o número de observações não atendia o mínimo sugerido pela literatura.

A readequação das variáveis requer a aplicação do método *stepwise*, introduzido por Sengupta (1988). Adotou-se um procedimento padrão para a exclusão de variáveis, conforme apresentado no Apêndice G. As variáveis excluídas foram: (1) o tempo desenvolvimento (*output*); (2) número de consultorias (*input*); e (3) recursos financeiros de terceiros (*input*).

Com a exclusão destas três variáveis, o modelo pode ser aplicado e tem como função verificar as áreas do conhecimento mais eficientes no âmbito da invenção. A Figura 6.15 ilustra as várias de *input* e *output* utilizadas. Nesta etapa, o importante é avaliar a eficiência dos projetos em transformar recursos de entrada em produtos como patentes e publicações.





**Figura 6.15** – Variáveis DEA para análise de eficiência dos projetos PIPE por área de conhecimento

De acordo com o modelo desenvolvido, o resultado desta análise identificou a taxa de eficiência média para as áreas de conhecimento identificadas pela FAPESP resultando nos parâmetros média, desvio padrão e valor mínimo e máximo de eficiência, cujos valores são apresentados na Tabela 6.27.

As áreas Ciência da Saúde e Biológica apresentam uma taxa de eficiência técnica relativa maior em relação às demais analisadas, com média de 0,8680. Este resultado indica a presença de muitos projetos eficientes agregados nas duas áreas.

Os projetos de Ciência Agrária apresentaram um perfil similar ao anterior, com uma média de eficiência 0,8198, porém com o maior índice de eficiência mínima: 0,84.

Por outro lado, a área de Engenharia reportou a menor taxa de eficiência técnica e 70,23% de seus projetos apresentaram eficiência abaixo de 0,399. Por fim, os projetos da área de Ciências Exatas e da Terra apresentam o maior desvio padrão da análise realizada, o que demonstra o alto grau de heterogeneidade e, por conseguinte, a inexistência de um padrão de eficiência para os projetos.

Em destaque, os projetos de Ciências da Saúde e Biológica revelam características superiores quando comparados com os das demais áreas de conhecimento. Sendo assim poderão ser utilizados como referência para as demais áreas que não alcançaram nível correspondente de eficiência. Em média, os projetos de Ciências da Saúde e Biológica apresentam as seguintes características médias: experiência dos coordenadores de 13,55 anos; equipe composta por 7,22 membros; investimento FAPESP de aproximadamente R\$ 313.595,66 e contrapartida própria de R\$ 95.111,13.

Tabela 6.27 – Eficiência dos projetos PIPEs pelas áreas do conhecimento FAPESP

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DOS PROJETOS PELA ÁREA DO CONHECIMENTO FAPESP								
Tamanho da amostra = 134 projetos	Ciências da Saúde e Biológica		Ciências Agrárias		Ciências Exatas e da Terra		Engenharia	
	13		12		25		84	
Análises	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
Média	0,4220	<b>0,8680</b>	0,7582	0,8198	0,5792	0,6495	0,2513	<b>0,3379</b>
Desvio padrão	<b>0,4263</b>	<b>0,2821</b>	0,3256	0,3120	<b>0,4319</b>	<b>0,4053</b>	0,3120	0,3714
Mínimo	0,56	<b>0,79</b>	0,57	<b>0,84</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
Máximo	1	1	1	1	1	1	1	1
Freq. tx. Eficiência								
1	3 (23,07%)	<b>9 (69,23%)</b>	5 (41,66%)	<b>8 (66,66%)</b>	11 (44%)	12 (48%)	9 (10,71%)	15 (17,85%)
0.90 – 0.999	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1,19%)
0.80 – 0.899	1 (7,69%)	1 (7,69%)	3 (25%)	0 (0%)	1 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	2 (2,38%)
0.70 – 0.799	0 (0%)	1 (7,69%)	0 (0%)	1 (8,33%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (1,19%)	0 (0%)
0.60 – 0.699	1 (7,69%)	1 (7,69%)	2 (16,66%)	1 (8,33%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2,38%)	2 (2,38%)
0.50 – 0.599	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (8,33%)	0 (0%)	1 (4%)	1 (1,19%)	2 (2,38%)
0.40 – 0.499	1 (7,69%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (4%)	2 (8%)	5 (5,95%)	3 (3,57%)
Abaixo de 0.399	7 (53,84%)	1 (7,69%)	2 (16,66%)	1 (8,33%)	11 (44%)	8 (32%)	66 (78,57%)	59 (70,23%)

A área de Ciências Agrárias apresentou um bom perfil para os fatores técnicos e despontou como líder em ganhos de escala perante as demais áreas, com taxa de eficiência de 0,8897 (Tabela 6.28) e, ainda, o menor desvio padrão. Para que haja sucesso nas contribuições científicas, como é o caso dos projetos desta área, é importante que sejam respeitados os direitos autorais. De acordo com Cohen *et al.* (2002), as práticas de proteção intelectual são fundamentais para reservar os direitos da invenção, sendo o motivo pelo qual esta área sobressai em relação às demais.

A Área de Ciências Exatas e da Terra tem 48% dos projetos concentrados no grupo com retornos crescentes de escala, implicando que de um incremento nos *inputs* decorre um aumento desproporcional nos *outputs* (Tabela 6.28). Se esta área aplicasse mais recursos próprios ou captasse mais recursos de fomentos e terceiros, resultaria em uma promissora área em termos científicos pelas variáveis de saída, conforme o contexto analisado.

Os campos das Ciências da Saúde e Biológica centralizam 69,23% (Tabela 6.28) dos seus projetos no grupo com retorno constante de escala. Esta taxa de eficiência é configurada por relação proporcional entre as variáveis de entrada e saída do modelo, frente a um

incremento de *inputs*.

A Tabela 6.28 sinaliza, ainda, que, para a área de Engenharia, 58,33% dos projetos apresentam retorno decrescente de escala. Este resultado traduz que, numa situação de incremento de *inputs*, os ganhos científicos decorrentes (patentes, números de publicação e o tempo de desenvolvimento) seriam desproporcionalmente menores.

**Tabela 6.28** - Avaliação de eficiência dos projetos PIPEs pelas áreas do conhecimento FAPESP

Eficiência de escala	AVALIAÇÃO DE ESCALA			
	Ciências da Saúde e Biológica	Ciências Agrárias	Ciências Exatas e da Terra	Engenharia
Média	0,4220	0,8897	0,8426	0,1578
Desvio padrão	0,4263	0,1503	0,2544	0,9586
Mínimo	0,56	0,53	0,002	0,001
Máximo	1	1	1	1
<b>Frequência</b>				
Retorno crescente de escala	3 (23,07%)	3 (25%)	12 (48%)	20 (23,80%)
Retorno constante de escala	9 (69,23%)	8 (66,66%)	11 (44%)	15 (17,85%)
Retorno decrescente de escala	1 (7,69%)	1 (8,33%)	2 (8%)	49 (58,33%)

A partir dos resultados de eficiência obtidos, foi possível avaliar se existia diferença estatística, em média, para o grupo dos projetos eficientes e ineficientes das áreas de conhecimento da FAPESP. A Tabela 6.29, a partir de procedimento estatístico similar ao das hipóteses 1 e 2, ilustra os resultados das variáveis que apresentaram médias significativamente diferentes entre os grupos dos projetos eficientes e ineficientes para cada área de conhecimento da FAPESP.

Para os projetos de Ciências da Saúde e Biológica, observou-se que foi investido muito menos capital próprio nos projetos eficientes do que nos ineficientes. Esta constatação também se aplica às áreas das Ciências Exatas e da Terra, cujas empresas eficientes são consideravelmente mais jovens. Na Engenharia, o investimento do capital FAPESP foi sobremaneira inferior nos projetos eficientes. Por fim, identificou-se grande diferença entre os dois grupos, para a variável tamanho da empresa, no campo das Ciências Agrárias, onde as empresas que se destacaram têm equipes significativamente menores.

**Tabela 6.29** – Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 3

Área do conhecimento	Variável		Grupo dos eficientes	Grupo dos ineficientes	U	Z
Ciência da Saúde e Biológica $n_{GE}=9$ $n_{GI}=4$	Capital próprio	Média	95111,14	486805,57	2,00	-2,39
		DP	82807,81	346691,8		
		$\rho= 0,016^{**}$				
Ciência Agrária $n_{GE}=9$ $n_{GI}=4$	Tamanho da empresa	Média	7,63	70,00	4,5	2,04
		DP	7,76	49,40		
		$\rho= 0,042^{*}$				
Ciências Exatas $n_{GE}=12$ $n_{GI}=13$	Idade da empresa	Média	6,25	13,92	28	-2,69
		DP	3,27	7,18		
	$\rho= 0,006^{**}$					
	Capital próprio	Média	239551,76	352463,08	26	-2,80
		DP	159667,8	187099,7		
$\rho= 0,005^{**}$						
Engenharia $n_{GE}=15$ $n_{GI}=69$	Capital FAPESP	Média	205616,62	337154,57	292	2,62
		DP	192236,94	195619,47		
	$\rho= 0,008^{**}$					
	Capital próprio	Média	268512,63	508735,10	272	2,86
		DP	667088,23	825509,94		
$\rho= 0,004^{**}$						
Total: 134						

Nota:  $n_{GE}$ =número de projetos do grupo dos eficientes e  $n_{GI}$ =número de projetos do grupo dos ineficientes  
 $*$  = nível de significância  $\alpha= 0,05$ ;  $**$ = nível de significância  $\alpha=0,01$

Por fim, a Tabela 6.30 ilustra o resultado da validação da hipótese 3.

**Tabela 6.30** – Análise da hipótese 3 para áreas de conhecimento FAPESP

Hipótese 3	Validação conceitual
Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas influenciaram positivamente as diferentes áreas do conhecimento	Confirmada

### 6.5. Etapa 4 (parte II) - Análise DEA para empresas PIPE

Na parte II da Etapa 4, o objetivo é determinar a eficiência das pequenas empresas que obtiveram faturamento com a comercialização dos projetos de inovação tecnológica do programa PIPE em transformar investimentos em faturamento e *market share*..

A amostra foi composta por 40 empresas, as quais foram avaliadas para mensurar o desempenho das empresas detentoras de projetos PIPE sob a perspectiva do mercado. As variáveis de *inputs* são os investimentos FAPESP, próprios e de terceiros e as de *outputs* são faturamento das empresas e percentual de *Market Share*, conforme já apresentado na Figura 6.14 (item 6.3.4 Identificação de variáveis para análise de competitividade e eficiência

produtiva).

A avaliação de eficiência das empresas foi realizada pelos modelos de eficiência total (CCR), eficiência técnica (BCC) e eficiência de escala, com escores em diferentes intervalos. Realizou-se uma análise estatística descritiva básica da taxa de eficiência dos modelos, cujos resultados são apresentados na Tabela 6.31.

Na análise descritiva básica, o comportamento dos dados revelou eficiência técnica média das pequenas empresas de 48,54%. Porém, apresentou um desvio padrão alto, de 35,74%, decorrente do intervalo apresentado entre a taxa de eficiência mínima e máxima. Com base nesta estrutura dos dados, foi possível distinguir os grupos das pequenas empresas eficientes e ineficientes. Além disso, 22,50% das empresas apresentaram 100% de eficiência, num total de 9 das 40 observadas, enquanto mais de 50% delas apresentaram eficiência abaixo de 50%.

**Tabela 6.31** – Eficiência para empresas financiadas pelo PIPE.

Avaliação global das empresas		
Análises	CCR (total)	BCC (técnica)
Média	0,3093	<b>0,4854</b>
Desvio padrão	0,3016	<b>0,3574</b>
Mínimo	0,0016	0,01
Máximo	1	1
Frequência tx. Eficiência		
1	5 (12,50%)	<b>9 (22,50%)</b>
0.90 – 0.999	0 (0,00%)	0 (0,00%)
0.80 – 0.899	0 (0,00%)	3 (7,50%)
0.70 – 0.799	0 (0,00%)	0 (0,00%)
0.60 – 0.699	0 (0,00%)	2 (5,00%)
0.50 – 0.599	2 (5,00%)	4 (10,00%)
0.40 – 0.499	4 (10,00%)	2 (5,00%)
0.30 – 0.399	4 (10,00%)	4 (10,00%)
Abaixo de 0.299	<b>25 (62,50%)</b>	<b>16 (40,00%)</b>
Total de empresas analisadas	40	40

Conforme as dimensões do construto, desenvolvidas por esta tese, o grupo das pequenas empresas eficientes apresenta destaque nas principais características:

- A **dimensão empresa** identifica o comportamento das variáveis relacionadas ao ambiente interno, no desenvolvimento dos produtos/processos inovativos. Uma característica peculiar das empresas de base tecnológica é demandar conhecimentos específicos centralizados nos anos de experiência dos proprietários, com uma equivalência de 16 anos. Constatou-se que a idade média do grupo das empresas eficientes é de 13 anos e que empregam aproximadamente 10 funcionários. Outra variável apontada como influenciadora é registrada pela captação, em média, de 2 concessões com projetos do programa PIPE da FAPESP. Outra análise importante foi o tempo de aprovação dos

projetos perante a instituição FAPESP, pois a rapidez na obtenção dos recursos financeiros pode ser decisiva no desempenho organizacional (BECK; DEMIRGÜCKUNT, 2006). Diante do exposto, o tempo entre a data de submissão do projeto na FAPESP e a aprovação demarcada pelo ato da assinatura dos projetos das empresas eficientes foi contabilizada com o tempo médio de 8 meses. Por outro lado, este tempo médio para as empresas ineficientes foi de aproximadamente 1 ano. Desta maneira, o tempo de aprovação dos projetos é um indicativo de grande relevância para o conjunto das pequenas empresas se tornarem mais competitivas, pois a restrição de liquidez é um obstáculo eliminador no processo inovativo;

- A **dimensão colaboração** avalia a rede de relacionamento estabelecida para auxiliar no desenvolvimento dos processos inovativos. As nove empresas eficientes executam os seus desenvolvimentos, em média, com colaboração de 2 (dois) fornecedores e 1(um) cliente. O grupo das empresas eficientes praticamente não tem relacionamento tipo fornecedor/cliente com outras empresas fomentadas pelo programa PIPE. Isso pode indicar uma oportunidade para a coordenação dos processos de comunicação entre estas empresas, dadas as possibilidades de colaboração, tanto no processo de desenvolvimento como na comercialização de produtos inovativos, a partir da curva de aprendizagem compartilhada entre empresas participantes de um mesmo programa;
- **Dimensão produção** quantifica a capacidade produtiva da empresa. As empresas eficientes utilizam, em média, 64% da capacidade produtiva, o que indica potencial para aumentar a produção, com prováveis ganhos de escala.  
Para o grupo de empresas eficientes, as estratégias adotadas são direcionadas para expansão da produção em, aproximadamente, 50%. A limitação de capacidade, quando ocorre, exige dos proprietários readequação dos processos produtivos, o que pode incluir a adoção de serviços terceirizados (44% das pequenas empresas eficientes utilizam serviços terceirizados). Estes aspectos concedem a estas empresas, geralmente nascentes de tecnologia, uma maior flexibilidade nos processos produtivos (HAUSMAN, 2005);
- **Dimensão mercado.** O posicionamento estratégico das empresas eficientes é quem delimita sua atuação no mercado. Do ponto de vista da concorrência, o número de concorrentes no mercado interno não tem muita expressão, pois no geral é unitário. Já para o mercado internacional, foi constatada uma disputa média de 15 firmas, especialmente advindas dos países emergentes onde os preços são critérios decisivos e ameaçadores para as pequenas empresas brasileiras. Sendo assim, a política de preço

destaca-se como uma estratégia importante na conquista e manutenção do mercado e 55% das pequenas empresas eficientes da amostra declararam praticar preços abaixo dos seus concorrentes;

- A **dimensão difusão** revela a oportunidade de lançar o produto por meio de diferentes eventos, tais como: feiras, congressos, entre outros. As feiras específicas são selecionadas pelas empresas eficientes que definem a participação, em média, a um evento por ano. Por outro lado, o grupo das empresas ineficientes indicaram a participação anual em, aproximadamente, 4 eventos, resultado que pode indicar uma má seleção dos eventos ou, por outro lado, uma intensificação nestas participações dado o baixo resultado do esforço inovativo.

A Tabela 6.32 sumariza os resultados calculados para eficiência de escala, para o conjunto de empresa que obtiveram auxílio do programa PIPE. A eficiência média foi calculada em, aproximadamente, 64%. O desvio padrão, no entanto, é muito alto, o que ocasiona agrupamentos praticamente uniformes para os diferentes níveis, com taxa de eficiência mínima de 0,0016 e a máxima de 1.

**Tabela 6.32** – Retorno de escala para as empresas fomentadas pelo PIPE

<b>Avaliação global das empresas</b>	
<b>Eficiência de escala</b>	
Média	0,6372
Desvio padrão	0,8440
Mínimo	0,0016
Máximo	<b>1,00</b>
<b>Frequência</b>	
Retorno crescente de escala	20(50%)
Retorno constante de escala	9 (22,50%)
Retorno decrescente	11 (27,50%)
Total	40

As 40 empresas observadas podem ser subdivididas em diferentes grupos:

- **Com retorno crescente de escala** – 50% das pequenas empresas observadas obtiveram retorno crescente de escala. Analisando esta categoria, foi possível perceber que os incrementos nas variáveis de entrada (recursos financeiros) converteriam aumentos desproporcionalmente maiores pelas variáveis de saída (*Market-share* e Faturamento). Ademais, observa-se que empresas com este perfil apresentam idade média inferior a 10 anos e geram emprego para aproximadamente 17 pessoas.
- **Com retorno constante de escala** – 22,50% das pequenas empresas encontram este tipo de retorno, o que significa um aumento proporcional entre o conjunto de variáveis de entrada (recursos financeiros) e saída (faturamento e *Market-share*). A captação de novos

recursos gera um aumento linear em relação ao faturamento e à participação de mercado das empresas;

- **Com retorno decrescente de escala** – 27,50% das pequenas empresas, nesta categoria contam, em média, com 23 funcionários e a maioria delas em idade superior a 10 anos. Neste caso, pois a aplicação dos recursos financeiros estaria sendo convertida em resultado (mercado e faturamento) desproporcionalmente menor.

O teste estatístico de Mann-Whitney foi aplicado para verificar diferenças entre o grupo dos eficientes e ineficientes nos fatores externos e locais. A Tabela 6.33 representa o desmembramento da hipótese 4 em diferentes proposições para serem validadas.

**Tabela 6.33** – O desmembramento da hipótese 4 com as respectivas proposições formuladas

Hipótese 4		Formulação das proposições
<b>Proposição 4.1</b>	H <sub>0</sub>	A média das despesas em comunicação não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	A média das despesas em comunicação diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.2</b>	H <sub>0</sub>	A média do número de projetos concedidos pela FAPESP não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	A média do número de projetos concedidos pela FAPESP diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.3</b>	H <sub>0</sub>	A média da participação em feiras, eventos e congresso não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	A média da participação em feiras, eventos e congresso diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.4</b>	H <sub>0</sub>	Em média, o número de concorrentes internacionais não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	Em média, o número de concorrentes internacionais diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.5</b>	H <sub>0</sub>	Em média, o número de concorrentes nacionais não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	Em média, o número de concorrentes nacionais diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.6</b>	H <sub>0</sub>	Em média, o número de clientes não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	Em média, o número de clientes diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.7</b>	H <sub>0</sub>	Em média, o número de fornecedores não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	Em média, o número de fornecedores diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
<b>Proposição 4.8</b>	H <sub>0</sub>	Em média, anos de experiência do proprietário não diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes
	H <sub>a</sub>	Em média, anos de experiência do proprietário diferencia entre o grupo dos projetos eficientes e ineficientes



Na análise da hipótese 4, o teste estatístico apontou significativa diferença para 3 variáveis entre os dois grupos de empresa (Tabela 6.3.4). Observou-se, em média, que empresas eficientes gastam menos com despesas em comunicação, apresentam menor frequência de participação em feiras, eventos e congressos e têm menos concorrentes nacionais do que as ineficientes. Com isso, rejeitam-se as hipóteses nulas e se aceitam as alternativas para as proposições 4.1, 4.3 e 4.5.

Por outro lado, não houve significativa diferença entre os grupos para as variáveis “quantidade de projetos concedidos do PIPE”, número de concorrentes internacionais, número de fornecedores, número de clientes e experiência do proprietário. Desta maneira, conservam-se as hipóteses nulas das proposições 4.2, 4.4, 4.6, 4.7 e 4.8, uma vez que as variáveis não apresentaram diferenças significativas entre os grupos.

**Tabela 6.34** – Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 4

Variável		Grupo dos eficientes n=9	Grupo dos ineficientes n=31	U	Z
Despesa em comunicação	Média	14777,78	24085,17	85,50	1,7328
	DP	33651,81	44170,25		
	$\rho = 0,0409^*$				
Quantidade de projetos concedidos do PIPE	Média	1,888	1,645	136,50	-0,0809
	DP	1,536	1,081		
	$\rho = 0,8009$				
Frequência participação em feiras, eventos e congressos	Média	1,111	3,6451	73,50	2,1214
	DP	1,054	3,7465		
	$\rho = 0,0338^*$				
Número de concorrentes internacionais	Média	37	19,48	-0,5344	0,5930
	DP	98,68	57,49		
	$\rho = 0,5930$				
Número de concorrentes nacionais	Média	0,444	3,225	58,50	2,6073
	DP	1,013	4,200		
	$\rho = 0,00912^{**}$				
Número de clientes	Média	0,777	5,935	91,50	1,5384
	DP	1,092	21,369		
	$\rho = 0,1239$				
Número de fornecedores	Média	1,111	3,096	114,5	0,7935
	DP	1,269	4,628		
	$\rho = 0,4274$				
Experiência do proprietário	Média	16,77	19,54	135,00	0,1295
	DP	8,74	13,48		
	$\rho = 0,8459$				

\* = nível de significância  $\alpha = 0,05$ ; \*\* = nível de significância  $\alpha = 0,01$

A Tabela 6.35 sistematiza as análises do resultado da validação da hipótese 4, subdividida nas proposições dos testes estatísticos realizados para confirmar as proposições formuladas pela hipótese 4 referente ao modelo conceitual para avaliar a perspectiva das pequenas empresas vinculadas ao programa PIPE.

**Tabela 6.35** – Análise da hipótese 4 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 4</b> - Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas contribuíram positivamente para o desempenho financeiro das empresas.			
<b>Modelo conceitual</b>	<b>Proposições</b>	<b>Teste de significância</b>	<b>Resultado</b>
Proposição 4.1	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável despesa em comunicação	teste de Mann-Whitney	Confirmada
Proposição 4.2	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela variável quantidade de projetos PIPE concedidos por empresa	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 4.3	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela quantidade de participações em feiras, eventos e congressos da empresa	teste de Mann-Whitney	Confirmada
Proposição 4.4	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de concorrentes internacionais	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 4.5	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de concorrentes nacionais	teste de Mann-Whitney	Confirmada
Proposição 4.6	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de clientes participantes no processo de desenvolvimento inovativo	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 4.7	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pelo número de fornecedores participantes no processo de desenvolvimento inovativo	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 4.8	O nível eficiência dos PIPE é diferenciado pela experiência do proprietário	teste de Mann-Whitney	Refutada

#### 6.4.5 Validação da hipótese 5 sob a perspectiva das empresas

A hipótese 5 foi desmembrada em 4 proposições, conforme Tabela 6.36, que consideram a suposta influência das seguintes variáveis categóricas na eficiência da empresa: tipo de inovação, estratégia inovativa, modelo de desenvolvimento inovativo e localização. Uma vez estabelecidas as proposições, foi aplicado o teste Qui-Quadrado, para analisar estatisticamente a significância destas variáveis.

**Tabela 6.36** – O desmembramento da hipótese 5 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 5</b>		<b>Formulação das proposições</b>
<b>Proposição 5.1</b>	H <sub>0</sub>	O nível de eficiência nas empresas não é afetado pelo tipo de inovação
	H <sub>a</sub>	O nível de eficiência nas empresas é afetado pelo tipo de inovação
<b>Proposição 5.2</b>	H <sub>0</sub>	O nível de eficiência nas empresas não é afetado pela estratégia inovativa
	H <sub>a</sub>	O nível de eficiência nas empresas é afetado pela estratégia inovativa
<b>Proposição 5.3</b>	H <sub>0</sub>	O nível de eficiência nas empresas não é afetado pelo modelo de desenvolvimento inovativo
	H <sub>a</sub>	O nível de eficiência nas empresas é afetado pelo modelo de desenvolvimento inovativo
<b>Proposição 5.4</b>	H <sub>0</sub>	O nível de eficiência nas empresas não é afetado pela localização
	H <sub>a</sub>	O nível de eficiência nas empresas é afetado pela localização

O resultado do teste Qui-Quadrado, sistematizado na Tabela 6.37, apontou, de uma maneira geral, ocorrem diferenças pouco significativas entre as contagens esperadas e as observadas para todas as 4 variáveis testadas. Esta constatação é confirmada pelos respectivos valores calculados de  $\chi^2$ , os quais são inferiores a 7,81, valor do  $\chi^2_{\text{crítico}}$ . No caso específico da variável tipo de inovação, considerando 3 graus de liberdade, o resultado do  $\chi^2$  foi igual a 0,4574, contra os 7,81 do  $\chi^2_{\text{crítico}}$ .

Com base nos resultados, a hipótese nula foi confirmada para todas as variáveis categóricas. No entanto, existe uma distribuição desequilibrada entre os dados dos grupos, que pode levar a conclusões discutíveis sobre a hipótese de interesse. Ao confrontar este resultado com a literatura estatística direcionada para o DEA foi possível identificar indicações para promover a readequação da quantidade de variáveis para diminuir a dispersão (BANKER, 1993; 1996).

De acordo com o referencial teórico, a confirmação da hipótese nula não deve ser considerada conclusiva para este caso, pois o desempenho da empresa tende a ser diferente em função da gestão inovativa eleita. Dessa maneira, esta pesquisadora considera inconclusiva esta questão específica e sugere que outros testes estatísticos devam ser realizados em função do resultado encontrado, em futuros projetos.

Para o presente trabalho, no entanto, assume-se o resultado estatístico que indica que as variáveis categóricas não interferem no *ranking* da eficiência dos grupos, uma vez que o  $\chi^2_{\text{Calculado}}$  é inferior ao  $\chi^2_{\text{crítico}}$  para os respectivos graus de liberdades. Deste modo, conclui-se que não há diferença na distribuição entre a contagem observada e esperada para o tipo de inovação, o modelo inovativo adotado, a estratégia e a localização na eficiência das empresas e, por conseguinte, se aceita a hipótese nula.

Tabela 6.37 – Resultados do teste do Qui-Quadrado referente à hipótese 5

Variável			Grupo		Total
			Empresas Eficientes n=9	Empresas Ineficientes n=31	
Tipo	Produto	Contagem observada	6	24	30
		Contagem esperada	6,8	23,3	
		% do total	15%	60%	
	Processo	Contagem observada	2	5	7
		Contagem esperada	1,6*	5,4	
		% do total	5%	12,5%	
	Organizacional	Contagem observada	1	2	3
		Contagem esperada	0,7*	2,3*	
		% do total	2,50%	5,00%	
$\alpha=0,05; \chi^2=0,4574; \rho=0,795561; gl=2 * 3$ células (50%) tem contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 0,68.					
Estratégia	Ofensiva	Contagem observada	3	17	20
		Contagem esperada	4,5*	15,5	
		% do total	7,5%	42,5%	
	Defensiva	Contagem observada	0	3	3
		Contagem esperada	0,7*	2,3*	
		% do total	0,0%	7,5%	
	Oportunista	Contagem observada	5	11	16
		Contagem esperada	3,6*	12,4	
		% do total	12,5%	27,5%	
	Imitativa	Contagem observada	1	0	1
		Contagem esperada	0,2*	0,8*	
		% do total	2,5%	0,0%	
$\alpha=0,05; \chi^2=5,66308; \rho=0,2257; gl=3 * 6$ células (75%) tem contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 0,23					
Modelo	Linear	Contagem observada	1	9	10
		Contagem esperada	2,3*	7,8	
		% do total	2,5%	22,5%	
	Elos	Contagem observada	3	10	13
		Contagem esperada	2,9*	10,1	
		% do total	7,5%	25%	
	Ciclos	Contagem observada	5	12	17
		Contagem esperada	3,8*	13,2	
		% do total	12,5%	30,%	
$\alpha=0,05; \chi^2=1,364; \rho=0,50553; gl=2 * 3$ células (50%) tem contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 2,25					
Localização	São Paulo	Contagem observada	0	5	5
		Contagem esperada	1,1*	3,9*	
		% do total	0,0%	12,5%	
	Campinas	Contagem observada	0	4	4
		Contagem esperada	0,9*	3,1*	
		% do total	0,0%	10%	
	São Carlos	Contagem observada	5	13	18
		Contagem esperada	4,1*	14	
		% do total	12,5%	32,5%	
	São José dos campos	Contagem observada	1	2	3
		Contagem esperada	0,7*	2,3*	
		% do total	2,5%	5%	
	Outras	Contagem observada	3	7	10
		Contagem esperada	2,3*	7,8	
		% do total	7,5%	17,5%	
$\alpha=0,05; \chi^2=3,425; \rho=0,4893; gl=4 * 8$ células (80%) tem contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 0,68					

De acordo com os dados estatísticos, a análise da hipótese conceitual conduz a refutar todas as proposições da hipótese 5, conforme apresentado na Tabela 6.38.

**Tabela 6.38** – Análise da hipótese 5 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 5</b> - As características qualitativas da inovação tecnológica financiada pela FAPESP (tipo, estratégia, modelo de desenvolvimento, localização) influenciam o desempenho da empresa.			
<b>Modelo conceitual</b>	<b>Proposições</b>	<b>Teste de significância</b>	<b>Resultado</b>
Proposição 5.1	O nível eficiência dos PIPE é afetado pelo tipo de inovação adotado no desenvolvimento do processo inovativo	teste Qui-Quadrado	Refutado
Proposição 5.2	O nível eficiência dos PIPE é afetado pela estratégia da empresa adotada no desenvolvimento do processo inovativo	teste Qui-Quadrado	Refutado
Proposição 5.3	O nível eficiência dos PIPE é afetado pelo modelo de desenvolvimento no processo inovativo	teste Qui-Quadrado	Refutado
Proposição 5.4	O nível eficiência dos PIPE é afetado pela localização da empresa no desenvolvimento do processo inovativo	teste Qui-Quadrado	Refutado

#### 6.4.6 Análise de eficiência das empresas - validação da hipótese 6

Cada setor de negócios apresenta peculiaridades específicas, as quais devem ser consideradas para que os investimentos empresariais de fato se convertam nas expectativas em relação às taxas de desempenho. Diante disto, os programas governamentais devem considerar as diferenças setoriais para alocar os recursos financeiros, de modo a permitir que cada empresa realize os desenvolvimentos inovativos a que se propõe (LUUKKONEN, 2000).

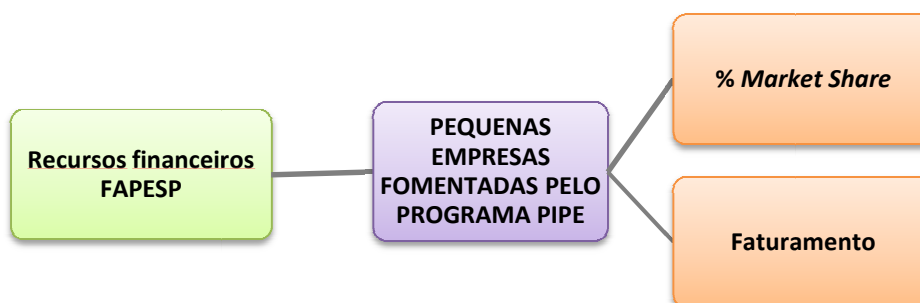
Para esta tese, a amostra composta pelas empresas foi ramificada em cinco setores econômicos: (a) químico e materiais; (b) eletrônico e telecomunicação; (c) saúde; (d) agronegócio; e, (e) aeroespacial. A Tabela 6.39 ilustra a quantidade de empresas estudadas em cada um destes setores.

**Tabela 6.39** – Amostra para avaliação da eficiência dos projetos por setores econômicos

<b>Setores Econômicos</b>	<b>Total de empresas</b>
Químico e materiais	11
Eletrônico e telecomunicação	8
Saúde (biotecnologia, Odontologia, genética)	8
Agronegócio	6
Aeroespacial	7
<b>Total de empresas</b>	<b>40</b>

Com esta estratificação, observa-se que a amostra resulta em poucas empresas por setor, o que se transforma em limitação para a composição das variáveis do modelo de análise. A proposta do presente trabalho é avaliar a eficiência na conversão dos recursos captados da FAPESP em variáveis de faturamento e participação de mercado, pelas empresas. Para validar o nível de significância para as variáveis do modelo, utilizou-se o método *stepwise*, detalhado no anexo G.

Na avaliação da eficiência por setor econômico, o modelo matemático foi definido por uma variável de *input* (quantidade de investimentos obtido junto a FAPESP) e duas variáveis de *output* (*Market Share* e Faturamento), conforme ilustra a Figura 6.17. O DEA foi aplicado para determinar a eficiência total (CCR), a eficiência técnica (BCC) e a eficiência de escala com orientação para o *output*.



**Figura 6.17** – Variáveis DEA para análise de eficiência dos setores econômicos

A partir da definição das variáveis, a Tabela 6.40 apresenta a avaliação de eficiência para os diversos setores econômicos. Dentre as empresas de alta tecnologia, o **setor aeroespacial** obteve a maior eficiência média (0,9249) e, ainda, o menor desvio padrão (0,1358). Este setor se mostrou pouco afetado pelos fenômenos econômicos, contribuindo de maneira marcante para o crescimento da emergente economia do país. Para atuar neste setor, no entanto, é pré-requisito que as empresas cumpram todas as exigências de certificações dos seus procedimentos, o que eleva sobremaneira a qualidade dos produtos/serviços ofertados. Este fato explica o motivo pelo qual 71,4% das empresas estudadas no setor apresentaram eficiência máxima, a maior taxa dentre todos os setores.

Tabela 6.40 – Avaliação de eficiência dos projetos PIPes pelos setores econômicos

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DAS EMPRESAS NOS SETORES ECONÔMICOS										
Tamanho da amostra = 40	Químico e Materiais		Eletrônico e telecomunicação		Saúde		Agronegócio		Aeroespacial	
	11		8		8		6		7	
Análises	CCR Total	BCC Técnica	CCR Total	BCC Técnica	CCR Total	BCC Técnica	CCR Total	BCC Técnica	CCR Total	BCC Técnica
Média	0,4482	0,8052	0,4064	<b>0,5507</b>	0,5729	0,6551	0,3787	<b>0,4067</b>	0,7652	<b>0,9249</b>
Desvio padrão	0,3181	0,3230	0,3889	<b>0,4072</b>	0,3638	0,3751	0,4833	<b>0,4833</b>	0,2604	<b>0,1358</b>
Mínimo	0,079	0,082	0,044	0,051	0,005	<b>0,016</b>	0,016	0,044	0,2921	<b>0,6594</b>
Máximo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Freqüência Eficiência										
1	2 (18,18%)	7 <b>(63,63%)</b>	2 (25%)	3 (37,5%)	2 (25%)	3 (37,5%)	2 (33,3%)	2 (33,3%)	2 (40%)	5 <b>(71,4%)</b>
0.90 – 0.999	0 (0%)	1 (9,09%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (14,2%)	0 (0%)
0.80 – 0.899	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (14,2%)
0.70 – 0.799	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (25%)	2 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (14,2%)	0 (0%)
0.60 – 0.699	1 (9,09%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (40%)	1 (14,2%)
0.50 – 0.599	1 (9,09%)	1 (9,09%)	0 (0%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
0.40 – 0.499	1 (9,09%)	1 (9,09%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Abaixo de 0.399	6 (54,54%)	1 (9,09%)	5 (62,5%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)	4 (66,6%)	4 <b>(66,6%)</b>	1 (14,2%)	0 (0%)

As empresas dos **setores químico e de materiais** atendem nichos específicos, tanto no mercado nacional quanto no mundial. Para que alcancem sucesso comercial, estas empresas enfrentam acirrada concorrência, elevados preços de matéria-prima e exigências dos órgãos reguladores. Estes desafios exigem que os profissionais da área estejam cada vez mais capacitados, profissional e cientificamente. Dada esta configuração, observou-se, para as empresas deste setor, uma eficiência média de 0,8052 e o desvio padrão de 0,3230.

Já a eficiência média do **setor de saúde** foi de 0,6551. Um dos fatores que explica este resultado é que pequenas empresas deste ramo demandam elevadas taxas de investimento sobre as quais o retorno, quando alcançado, vem ao longo prazo. Outro fator importante atribuído ao setor é a necessidade de certificações para comercializar. O tempo decorrido para a obtenção destas no Brasil é demasiadamente lento, podendo levar as empresas a entrarem no chamado “vale da morte”, visto que são obrigadas a manter onerosos quadros de pessoal e despesas correntes, com um fluxo de caixa predominantemente negativo.

Os desafios econômicos são detectados, também, no **setor de agronegócio**, que apresentou a menor taxa de eficiência média 0,4067, com 66,6% das empresas com baixa

eficiência, provavelmente em função do baixo valor econômico agregado dos produtos/serviços.

Por fim, a análise das pequenas empresas de inovação no **setor eletrônico e de telecomunicação** apontou para um índice de eficiência média de 0,5507 atrelado a um alto desvio padrão de 0,4072, que leva à constatação de que o setor apresenta empresas nos dois extremos de eficiência. Este setor é muito afetado pela concorrência estrangeira, sobretudo do mercado asiático.

Seguindo a estratificação das empresas em seus respectivos setores econômicos, a Tabela 6.41 apresenta os resultados da avaliação de escala. O **setor aeroespacial**, mais uma vez, se destacou frente aos demais, com uma eficiência média de escala de 0,8384. Observa-se, no entanto, que quando a análise considera apenas a eficiência de escala mínima, os valores dos setores do agronegócio e da saúde são superiores.

**Tabela 6.41** – Avaliação de eficiência dos projetos PIPEs pelas áreas do conhecimento FAPESP

AVALIAÇÃO DE ESCALA DAS EMPRESAS DO PROGRAMA PIPE					
Eficiência de escala	Químico e Materiais	Eletrônico e telecomunicação	Saúde	Agronegócio	Aeroespacial
Média	<b>0,5792</b>	0,7455	0,7982	0,6994	<b>0,8384</b>
Desvio padrão	0,2888	0,2781	0,2409	<b>0,30736</b>	0,2712
Mínimo	0,2052	<b>0,001</b>	<b>0,3413</b>	<b>0,3719</b>	0,2921
Máximo	1	1	1	1	1
Retorno da escala					
Crescente	<b>4</b> <b>(36,36%)</b>	<b>3</b> <b>(37,5%)</b>	1 (12,5%)	<b>3</b> <b>(50%)</b>	2 (28,57%)
Constante	<b>6</b> <b>(54,54%)</b>	3 (37,5%)	3 (37,5%)	2 (33,3%)	<b>5</b> <b>(71,42%)</b>
Decrescente	1 (9,09%)	2 (25%)	<b>4</b> <b>(50%)</b>	1 (16,66%)	0 (0,0%)

O **setor de agronegócio** merece ainda destaque por concentrar 66,66% da sua amostra com uma eficiência menor que 39,99%. Apesar deste aparente cenário de retração, o setor reúne 50% das suas empresas em uma escala crescente de retorno, fato que revela possibilidades de ampliação setorial.

O estudo do **setor químico e de materiais** indicou a menor taxa de eficiência de escala, porém, com capacidade de expandir a escala de produção para promover maior crescimento, visto que mantém a maioria das suas empresas com um retorno constante ou crescente.

O **setor de eletrônico e telecomunicações** se posiciona exatamente no centro da



classificação quando se considera a média de avaliação de escala, com um valor de 0,7455. Ao se considerar o mínimo, no entanto, o setor se aproxima de 0, fato que deriva uma análise de valores extremos entre as empresas eficientes e ineficientes. Já a análise do retorno de escala aponta que 75% das empresas deste setor classificam-se como crescente ou constante.

O **setor de saúde** tem uma eficiência de escala relativamente alta. Entretanto, o seu maior problema é dispor de uma parcela de 50% das empresas com escala decrescente.

Analisando-se, neste momento, os resultados de uma maneira global, pode-se observar que a maioria dos setores concentra seus retornos de escala entre o crescente e o constante, com exceção do já comentado setor da saúde. De forma prática, e simplesmente do ponto de vista de retorno do investimento, sem considerações sobre estratégias de desenvolvimento, a conversão dos recursos da FAPESP em resultados seria mais efetiva se os investimentos priorizassem o setor aeroespacial, seguido pelo químico e materiais, agronegócio, eletrônico e telecomunicações e, por fim, o da saúde.

Deixando de lado as avaliações de eficiência, partiu-se para a análise do comportamento das variáveis capital FAPESP ( $V_{33}$ ), capital próprio ( $V_{34}$ ), capital de terceiros ( $V_{35}$ ), números de clientes ( $V_9$ ), número de fornecedores ( $V_{10}$ ), idade da empresa ( $V_1$ ), tamanho da empresa ( $V_5$ ), anos de experiência do proprietário ( $V_3$ ), número de concorrentes nacionais ( $V_{24}$ ) e internacionais ( $V_{25}$ ) para os grupos das empresas eficientes e ineficientes, agrupadas em seus respectivos setores econômicos. Por se tratar de 10 variáveis em cada um dos 5 setores, optou-se por destacar na Tabela 6.42 apenas os resultados referentes ao capital investido FAPESP ( $V_{33}$ ) e àquelas variáveis que apresentaram significativas diferenças entre os dois grupos de empresa.

Os resultados do teste estatístico Mann–Whitney para a variável Capital FAPESP apontaram que as aparentes diferenças observadas entre as médias de investimentos recebidos pelas empresas eficientes e pelas ineficientes de todos os 5 setores econômicos não são significativas. Isto posto, conclui-se que a maior ou menor quantidade de recursos obtidos pela empresa junto à instituição não permite afirmar o quão eficiente ela será.

No setor Químico e Materiais, observou-se que as empresas eficientes contam significativamente com mais clientes em média do que as ineficientes. Para as empresas da Saúde, identificou-se que as 3 eficientes são em média mais velhas. Todas as outras empresas dos setores Eletrônico e Telecomunicação, Agronegócio e Aeroespacial não apresentaram diferença significativa entre os dois grupos, para as variáveis estudadas.

**Tabela 6.42** – Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 6

Setor Econômico Total = 40 empresas	Variável		Grupo das eficientes	Grupo das ineficientes	U	Z	
<b>Químico e Materiais</b> $n_{GE}=7$ $n_{GI}=4$	Capital FAPESP	Média	384506,12	294204,05	12,0	-0,283	
		DP	342963,25	146405,4			
	$\rho= 0,7768$						
	Números de clientes	Média	18,71	3,75	6,00	-1,417	
		DP	44,69	1,46			
	$\rho= 0,09^*$						
<b>Saúde</b> $n_{GE}=3$ $n_{GI}=5$	Capital FAPESP	Média	396042,3	603781,8	7,00	0,00	
		DP	150211,3	443102,6			
	$\rho=1,00$						
	Idade da empresa	Média	27	12,2	0,500	-1,937	
		DP	5,29	8,22			
	$\rho= 0,05^{**}$						
	Número de fornecedores	Média	0	3,4	1,500	1,75	
		DP	0	3,13			
	$\rho= 0,0785^*$						
	<b>Eletrônico e telecomunicação</b> $n_{GE}=3$ $n_{GI}=5$	Capital FAPESP	Média	467166,1	342674,7	5,00	0,5962
DP			647086,2	173506			
$\rho=0,5509$							
<b>Agronegócio</b> $n_{GE}=2$ $n_{GI}=4$	Capital FAPESP	Média	228061,49	320155,18	2,00	-0,6943	
		DP	134944,88	103950,72			
	$\rho= 0,4874$						
<b>Aeroespacial</b> $n_{GE}=5$ $n_{GI}=2$	Capital FAPESP	Média	466624,60	327941	5,00	-0,19	
		DP	348836,6	114008,4			
	$\rho=0,8464$						

Nota:  $n_{GE}$ =número de empresas eficientes e  $n_{GI}$ =número de empresas ineficientes

\* = nível de significância  $\alpha= 0,10$ ; \*\* = nível de significância  $\alpha= 0,05$ ;\*\*\*= nível de significância  $\alpha=0,01$

A Tabela 6.43 apresenta a hipótese 6 e o respectivo desmembramento nas variáveis Capital FAPESP e Gerais de gestão da empresa, relacionadas com as 8 demais variáveis analisadas nesta etapa. Para a validação conceitual, considerou-se os resultados dos testes estatísticos aplicados para as nove variáveis em cada um dos cinco setores.

Diante dos resultados, pode-se concluir que o montante do capital investido pela FAPESP na pequena empresa de base tecnológica não influenciou significativamente de maneira positiva a sua eficiência. Em outras palavras, as empresas que receberam mais dinheiro da instituição não foram, necessariamente, mais eficientes do que as que receberam menos. Com isto, **rejeita-se** a hipótese conceitual 6.

**Tabela 6.43** – Análise da hipótese 6 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 6</b> - O montante do capital investido pela FAPESP e variáveis gerais na gestão da pequena empresa de base tecnológica influenciou positivamente a sua eficiência, independentemente do setor em que atua.		
<b>Setor econômico</b>	<b>Formulações das proposições</b>	<b>Validação conceitual</b>
<b>Químico e Materiais</b>	O número de clientes da empresa influencia, de maneira positiva, a eficiência das pequenas empresas com apoio da FAPESP	Confirmada
	O capital FAPESP investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente a eficiência	Refutada
<b>Saúde</b>	A idade da empresa influencia, de maneira positiva, a eficiência das pequenas empresas com apoio da FAPESP	Confirmada
	O número de fornecedores influencia, de maneira positiva, a eficiência das pequenas empresas com apoio da FAPESP	Confirmada
	O capital FAPESP investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente a eficiência	Refutada
<b>Eletrônico e telecomunicação</b>	O capital FAPESP investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente a eficiência	Refutada
<b>Agronegócio</b>	O capital FAPESP investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente a eficiência	Refutada
<b>Aeroespacial</b>	O capital FAPESP investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente na eficiência	Refutada

### 6.5. Etapa 5 - Análise DEA para projetos PIPE e empresas da Fase III (ou PAPPE)

A quinta etapa deste trabalho tem como objetivo determinar a eficiência das empresas do PIPE III por meio da Análise Envoltória de Dados. Busca-se avaliar o perfil do nível de comercialização atrelado ao processo produtivo inovativo entre os anos de 2007 e 2009. A investigação é estratificada em duas análises:

- (a) avaliar a eficiência das empresas do PIPE III, com as variáveis de *input* e *output* descritas no capítulo do método, utilizando os modelos clássicos de CCR e BCC, para os enfoques de projetos e empresas; e,
- (b) avaliar a eficiência pelo Índice *Malmquist* para determinar o nível de desempenho tecnológico.

#### 6.5.1 Análise de eficiência sob a perspectiva dos projetos e empresas da fase III (PAPPE) para validação da hipótese 7

O universo de empresas que foram contempladas com a fase III do PIPE, ou PAPPE, é

formado por apenas 20 observações. Tais empresas receberam este incentivo extra no ano de 2004 para promoverem o aumento da produção e a conseqüente comercialização em escala dos produtos desenvolvidos nas fases I e II do projeto.

Para este estudo, a amostra foi composta por 18 projetos, uma vez que mesmo a pesquisadora visitando 19 empresas, uma delas se recusou a fornecer os dados necessários para a análise. A vigésima firma não chegou a ser visitada, pois havia sido fechada e os seus responsáveis não retornaram o contato. Desta maneira, as duas empresas foram excluídas da análise.

Os modelos matemáticos adotados neste trabalho foram o CCR e o BCC orientado para o *output* com quatro variáveis de entrada (*inputs*) e duas variáveis de saída (*outputs*), atendendo, assim, ao tamanho de variáveis necessárias pelas recomendações de Dyson *et al.* (2001), conforme ilustra a Figura 6.18.



**Figura 6.18** – Variáveis DEA para análise de eficiência dos projetos PIPE 3

Na segunda perspectiva da avaliação de eficiência, as empresas fomentadas pelo programa PIPE na fase III (ou PAPPE) foram avaliadas com cinco variáveis: três variáveis de entrada e duas variáveis de saída pelo modelo BCC orientado para o *output*. A quantidade de variáveis atende a recomendação formulada pelos autores Dyson *et al.* (2001). A função desta análise foi avaliar a taxa de eficiência relativa da transformação dos recursos obtidos em variáveis de saída, que no caso foram *Market Share* e faturamento para o cenário de 2009, conforme a Figura 6.19.



**Figura 6.19** – Variáveis DEA para análise de eficiência das empresas do PIPE 3

A Tabela 6.44 apresenta a taxa de eficiência dos projetos e empresas do programa PIPE na fase III. No âmbito dos projetos, a distribuição de eficiência permaneceu concentrada abaixo de 0,399 com 61,11% da amostra pelo modelo CCR. Isso significa que a maioria dos projetos da fase III são francamente direcionados para o mercado, pois não focalizam resultados científicos por meio de patentes e artigos científicos.

**Tabela 6.44** – Avaliação de eficiência para os projetos governamentais PIPE em duas perspectivas por projeto e por empresa

Avaliação dos projetos PIPE III (Pappe)			Avaliação das empresas PIPE III (Pappe)	
Análises	CCR (total)	BCC (técnica)	CCR (total)	BCC (técnica)
Média	0,3690	0,7059	0,6081	0,7030
Desvio padrão	0,3847	0,4172	0,3578	0,3627
Mínimo	0,04	0,04	0,039	0,047
Máximo	1,00	1,00	1,00	1,00
Frequência tx. Eficiência				
1	2 (11,11%)	<b>10</b> <b>(55,55%)</b>	<b>6</b> (27,77%)	<b>9</b> <b>(50,00%)</b>
0.90– 0.999	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (5,55%)	0 (0,00%)
0.80– 0.899	1 (5,55%)	1 (5,55%)	0 (0,00%)	1 (5,55%)
0.70– 0.799	2 (11,11%)	1 (5,55%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
0.60– 0.699	0 (0,00%)	1 (5,55%)	1 (5,55%)	1 (5,55%)
0.50– 0.599	0 (0,00%)	0 (0,00%)	3 (16,66%)	2 (11,110%)
0.40– 0.499	1 (5,55%)	0 (0,00%)	2 (11,110%)	1 (5,55%)
Abaixo 0.399	<b>11</b> <b>(61,11%)</b>	5 (27,77%)	<b>5</b> <b>(27,77%)</b>	<b>4</b> <b>(22,22%)</b>
Total da amostra	18	18	18	18

Com o resultado da taxa de eficiência dos modelos CCR e BCC, foi possível calcular a eficiência de escala para os projetos e as empresas do PIPE 3 (PAPPE). No âmbito do projeto, a eficiência de escala média foi de 0,5834 (Tabela 6.44). Este resultado aponta que os projetos apresentam um enfoque mais comercial, ficando o âmbito científico (patentes e artigos) comprometido. A Tabela 6.45 mostra que 2 projetos apresentaram retorno crescente de escala, enquanto 10 apresentaram retorno constante e 6 retorno decrescente.

**Tabela 6.45** – Análise de eficiência de escala para os projetos e empresa do PIPE

Avaliação de eficiência dos projetos PIPE III (PAPPE) = 18 PROJETOS		Avaliação de eficiência das empresas PIPE III (PAPPE) = 18 EMPRESAS
Eficiência de escala	Eficiência de escala	Eficiência de escala
Média	0,5834	0,81
Desvio padrão	0,3778	0,2226
Mínimo	0,0005	0,37
Máximo	1	1,00
Frequência		
Retorno crescente de escala	2	11
Retorno constante de escala	10	5
Retorno decrescente de escala	6	2

Por outro lado, aos resultados da eficiência de escala, no âmbito das empresas, apresentaram média 0,81, com 11 projeto em retorno crescente, 5 em retorno constante e apenas 2 em retorno decrescente, o que comprova o direcionamento do PAPPE para comercialização dos produtos.

A Tabela 6.46 apresenta um comparativo da taxa de eficiência obtida entre todas as DMUs dos projetos para os modelos CCR, BCC e super-eficiência CCR. Neste caso, o modelo de super-eficiência identifica as DMUs mais eficientes perante as demais da análise. Três DMUs (DMU<sub>12</sub>; DMU<sub>15</sub>; DMU<sub>18</sub>) apresentaram comportamento superior ao da amostra.

**Tabela 6.46** – Ranking para os três modelos de cálculo de eficiência sob a perspectiva de projetos

AVALIAÇÃO DOS PROJETOS PIPE 3							
DMU	CRR	BCC	Super-eficiência CCR	DMU	CCR	BCC	Super-eficiência CCR
1	0,750	0,853	0,775	10	0,230	1	0,296
2	0,990	1	0,189	11	0,050	1	0,048
3	0,470	0,684	0,510	12	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1,382</b>
4	0,450	0,624	0,088	13	0,271	0,307	0,293
5	0,740	1	0,778	14	0,07	1	0,062
6	0,750	0,796	0,778	15	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>13,419</b>
7	0,060	0,070	0,056	16	0,378	1	0,436
8	0,070	0,120	0,071	17	0,04	0,04	0,036
9	0,886	1	0,980	18	<b>0,124</b>	<b>1</b>	<b>1,183</b>

Para avaliar o nível de eficiência pelo modelo de super-eficiência, a Tabela 6.47 apresenta oito empresas (DMU<sub>1</sub>; DMU<sub>4</sub>; DMU<sub>7</sub>; DMU<sub>9</sub>; DMU<sub>10</sub>; DMU<sub>11</sub>; DMU<sub>12</sub>; DMU<sub>18</sub>) que excederam o nível de eficiência. Convém ressaltar, também, que estas empresas registraram uma taxa de eficiência de 100% em ambos os modelos, CCR e BCC, exceto a DMU<sub>18</sub> que foi ineficiente no modelo CCR e, por retirar os fatores de escala, passou a ser eficiente no modelo BCC. Também, a DMU<sub>2</sub> foi ineficiente em ambos os modelos, passando a ser eficiente apenas no de super-eficiência. Dado este contexto, as eficiências das unidades citadas foram influenciadas pelo desempenho das demais unidades formadas pela combinação linear.

**Tabela 6.47** – Ranking para os três modelos de cálculo de eficiência sob a perspectiva das empresas

AVALIAÇÃO DAS EMPRESAS PIPE 3							
DMU	CRR	BCC	Super-eficiência <sub>CCR</sub>	DMU	CCR	BCC	Super-eficiência <sub>CCR</sub>
1	1	1	<b>1,6281</b>	10	1	1	<b>4,4237</b>
2	0,4402	0,6794	<b>1,5393</b>	11	0,9837	1	<b>3,9096</b>
3	0,1292	0,1447	0,1291	12	1	1	<b>5,8555</b>
4	1	1	<b>2,3611</b>	13	0,6725	0,8475	0,6750
5	0,5165	0,5537	0,5165	14	0,3683	1	0,5637
6	0,2740	0,2783	0,2740	15	0,571	0,0682	0,0570
7	1	1	<b>1,5502</b>	16	0,392	0,0477	0,0392
8	0,5011	0,5701	0,5011	17	0,4368	0,4643	0,4368
9	1	1	<b>7,4943</b>	18	0,567	1	<b>1,0938</b>

As DMU<sub>9</sub>, DMU<sub>10</sub>, DMU<sub>11</sub>, DMU<sub>12</sub> merecem destaque por terem ultrapassado muito a taxa de eficiência, em especial a empresa a que se refere a DMU<sub>9</sub>. Em síntese, as empresas fomentadas pelo programa PIPE apresentaram uma eficiência média de 0,6081 no modelo CCR e 0,7030 no modelo BCC. Com o modelo da super-eficiência, a eficiência média das empresas passou a ser 1,8360, mas o desvio padrão neste grupo foi alto - 2,17 - em relação ao dos demais modelos, conforme ilustra a Tabela 6.48.

**Tabela 6.48** – Estatística descritiva dos resultados de eficiência das empresas do PIPE III

Avaliação das empresas PIPE III (Pappe)			
Análises	CCR (total)	BCC (técnica)	Super-eficiência
Média	0,6081	0,7030	1,8360
Desvio padrão	0,3578	0,3627	2,17
Mínimo	0,0392	0,0477	0,392
Máximo	1	1	7,49

As análises de eficiência aplicadas, tanto aos projetos quanto às empresas, permitiram segregações em grupos de eficientes e ineficientes. Para os 18 projetos, 10 foram considerados eficientes e 8 ineficientes, ao passo que para as empresas, o resultado foi 9 e 9, respectivamente. A separação de ambos os objetos de estudo, nestes dois grupos, foi importante para observar se as variáveis se comportam de maneira similar ou diferente, permitindo a formulação das proposições da Tabela 6.49.

**Tabela 6.49** – O desmembramento da hipótese 7 com as respectivas proposições formuladas

<b>Hipótese 7 - Formulação das proposições</b>		
<b>Proposição 7.1</b>	H <sub>0</sub>	Em média, os recursos financeiros investidos não determinam o grupo das empresas eficientes e ineficientes na fase III do programa PIPE
	H <sub>a</sub>	Em média, os recursos financeiros investidos determinam o grupo das empresas eficientes e ineficientes na fase II do programa PIPE
<b>Proposição 7.2</b>	H <sub>0</sub>	Em média, os recursos organizacionais (fatores técnicos e locacionais) não determinam o grupo das empresas eficientes e ineficientes na fase III do programa PIPE
	H <sub>a</sub>	Em média, os recursos organizacionais (fatores técnicos e locacionais) determinam o grupo das empresas eficientes e ineficientes na fase III do programa PIPE

Estabelecidas as proposições, partiu-se para a análise estatística das variáveis com o intuito de identificar diferenças significativas entre as médias dos dois grupos. Com base na Tabela 6.50, observou-se que o tamanho médio da equipe de P&D dos eficientes é superior ao dos ineficientes. Por outro lado, estes últimos receberam apoio de coordenadores com mais tempo de experiência. A média da variável capital FAPESP não apresentou diferença significativa, também para os projetos do PIPE 3.

**Tabela 6.50** – Resultado do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 7

	Variável		Grupo eficiente	Grupo ineficiente	U	Z	
<b>Projetos GE=10 GI=8</b>	Tamanho da equipe P&D	Média	6,9	6,6	20,50	1,688	
		DP	2,20	8,26			
	$\rho = 0,0913^*$						
	Experiência do coordenador	Média	18	26,87	16,00	2,088	
		DP	7,25	6,55			
	$\rho = 0,0367^{**}$						
Capital FAPESP	Média	721888,3	810166,5	33,00	0,577		
	DP	161444,7	130650,9				
$\rho = 0,5635$							
<b>Empresa GE=9 GI=9</b>	Número de clientes	Média	2,77	1,28	22,50	1,54	
		DP	1	3,40			
	$\rho = 0,0321^{**}$						

Nota: \* = nível de significância  $\alpha = 0,10$ ; \*\* = nível de significância  $\alpha = 0,05$



Já quanto às empresas, constatou-se que apenas a variável número de clientes apresenta diferença relevante para os grupos. As organizações eficientes contam com mais clientes em suas carteiras, fato que, de certa forma, facilita a comercialização.

Diante dos resultados obtidos por meio dos testes de significância estatística, chegou-se à validação das proposições sintetizadas na Tabela 6.51.

**Tabela 6.51** – Análise do teste estatístico Mann–Whitney para hipótese 7

**Hipótese 7 (H<sub>7</sub>)** - Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente o desempenho das firmas eficientes

Modelo conceitual	Proposição	Teste de significância	Resultado
Proposição 7.1	O nível eficiência das empresas do PIPE III é influenciado pelos investimentos no processo de comercialização	teste de Mann-Whitney	Refutada
Proposição 7.2	O nível eficiência das empresas do PIPE III é influenciado pelos recursos organizacionais disponíveis para realizar o processo de comercialização	teste de Mann-Whitney	Confirmada

Referente aos recursos organizacionais, a proposição 7.2 foi confirmada, visto que os grupos das empresas eficientes e ineficientes consomem distintas taxas de recursos. Por outro lado, recursos financeiros com variação de montante respondem com comportamento homogêneo para as empresas do PIPE III. Dessa maneira, a proposição 7.1 é refutada

### 6.5.2. Análise de eficiência com a integração do DEA-Índice *Malmquist* na validação das hipóteses 8

O índice *Malmquist* foi calculado para determinar a variação da tecnologia ao longo do tempo, após a obtenção do recurso financeiro FAPESP. Com base em Romer (2002), a tecnologia tem uma influência significativa no potencial do crescimento econômico detectado por meio da função produção.

É importante ressaltar que as empresas contempladas com o PIPE III receberam o fomento em 2004 (BRITO CRUZ, 2004) e que as análises aqui desenvolvidas avaliaram os ganhos de tecnologia e eficiência técnica para o triênio de 2007, 2008 e 2009. Desta forma, as empresa foram submetidas às mesmas condições, pois tiveram mais de dois anos para alcançar a produção em escala, antes de serem avaliadas.

Conforme mencionado no referencial bibliográfico, existem dois procedimentos para calcular estas distâncias (FARE *et al.*,1994; CAMANHO; DYSON, 2006; LIU; WANG, 2008). Neste trabalho, as distâncias foram mensuradas pelo procedimento do *DEA-Malmquist* com o modelo matemático BCC orientado ao *output*.

A decomposição do índice de produtividade *Malmquist* foi calculada para os anos de 2007, 2008 e 2009, sendo que o ano 2007 foi determinado como ano base para realizar a análise e, assim, avaliar a evolução nos períodos. Como um procedimento anterior ao cálculo do *Malmquist*, as distâncias foram mensuradas para cada período, conforme a Tabela 6.52.

**Tabela 6.52** – Distâncias relativas às fronteiras de eficiência para o período de 2007-2009

<b>AVALIAÇÃO DAS EMPRESAS PIPE 3 2007-2008</b>									
DMU	$D_0(x^0, y^0)$	$D_0(x^T, y^T)$	$D_T(x^0, y^0)$	$D_T(x^T, y^T)$	DMU	$D_0(x^0, y^0)$	$D_0(x^T, y)$	$D_T(x^0, y^0)$	$D_T(x^T, y)$
1	52,56	83,5	0,951	2,395	10	100	100	0,57	0,999
2	6,05	47,83	0,852	17,04	11	0,13	100	0,006	200
3	25,16	19,64	4,183	4,837	12	100	100	0,285	1,449
4	100	100	0,495	2	13	100	100	0,327	1,510
5	100	100	0,8253	1,111	14	100	100	0,6	0,45
6	19,24	28,26	1,859	5,425	15	10,52	10,1	7,635	10,365
7	98,82	100	0,337	2,913	16	3,85	9,26	8,832	26,56
8	60,46	91,52	0,989	1,821	17	46,43	46,74	0,012	3,821
9	100	100	0,333	1,333	18	100	100	0,1	0,833
<b>AVALIAÇÃO DAS EMPRESAS PIPE 3 2007-2009</b>									
DMU	$D_0(x^0, y^0)$	$D_0(x^T, y^T)$	$D_T(x^0, y^0)$	$D_T(x^T, y^T)$	DMU	$D_0(x^0, y^0)$	$D_0(x^T, y)$	$D_T(x^0, y^0)$	$D_T(x^T, y)$
1	52,56	75,1	0,317	5,577	10	100	26,29	0,3783	1,544
2	6,05	23,04	0,340	24,410	11	0,13	22,17	0,198	400
3	25,16	17,5	2,408	11,898	12	100	100	0,2	2,631
4	100	10,18	0,095	3,284	13	100	41,3	0,137	1,825
5	100	25,64	0,760	2,149	14	100	52,46	0,3	0,3
6	19,24	57,69	0,920	9,323	15	10,52	100	4,440	19,87
7	98,82	8,98	0,202	4,912	16	3,85	59,5	5,773	53,333
8	60,46	100	0,818	3,508	17	46,43	4,9	0,613	5,945
9	100	100	0,2	2	18	100	100	0,05	0,833

A Tabela 6.53 apresenta a decomposição do índice *Malmquist* em relação às variações ocorridas pelas alterações de eficiência (AE) e alterações tecnológicas (AT) para as empresas pertencentes ao programa de inovação tecnológica nos períodos de 2007-2008. Houve aumento de produtividade em relação ao período anterior quando o índice é maior que um.

**Tabela 6.53** – Índice *Malmquist*, alterações tecnológicas e alterações de eficiência para o período de 2007-2008

DECOMPOSIÇÃO DO ÍNDICE MALQUIST DAS EMPRESAS PIPE 3 - 2007-2008							
DMU	Eficiência Tecnológica	Eficiência Técnica	Índice <i>Malmquist</i>	DMU	Eficiência Tecnológica	Eficiência Técnica	Índice <i>Malmquist</i>
1	0,499	<b>1,588</b>	0,794	10	0,755	1	0,755
2	0,079	<b>7,905</b>	0,628	11	0,0002	<b>769,23</b>	0,162
3	<b>1,052</b>	0,780	0,821	12	0,444	1	0,444
4	0,497	<b>1</b>	0,497	13	0,465	1	0,465
5	0,861	<b>1</b>	0,861	14	<b>1,154</b>	1	<b>1,154</b>
6	0,483	<b>1,468</b>	0,709	15	0,875	0,960	0,840
7	0,338	<b>1,011</b>	0,342	16	0,371	<b>2,405</b>	0,894
8	0,599	<b>1,513</b>	0,907	17	0,056	<b>1,006</b>	0,056
9	0,5	1	0,5	18	0,346	1	0,346

As empresas apresentaram um comportamento mais representativo em relação aos ganhos ocorridos pelas alterações de eficiência. Em oito empresas (DMU<sub>1</sub>; DMU<sub>2</sub>; DMU<sub>6</sub>; DMU<sub>7</sub>; DMU<sub>8</sub>, DMU<sub>11</sub>; DMU<sub>16</sub> e DMU<sub>17</sub>), a taxa de eficiência dessas alterações foi superior ao conjunto analisado.

A DMU<sub>11</sub> teve seu resultado prejudicado por apresentar-se muito fora do padrão das outras unidades do grupo. Não se conseguiu, no entanto, encontrar a causa para este comportamento o que resultou na desconsideração daquele resultado para estas análises. A DMU<sub>2</sub> obteve, dentre as restantes unidades, uma maior eficiência em 2008, se comparado com o próprio desempenho em 2007. A relação causal para este desempenho pode ser relacionada ao montante alocado em gastos com treinamento dos funcionários, 7% no faturamento da empresa, decorrente dos processos de certificações em qualidade para adaptar-se às exigências de mercado. Ainda, neste período de 2007-2008, as demais unidades apresentaram um comportamento com relativo grau de homogeneidade, pois mantiveram patamares próximos de ganho em eficiência.

Por outro lado, apenas duas empresas (DMU<sub>3</sub>; DMU<sub>14</sub>) apresentaram bom desempenho no que diz respeito aos impactos resultantes de mudanças tecnológicas. A característica comum entre estas empresas, e que pode ser considerada para explicar o desempenho, é a taxa de investimentos alocados em equipamentos representada, em média, por 55% dos investimentos FAPESP obtidos.

Sobre o índice *Malmquist*, a DMU<sub>14</sub> foi a única empresa que obteve uma produtividade superior em relação ao período anterior (1,154). De uma maneira geral, em relação ao índice *Malmquist*, o valor médio para o conjunto analisado foi de 0,6208, com um desvio padrão de 0,288.

A Tabela 6.54 apresenta o índice *Malmquist* e as variações ocorridas em eficiência e tecnologia para o período de 2007 a 2009. Nas alterações tecnológicas, as empresas (DMU<sub>5</sub>; DMU<sub>14</sub>) apresentaram uma evolução em relação ao período anterior. A DMU<sub>14</sub> expressa um aumento superior em relação à análise anterior (2007-2008) com um incremento de 1,38 nos resultados, em função de alterações tecnológicas.

**Tabela 6.54** – Índice *Malmquist*, alterações tecnológicas e alterações de eficiência para o período de 2007-2009

DECOMPOSIÇÃO DO ÍNDICE MALQUIST DAS EMPRESAS PIPE 3 - 2007-2009							
DMU	Eficiência Tecnológica	Eficiência Técnica	Índice <i>Malmquist</i>	DMU	Eficiência Tecnológica	Eficiência Técnica	Índice <i>Malmquist</i>
1	0,199	<b>1,428</b>	0,285	10	0,965	0,262	0,253
2	0,060	<b>3,808</b>	0,230	11	0,001	<b>170,53</b>	0,291
3	0,539	0,695	0,375	12	0,275	1	0,275
4	0,534	0,101	0,054	13	0,427	0,413	0,176
5	<b>1,174</b>	0,256	0,301	14	<b>1,380</b>	0,524	0,724
6	0,181	<b>2,998</b>	0,543	15	0,153	<b>9,505</b>	<b>1,457</b>
7	0,673	0,090	0,061	16	0,083	<b>15,454</b>	<b>1,293</b>
8	0,375	<b>1,653</b>	0,621	17	0,988	0,105	0,104
9	0,316	1	0,316	18	0,244	1	0,244

Em contrapartida, os índices de eficiência decorrentes dos fatores técnicos diminuíram em relação ao período de 2007-2008, fato que influenciou o desempenho do índice *Malmquist*, que, para o período de 2007-2009, registrou valor médio de 0,4223, com um desvio padrão de 0,389.

Numa visão mais aproximada da empresa referente a DMU<sub>14</sub> pode-se dizer que ela atua no segmento de eletrônica, o qual vem sendo demasiadamente afetado nos últimos dois anos com a comercialização dos produtos importados, sobretudo os asiáticos, no mercado interno. Apesar de ter considerado a flexibilidade como um diferencial estratégico, que poderia atenuar os efeitos da concorrência asiática, a empresa teve o desempenho em eficiência técnica seriamente comprometido e aponta, como uma das causas mais importantes, a insuficiência de investimentos para treinamento dos funcionários.

Quanto à eficiência técnica, sete empresas (DMU<sub>1</sub>; DMU<sub>2</sub>; DMU<sub>6</sub>; DMU<sub>8</sub>; DMU<sub>11</sub>; DMU<sub>15</sub>; DMU<sub>16</sub>) manifestaram ganhos. Enquanto isso, para o índice *Malmquist*, duas empresas (DMU<sub>15</sub>; DMU<sub>16</sub>) conseguiram obter índice superior a 1.

A partir dos resultados obtidos para os períodos de 2007-2008 e 2007-2009, é possível concluir que a produtividade – índice *Malmquist* – foi negativamente influenciada pela eficiência tecnológica, para a maioria das empresas analisadas. Por outro lado, foi possível perceber que estas mesmas empresas tiveram bom desempenho em eficiência técnica, porém

não o suficiente para compensar as decorrências da ineficiência inovativa.

O conceito de tecnologia empregado, sobretudo no Índice *Malmquist*, depende das variáveis de *output* (*market share* e faturamento) adotadas no modelo conceitual desenvolvido para avaliar as empresas. Para a validação desta hipótese utilizou-se uma regressão linear simples entre a variação da tecnologia e os investimentos Fapesp para os dois períodos estudados, adotando procedimentos embasados na literatura do DEA (CHEN; ALI, 2004).

Considerando que o grupo de empresas analisadas, de uma maneira geral, apresenta um comportamento homogêneo com relação aos índices de eficiência – tanto técnica como inovativa - é possível inferir que existam razões exógenas ao modelo proposto, linear a todas as empresas, que possam ser causadores ou, no mínimo, ter responsabilidade sobre estes resultados. Uma possível causa é a crise econômica de 2008, ano central do presente estudo, que pode ter interferido e alterado o curso dos resultados esperados. O presente trabalho não tratou de considerar influências exógenas como, por exemplo, contração mundial de demanda, aumento de taxas de juros e alterações cambiais.

Outra questão é relacionada a idade do programa PIPE, em especial o PIPE III, com apenas 3 anos. O período disponível para análise (2007 a 2009) pode não contemplar tempo suficiente para maturação das tecnologias desenvolvidas e o processo de transformação dos investimentos em resultados do tipo faturamento e *market share* pode estar ainda em desenvolvimento. Complementando esta análise, Chen *et al.*(2006) obtiveram resultados similares e concluem que as pequenas empresas precisam desenvolver um plano de expansão para aumentar a taxa de eficiência.

Por fim, é possível concluir que a simples presença do capital proveniente do PIPE, não é suficiente para que a empresa atinja sucesso. Também é necessário que os empresários disponibilizem ou captem no mercado recursos para serem investimentos em suas firmas. Diante dos resultados obtidos, presume-se que a influencia isolada do capital FAPESP contribui de maneira restrita para o crescimento das empresas, no curto prazo, o que ressalta a importância de novas análises, com uma amostra maior, ao longo do tempo para atenuar a influência das variáveis macroeconômica no ambiente inovativo.



## CONCLUSÕES

O presente trabalho delineou, inicialmente, o modelo conceitual de investigação sobre o tema de pesquisa composto por oito hipóteses. As hipóteses foram estabelecidas numa sequência, de maneira a criar uma estrutura de investigação que norteou todo o procedimento de avaliação de eficiência do Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (PIPE), da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

A sustentação teórica apresentou os principais elementos conceituais que circunscrevem o objeto de pesquisa, em especial os assuntos relacionados aos programas governamentais destinados ao avanço tecnológico das pequenas empresas. Foi notória a incipiente literatura, tanto em nível nacional quanto internacional, sobre este assunto, sobretudo no que se refere à presença de parâmetros quantitativos. O passo seguinte foi a fundamentação do DEA, técnica utilizada na avaliação da eficiência dos projetos desenvolvidos por pequenas empresas fomentadas pelo fundo governamental.

Os elementos teóricos, resultantes da revisão bibliográfica, foram confrontados com as informações obtidas a partir da análise dos dados da pesquisa empírica, sob seis dimensões: empresa, colaboração, finanças, mercado, produção e difusão – o que gerou uma quantidade importante de informações sobre a forma de condução dos projetos, pelas empresas, assim como práticas eficientes e dificuldades no desenvolvimento de inovação tecnológica por elas vivenciadas.

As três primeiras hipóteses avaliaram a capacidade dos projetos na produção de conhecimento científico, geração de patentes e redução de tempo de desenvolvimento.

A Hipótese 1 - *O montante de capital investido no fomento inovativo às pequenas empresas diferenciam positivamente a eficiência do projeto* - teve sua análise balizada na influência que as três fontes de capital: público, próprio e de terceiros, apresentaram no desempenho dos projetos. A conclusão foi que o grupo de projetos ineficientes consumiu mais recursos das três fontes analisadas, o que significa que a quantidade de recursos não está diretamente relacionada com a eficácia dos projetos em transformar conhecimento, refletido em publicações e patentes e, tampouco, está relacionada com a redução no tempo do desenvolvimento.

Na Hipótese 2 - *Os fatores técnicos e locacionais influenciam, de maneira positiva, a eficiência dos projetos inovativos realizados pelas pequenas empresas com apoio da FAPESP* - verificou-se que os projetos com eficiência máxima foram influenciados pela idade dos mesmos e pelo tamanho da empresa. Com isso, comprovou-se que os projetos necessitam de

adequada infra-estrutura, a qual, na maioria dos casos, só é encontrada em empresas com maior nível de consolidação no mercado. Os anos de experiência do coordenador também figuraram como elementos significativos, porém, a titulação acadêmica do coordenador não se apresentou como variável importante para os resultados dos projetos analisados.

A Hipótese 3 - *Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas influenciaram positivamente as diferentes áreas do conhecimento* – mostra que a distribuição dos recursos financeiros ao longo do tempo (1997-2008) apresentou oscilações entre os períodos, que puderam ser traduzidas em picos de recursos para alguns editais. A consequência disto foi a geração de taxas heterogêneas de investimento para as diferentes áreas de conhecimento. Da mesma maneira, as áreas de conhecimento respondem de forma heterogênea, com relação ao nível de eficiência dos projetos em produzir conhecimento e patentes. As Ciências Agrárias e Ciências Exatas e da Terra destacam-se em eficiência média, enquanto a Engenharia apresenta a pior média e o maior percentual de retorno decrescente de escala. No entanto, a área de Engenharia prevalece sobre as outras tanto no que diz respeito ao número de projetos aprovados como relacionado ao montante investido, em média, por projeto. As diferenças podem ser justificadas pelas peculiaridades inerentes a cada área, visto que os parâmetros inovativos representados pelas variáveis de *output* - patentes e número de publicações - não são prioridade em todos os projetos desta natureza.

As hipóteses quatro a seis são relacionadas ao desempenho das empresas em, a partir do desenvolvimento dos projetos financiados, obter aumento no faturamento e ganhar *market share*.

A análise da Hipótese 4 - *Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas contribuiriam positivamente para o desempenho financeiro das empresas* – confirma que a destinação de recursos FAPESP para comunicação afeta positivamente o resultado da empresa, enquanto que o número de projetos aprovados pela empresa não está diretamente relacionado com a eficiência em transformar recursos FAPESP em faturamento e mercado. Contribuição importante também, para aumento de faturamento e ganho de mercado, é o recurso destinado à participação em feiras e eventos relacionados com a atividade da empresa.

O processo de verificação da Hipótese 5 - *As características qualitativas da inovação tecnológica financiada pela FAPESP (tipo, estratégia, modelo de desenvolvimento, localização) influenciam o desempenho da empresa* – indicou que, de uma maneira geral, ocorrem diferenças pouco significativas entre as contagens esperadas e as observadas para as quatro variáveis testadas pelo Qui-Quadrado. Isso significa que, do ponto de vista estatístico,



deve-se concluir que as características da inovação – tipo, estratégia, modelo de desenvolvimento e localização – não interferem no *ranking* da eficiência das empresas pesquisadas. Para este trabalho, no entanto, a opção foi considerar inconclusiva esta questão e sugerir a realização de outros testes, num trabalho específico de exploração desta hipótese.

A hipótese 6 - *O montante do capital investido pela FAPESP e variáveis gerais na gestão da pequena empresa de base tecnológica influenciou positivamente a sua eficiência, independentemente do setor em que atua* - manifesta diferentes taxas de eficiência média para os vários setores econômicos. O setor aeroespacial apresentou a maior eficiência média, o que pode ser explicado pelas exigências a que essas empresas são submetidas, devido aos procedimentos de certificação. Por outro lado, o setor de agronegócio tem o pior desempenho, provavelmente devido ao baixo valor agregado dos produtos e serviços. Na avaliação de escala, o setor aeroespacial também é o destaque, com todas as empresas operando em retorno constante ou crescente de escala, seguido do setor químico e de materiais, em que mais de 90% das empresas também se encontram nesta condição. A análise de eficiência, mesmo relativa, pode ser utilizada para definição de níveis de risco do investimento em inovação tecnológica para os setores das pequenas empresas, níveis estes que poderão ter importante papel na busca por parceiros no financiamento inovativo. Em função dessas medidas, apoio de outras fontes de capital de risco – privadas - pode ser viabilizado, como por exemplo, o *Venture Capital*. Observou-se que esse tipo de apoio financeiro é pouco comum no setor do agronegócio, uma vez que o retorno é alcançado em um prazo mais longo que os demais dado o baixo valor agregado de seus produtos, fato que explica a menor taxa de eficiência média.

As hipóteses 7 e 8 foram formuladas especificamente para avaliar a eficiência dos projetos e das empresas participantes do PIPE III (PAPPE), entre os anos de 2007 e 2009. A particularidade deste grupo de empresas é o acesso ao incentivo extra para promoção de aumento da produção e comercialização em escala dos produtos desenvolvidos nas fases I e II do projeto.

Da verificação da hipótese 7 - *Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente o desempenho das firmas eficientes* – pode-se concluir que aproximadamente 50% dos projetos e 50% das empresas estão na fronteira de eficiência máxima. Para o grupo dos projetos eficientes, os fatores preponderantes de sucesso foram o tamanho da equipe de P&D e a experiência do coordenador. Para o grupo das empresas eficientes, o fator de destaque foi a

carteira de clientes. Os valores de investimento FAPESP não foram considerados como determinantes de desempenho, neste caso.

Para analisar a hipótese 8 - *Os investimentos FAPESP no fomento inovativo às pequenas empresas de base tecnológica do PIPE III influenciaram positivamente a participação no mercado e o faturamento* – utilizou-se como ferramenta o índice de *Malmquist*, para o cálculo da produtividade das empresas fomentadas, devido a muitas características desejáveis. Dentre elas pode-se destacar a possibilidade do desmembramento das mudanças de produtividade em mudanças relacionadas à eficiência tecnológica e mudanças relacionadas à eficiência técnica, permitindo, dessa forma, conhecer a natureza da mudança de produtividade. Os índices foram calculados para os períodos 2007-2008 e 2007-2009 e levaram à conclusão de que a produtividade das empresas analisadas ainda está em fase embrionária de mercado com uma crescente taxa de faturamento. Apenas duas empresas apresentaram eficiência tecnológica maior que um, em cada um dos períodos. Por outro lado, de uma maneira geral, tiveram excelente desempenho em eficiência técnica, relacionada a ganhos de escala. A conclusão final, portanto, é que os investimentos PIPE III estimulam ganhos em eficiência técnica, apesar de voltados para eficiência tecnológica. O motivo para este comportamento pode estar relacionado com as características – tipo, tipologia, entre outras – da inovação praticada pelas empresas fomentadas, o que não pode ser verificado no escopo do presente trabalho. Também notou-se diferença entre os índices calculados para 2007-2008 e os índices calculados para 2007-2009, o que pode ser justificado pela crise econômica de 2008, a ser verificado posteriormente, por inclusão de uma variável *dummy*.

Os resultados apresentados e discutidos no presente trabalho poderão contribuir com informações em duas vertentes: primeiro, para empresas que tenham interesse nesse tipo de fomento, no sentido de indicar unidades que possam atuar como *benchmarking* na revisão dos arranjos de seus processos organizacionais; em segundo lugar, para a instituição fomentadora FAPESP, no sentido de indicar pontos críticos no processo de desenvolvimento inovativo do programa PIPE.

O contato direto da pesquisadora com empresários e coordenadores de projetos, adicionado às observações realizadas *in loco* e aos resultados obtidos permitiu a identificação de certos fatores que poderiam ser revistos para aprimorar o sucesso do projeto PIPE.

Observou-se que o tempo médio decorrido entre a inscrição, aprovação e liberação inicial do capital é de 12 meses, tempo este desalinhado da realidade do ambiente inovativo, dinâmico e acirrado competitivamente. Diante disso, sugere-se que o tempo de resposta de avaliação do projeto seja reavaliado.

Ainda, observou-se que o tempo compreendido entre as fases I e II do programa PIPE é longo demais, levando as empresas a perderem o corpo técnico treinado e iniciarem um novo ciclo de contratações após o recebimento dos recursos. As pequenas empresas de base tecnológica não dispõem de capital suficiente para manter um quadro de profissionais com alta qualificação atuando apenas no desenvolvimento de projetos, sem subsídio. Para contornar o problema do tempo de resposta, o escopo do corpo de avaliadores poderia ser ampliado com a inclusão de coordenadores de outros projetos PIPEs já concluídos. Com isso, haveria ainda a possibilidade de transferência de conhecimento aos novos coordenadores, sobretudo no que tange à superação das barreiras já enfrentadas pelos mais antigos, bem como aos aspectos técnicos e de mercado

Além disso, o perfil comercial dos coordenadores e empresários poderia ser considerado com mais rigor, nos critérios de avaliação do PIPE. Observou-se, por meio da pesquisa empírica, o grande potencial dos coordenadores em realizar ciência e tecnologia, porém, em alguns casos, o domínio da tecnologia não é o suficiente. No entanto, um dos problemas mais freqüente nas empresas é a falta de capacitação em relação ao mercado, fato que dificulta a efetiva transformação do investimento PIPE em produtos e processos novos, no mercado. É fundamental que a empresa tenha resposta para as seguintes questões: (1) o mercado aceita pagar o preço pelos produtos/processos?; (2) os produtos/processos desenvolvidos atendem às necessidades dos clientes?; (3) existe demanda para os produtos/processos a serem desenvolvidos?. O correto alinhamento dessas questões ao processo de desenvolvimento tecnológico poderá aumentar a taxa de sucesso dos projetos PIPE. Uma alternativa, também, poderia ser o investimento, pela FAPESP, em assessoria de *marketing* para fortalecer a vertente comercial das pequenas empresas e, como consequência, aumentar a taxa de eficiência dos investimentos inovativos.

### **Limitações e Desafios Da Pesquisa**

Cumprir pontuar, neste momento, uma das principais dificuldades enfrentadas para a realização do presente trabalho, que foi a coleta de dados em empresas com mais de um projeto. Nestes casos, os responsáveis tiveram grandes dificuldades em analisar a contribuição individual de cada projeto e, com isto, o tempo gasto nas visitas técnicas elevou-se sobremaneira. Ainda, houve casos em que as empresas haviam encerrado suas atividades operacionais. Em outros, os coordenadores haviam sido desligados do projeto e, por isso, não tinham acesso a determinadas informações de ordem técnica e financeira.

Mesmo diante dos desafios de uma ampla pesquisa, cada retorno da *survey* por *email* e cada visita técnica realizada transformaram-se em passos para o atingimento do objetivo proposto e os coordenadores e/ou empresários interagiram de maneira positiva e cooperativa, contribuindo para que todos os problemas fossem relatados. Ao final da pesquisa de campo, a quantidade de informações obtidas sobre os projetos e as empresas era grande o suficiente para transformar em desafio a consolidação dos dados.

Como perspectivas futuras para o presente trabalho poderão ser consideradas outras variáveis integrando as análises do projeto e empresa, assim como o agrupamento das perspectivas empresa e projeto em apenas uma avaliação, com um conjunto de indicadores, o que permitiria a comparação dos resultados com os da pesquisa desenvolvida por Hsu e Hshen (2009).

Com a evolução dos modelos do DEA, a literatura apresenta a integração com Índice *Malmquist* em perspectiva para os modelos CCR, BCC e FDH, pois os modelos aditivos e multiplicativos não contemplam as premissas das distâncias radiais necessárias do modelo. Neste caso, uma recomendação para futuras pesquisas é integrar o Índice *Malmquist* com o modelo de super-eficiência, para que seja possível identificar o real impacto da taxa de eficiência das DMUs eficientes, o que pode ser amparado pelas pesquisas de Liu e Wang (2008).

No processo de validação das hipóteses, sobretudo pelo grupo das empresas analisada pelo DEA, o teste estatístico de Mann–Whitney pode ser ampliado por meio dos gráficos de *box-plot* para verificar as discrepâncias dos dados relativos às medianas das avaliações dando, assim, continuidade ao trabalho Farris, Groesbeck, Van Aken e Letens (2006).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABERNATHY, W.J., CLARK, K.B. (1985), Innovation: mapping the winds of creative destruction, **Research Policy**, v. 14, n.1, p.3-22.
- ACAR, A. C. (1993) The impact of key internal factors on firm performance: an empirical study os small turkish firms. **Journal of Small Business Management**, v. 31, n. 4, p.86-92.
- ACS, Z. J. (1992). Small business economics: A global perspective. **Challenge**, v. 35, n. 6, p. 1-7.
- ACS, Z.J.; AUDRETSCH, D. (1988), Innovation in large and small firms: an empirical analysis, **The American Economic Review**, v.78, p. 678-90.
- ADLER, N.; FRIEDMAN, L.; SINUANY-STERN, Z. (2002), Review of ranking methods in the data envelopment analysis context, **European Journal of Operational Research**, vol. 140, n. 2, p. 249-265.
- AHUJA, G.; KATILA, R. (2001). Technological acquisitions and the Innovation performance of acquiring Firms: a longitudinal study. **Strategic management journal**, v. 22, p. 197–220.
- ALI, A.(1994). Pioneering Versus Incremental Innovation: Review and Research Propositions.
- ALINAITWE, H.M. *et al.* (2007). Innovation Barriers and Enablers that Affect Productivity in Uganda Building Industry. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 12, n. 1, p. 59- 75.
- ALMEIDA, M.R. (2007). Infra-estrutura produtiva: uma sistematização dos métodos, técnicas e modelos para análise de desempenho. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, (EESC/USP), São Carlos.
- ALMEIDA, M.R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. (2006). Análise por Envoltória De Dados - Evolução e Possibilidades de Aplicação. In: IX SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, São Paulo, SP, **Anais**.
- ALMEIDA, M.R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. (2007). Avaliação de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. **Revista Produção Online**, Edição especial, Dezembro, p. 1-17.
- ALMEIDA, PAUL; DOKKO, GINA; ROSENKOPF, Lori. (2003). Startup size and the mechanisms of external learning: increasing opportunity and decreasing ability? **Research Policy**, v. 32, p. 301–315.
- ALMUS, M.; CZARNITZKI, D. (2003). The effects of public R&D subsidies on firms' innovation activities: the case of Eastern Germany, **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 21, n.2, p.226–236.
- ALMUS, M.; NERLINGER, E. A. (1999), Growth of New Technology-Based Firms: Which Factors Matter?, **Small Business Economics**, v. 13, n.2, p.141-154.
- ALVAREZ, R.; CRESPI, G. (2003). Determinants of Technical Efficiency in Small Firms **Small Business Economics**, v. 20, p. 233–244.
- ANDERSEN, Per; PETERSEN, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 39, n.10, (October 1993), p.1261 – 1264.
- ARCHIBUGI, D.; M. PIANTA (1996). Measuring Technological Change through Patents and Innovation Surveys. **Technovation**, v. 16, n.9, p. 451-468.
- ARROW, K. (1962) Economic welfare and the allocation of resources for invention. In:LAMBERTON, D. (ed). **Economics of information and knowledge**. Armonds worth: Penguin Books, 1971.
- ASHEIM, B T; GERTLER, M S, (2005). The geography of innovation: regional innovation systems, in *The Oxford Handbook of Innovation* Eds J Fagerberg, D Mowery, R Nelson (Oxford University Press, Oxford), p. 291 – 317

- ATKINS, M. H.; LOWE, J. F. (1997). Sizing up the Small Firm: UK and Australian Experience. **International Small Business Journal**, v. 15, n.3, p.42–55.
- AUDRETSCH, D. B. (2003). Standing on the shoulders of midgets: The U.S. small business innovation research program (SBIR). **Small Business Economics**, v.20, p.129–135.
- AUDRETSCH, D. B. *et al.* (2002). The Economics of Science and Technology. **Journal of Technology**, v. 27, n. 2, April.
- AUDRETSCH, D. B., LINK, A. N.; SCOTT, J. T. (2002). Public/private technology partnerships: evaluating SBIR-supported research. **Research Policy**, v. 31, n.1, p .145–58.
- AUDRETSCH, D. B.; LEHMANN, E. E.; WARNING, S. (2005).University spillovers and new firm location. *Research Policy* 34 (2005) 1113–1122
- AUERSWALD, P. E.; BRANSCOMB, L. M. (2003). Valleys of Death and Darwinian Seas: Financing the Invention to Innovation Transition in the United States. **Journal of Technology Transfer**, v. 28, p. 227–239.
- AVKIRAN, Necmi K.; PARKER, Barnett R. (2010). Pushing the DEA research envelope. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 44, p. 1–7.
- BAKER, D.; MOREY, R.C. (1986). The use of categorical variables in data envelopment analysis, **Management Science**, v. 32, p. 1613-1627.
- BALACHANDRA, R.; FRIAR, J.H. (1997). Factors for success in R&D projects and new product innovation: a contextual framework. *Engineering Management*. **IEEE Transactions**, v.44, n. 3, p. 276–287.
- BALK, B. M. (2001). Scale efficiency and productivity change. **Journal of Productivity Analysis**, may, v. 15, n. 3, p. 159-183
- BANBURY, C.M.; MITCHELL, W. (1995). The effect of introducing important incremental innovations on market share and business survival. **Strategic Management Journal**, v. 16, p. 166–188.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, p. 1078-1092.
- BANSAL, R. S. (2005). **R&D Agency – Industry Partnership for Technology Development and Transfer in Indian Context**. PhD Thesis, Birla Institute of Technology and Science, Pilani, Rajasthan. Ministry of Economic Affairs (MOEA) in Taiwan; Department of Trade and Industry (DTI).
- BARANANO, A.; BOMMER, M.; JALAJAS, D. (2005). Sources of innovation for high-tech SMEs: a comparison of USA, Canada, and Portugal. **International Journal of Technology Management**, v. 30, n. 1-2, p. 205–219.
- BECKER, W.; PETERS, J. (2000). **Technological opportunities, absorptive capacity and innovation**. In: The Eight International Joseph A. Schumpeter Society Conference Center for Research in Innovation and Competition (CRIC), University Manchester, Manchester, 28 June–1 July.
- BECKER, W; DIETZ, J., (2004). R&D cooperation and innovation activities of firms-evidence for the German industry, **Research Policy**, v. 33, p. 209–223.
- BERRY, M.. (1998). Strategic planning in small high tech companies. **Long Range Planning**, v. 31, n. 3, June, p. 455-466.
- BERTHON, P.; MAC HULBERT, J.; PITT, L. (2004). Innovation or customer orientation? An empirical investigation, **European Journal of Marketing**, Vol. 38, No. 9/10, p. 1065-1090.
- BESSANT, J.; FRANCIS, D. (2005) Targeting innovation and implications for capability development, **Technovation**, v. 25, n.3, p. 171–183.

- BETHLEHEM, J. G. (2009). **Applied survey methods : a statistical perspective**. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- BIZAN, O. (2003). The determinants of success of R&D projects: evidence from American–Israeli research alliances. **Research Policy**, v. 32, p. 1619–1640.
- BOUND, J., CUMMINS, C., GRILICHES, Z., HALL, B., JAFFE, A. (1984) Who does R&D and who patents? In: GRILICHES, Z. **R&D, patents, and productivity**. Chicago: The University of Chicago,
- BRITO CRUZ, C.H.A. (2000). Universidade, a empresa e a pesquisa que o país precisa. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 8, p. 5-30.
- BUGANZA, T.; GERST, M.; VERGANTI, R. (2010). Adoption of NPD Flexibility Practices in New Technology-Based Firms. **European Journal of Innovation Management**, vol. 13, n. 1, p. 1-26.
- BURKI, A.; TERRELL, D. (1998). Measuring production Efficiency of Small firms in pakistan. **World Development**, v. 26, n. 1, p. 155-169.
- BUSOM, I; FERNÁNDEZ-RIBAS, A (2008). The impact of firm participation in R&D programmes on R&D partnerships, **Research Policy**, Elsevier, vol. 37, n.2, p. 240-257, March.
- BUSON, I. (2000). An Empirical Evaluation of the Effects of R&D Subsidies. **Economics of Innovation and New Technology** v. 9, n.2, p. 111–148.
- CALLEJÓN, M; GARCÍA-QUEVEDO, J. (2005). Public subsidies to business R & D: do they stimulate private expenditures?. **Environment and Planning C: Government and Policy**, v. 23, p. 279 – 293.
- CARLSSON, B.; JACOBSSON, S.; HOLMÉN, M.; RICKNE, A. (2002) Innovation systems: analytical and methodological issues. **Research Policy**, v. 31, p. 233–245.
- CASSIOLATO, J.E.; LASTRES, H.M.M. (2000). Sistemas de inovação: Políticas e Perspectivas. **Parcerias Estratégicas**, n.8, maio, p. 237-255.
- CHANDY, R. K.; TELLIS, G. J. (2000). The Incumbent's Curse? Incumbency, Size, and Radical Product Innovation, **Journal of Marketing**, Vol. 64, July, p. 1-17.
- CHANG, K-P; GUH, Y-Y (1991). Linear production functions and the data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v.52, p 215-223.
- CHANG, Kuo-Ping; GUH, Yeah-Yuh. (1991). Linear production functions and the data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 52, p. 215-223.
- CHANG, Kuo-Ping; GUH, Yeah-Yuh. (1991). Linear production functions and the data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 52, p. 215-223.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. (1978). Measuring efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 1, p. 429-444.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; SEIFORD, L. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. **Socio Economic Plan Science**, v. 16, n. 5, p. 223-224.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W; GOLANY, B; SEIFORD, L.M.; STUZ, J. (1985). *Foundatidemic Press*.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W; GOLANY, B; SEIFORD, L.M.; STUZ, J. (1985). Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions. **Journal of Econometrics**, 30, v.1, p. 91-107.
- CHEN C.-J.; WU H.-L.; LIN B.-W. (2006) Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park, **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, n. 4, p. 452-465.
- CHEN, C.-J.; WU, H.-L.; LIN, B.-W. (2006). Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 73, p. 452-465.

- CHEN, K.-M.; LIU, R.-J. Interface strategies in modular product innovation. **Technovation**, v. 25, p. 771–782
- CHOREV, S.; ANDERSON, A (2008). **Success Factors for High-Tech Start Ups: Views and Lessons of Israeli Experts**. In: GROEN, A; OAKEY, R.; VAN DER SIJDE, P; COOK, G. New technology-based firms in the new millennium volume vi. Chapter 5, p. 239-256.
- CHUNG, S. (1999). Korean innovation policies for small and medium-sized enterprises. **Science and Public Policy**, v. 26, n. 2, p. 70–82.
- CHURCHILL, N.; LEWIS, V. (1983). The five stages of small business growth. **Harvard Business Review**, v. 61, May-June, p. 30-50.
- CLANCY, J. (2001). Barriers to innovation in small-scale industries: case study from the briquetting industry in India. **Science Technology & Society**, v. 6, n. 2, 329-340.
- COELLI, T; PRASADA RAO, CHRISTOPHER J. O'DONNELL, GEORGE E. BATTESE (2005). **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. (An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, 2d ed.)(Book review)
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. (2002) Links and impacts: the influence of public R&D on industrial research. **Management Science**, v. 48, n. 1, p. 1-23.
- COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A., (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, p.128–152.
- CONNELL, D. (2009). Using government procurement to help grow new science and technology companies: Lessons from the US small business innovation research (SBIR) programme. **Innovation: management, policy & practice**, v. 11, n.1, p.127–134.
- COOK, W. D.; SEIFORD, L.M.; (2009) Data envelopment analysis (DEA) – thirty years on. **European Journal of Operational Research**, v.192, p. 1–17.
- COOKE, P; URANGA, M. G; ETXEBARRIA, G (1997). Regional innovation systems: Institutional and organizational Dimensions. **Research Policy**, v. 26, p. 475-491.
- COOMBS, R.; NARANDREN, P.; RICHARDS, A. (1996). A literature-based innovation output indicator. **Research Policy**, v. 25, p. 403–413.
- COOPER, A. C. (1985). The Role of Incubator Organizations in the Founding of Growth-Oriented Firms, **Journal of Business Venturing**, v. 1, n.1, p. 75-86.
- COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. (1991). The impact of product innovativeness on performance, **Journal of Product Innovation Management**, v. 8, n. 4, p. 240-251.
- COOPER, R. S. (2003). Purpose and Performance of the Small Business Innovation Research (SBIR) Program. **Small Business Economics**, v. 20, p. 137–151.
- COOPER, W.; SIEFORD, L.; TONE, K. (2000). **Date Envelopment Analysis**. A Comprehensive Text with Models, Applications, Reference and DEA–Solver software. Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- CORONADO, D.; ACOSTA, M.; FERNANDEZ, A. (2008). Attitudes to innovation in peripheral economic regions. **Research Policy**, v. 37, p. 1009–1021.
- COZZARIN, B. P. (2008) Data and the measurement of R&D program impacts. **Evaluation and Program Planning**, v. 31, p. 284– 298.
- CZAJA, R.; BLAIR, J. (2005). **Designing surveys: a guide to decisions and procedures**. London: Sage.
- CZARNITZKI, D.; EBERSBERGER, B.; FIERD, A. (2007). The Relationship Between R&D Collaboration, Subsidies And R&D Performance: Empirical Evidence From Finland And Germany. **Journal Of Applied Econometrics**, v. 22, p. 1347–1366.
- D'AMBOISE, G.; MULDOWNNEY, M. (1998). **Management Theory for Small Business: Attempts and**



- Requirements. **Academy of Management Review**, v. 13, n. 2, p. 226-240.
- DAVID, P. A.; HALL, B. H.; TOOLE, A.A. Is public R&D a complement or substitute for private R&D? *A review of the econometric evidence*. **Research Policy**, n. 29, p. 497-529, 2000.
- DAVILA, T.; EPSTEIN, M.J.; SHELTON, R. (2007). **As regras da inovação**: como gerenciar, como medir e como lucrar. Porto Alegre: Bookman.
- DAY, J. (2000), The value and importance of the small firm to the world economy, **European Journal of Marketing**, Vol. 34 No.9/10, pp.1033.
- DELBEM, A.B.C. (2002). A Cooperação UFSCAR-Empresa por meio dos programas de inovação tecnológica PATME, PITE E PIPE. Dissertação em Engenharia de Produção (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, (EESC/USP), São Carlos.
- DEWAR, R.D.; DUTTON, J. E. (1986). The adoption of radical and incremental innovation: an empirical analysis. **Management Science**, v. 32, p.1422-1433.
- DIAZ-BALTEIRO, LUIS; A. CASIMIRO HERRUZO, MARGARITA MARTINEZ; JACINTO GONZÁLEZ-PACHON (2006). An analysis of productive efficiency and innovation activity using DEA: An application to Spain's wood-based industry. **Forest Policy and Economics**, v. 8, p.762– 773.
- DODGSON, M. (1992) The strategic management of R&D collaboration. **Technology Analysis and Strategic Management**,. Vol. 4, No. 3, p. 1992 227.
- DODGSON, M.; GANN, D.; SALTER, A. (2008). **The Management of Technological Innovation: Strategy and Practice**. Oxford University Press Inc., New York.
- DOSI, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, v. 11 p.147-162
- DRUCKER, P. (1991). The new productivity challenge. **Harvard Business Review**, v. 69, p. 69-79.
- DYSON, R.G.; ALLEN, R.; CAMANHO A. S.; PODINOVSKI, V. V. (2001). Pitfalls and protocols in DEA, **European Journal of Operational Research**, v. 132, p. 245-259.
- EDQUIST, C. (2005). Systems of Innovation: Perspectives and Challenges, in Fagerberg, J., Mowery, D.C. and Nelson, R. R. (eds) (2005), **The Oxford Handbook of Innovation**, Oxford, p. 181-208.
- EILAT, H; GOLANY, B; SHTUB, A. (2006). Constructing and evaluating balanced portfolios of R and D projects with interactions: a DEA based methodology. **European Journal of Operational Research**, v.172, n.3, p. 1018–1039.
- EMROUZNEJAD, A.; PARKER, B.; TAVARES, G. (2008): Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. **Journal of Socio-Economics Planning Science**, v. 42, n.3, p. 151-157.
- ERMST, H. ( 2001). Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analyses on the firm level. **Research Policy**, v. 30, p. 143–157.
- ETTLIE, J.; BRIDGES, W.; O'KEEFE, R. (1984). Organization Strategy and Structural Differences for Radical Versus Incremental Innovation. **Management Science**, v. 30, n. 6, p. 682-695.
- EVANGELISTA, R; IAMMARINO, S.; MASTROSTEFANO, V; SILVANI, A (2001). Measuring the regional dimension of innovation. Lessons from the Italian Innovation Survey. **Technovation**, v. 21, p. 733–745.
- FAGERBERG, J. (2002). **A Layman's Guide to Evolutionary Economics**. Working Papers 17, Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo.
- FAGERBERG, J.; KNELL, M.; SRHOLEC, M. (2004). **The Competitiveness of Nations: Economic Growth in the ECE Region**, Paper prepared for presentation at the UNECE Spring Seminar, Competitiveness and Economic Growth in the ECE Region, Geneva, February 23.

- FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. (2005). **Catching up**: What are the Critical Factors for success?, Paper presented at UNIDO, Vienna, Wednesday, 23 November.
- FALK, R. (2007). Measuring the effects of public support schemes on firms' innovation activities: survey evidence from Austria. **Research Policy**, v. 36, p. 665–679
- FAPESP, (2005). A pesquisa traduzida em negócios: dez anos de incentivo à inovação tecnológica: projetos apoiados pela FAPESP nos programas Parceria para Inovação Tecnológica e Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas /Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – São Paulo.
- FAPESP, (2009). Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Disponibilizado em: <http://watson.fapesp.br/PIPEM/pipex.htm>, Acessado em: 10 fevereiro de 2010.
- FARE, R; GROSSKOPF, S. (1996). **Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA**. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- FARRELL, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General), v. 120, n. 3, p. 253-290.
- FARRIS; J.; GROESBECK, R.; VAN AKEN, E.; LETENS, G. (2006) Evaluating the Relative Performance of Engineering Design Projects: A Case Study Using Data Envelopment Analysis. **IEEE Transactions on Engineering Management**, vol. 53, n.3, p. 471-482.
- FELDMAN, M.P; KELLEY, M.R. (2006). The *ex ante* assessment of knowledge spillovers: Government R&D policy, economic incentives and private firm behavior. **Research Policy**, v. 35, p.1509–1521
- FELDMAN, M; KELLEY, M. (2003). Leveraging Research and Development: Assessing the Impact of the U.S. Advanced Technology Program. **Small Business Economics**, v. 20, p. 153–165.
- FINK, A. (2009). **How to Conduct Surveys: A Step-by-Step Guide**, Fourth Edition SAGE Publications, Inc.
- FINNAN, W.; LINK, A.; TEECE, D. (1996). Estimating the benefits from collaboration: the case of SEMATECH. **Review of Industrial Organization**, v. 11, p. 737–751.
- FLICK, E.; KARDORFF, V.; STEINKE, I. (2000), **Qualitative Forschung: Ein Handbuch**. Reinbek: Rowohlt.
- FLOR, M. L.; OLTRA, M. J. (2004). Identification of innovating firms through technological innovation indicators: an application to the Spanish ceramic tile industry. **Research Policy**, v. 33, p. 323–336.
- FORSUND, F.; SARAFOGLOU, N. (2002). On the Origins of Data Envelopment Analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 17, n 1/2, p. 23-40.
- FORSYTH, B; ROTHGEB, J.M.; WILLIS, G. (2004). **Does Pretesting Make a Difference? An Experimental Test**. In: Methods for Testing and Evaluating Survey Questionnaires, capítulo 25. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- FRANCIS, D.; BESSANT, J (2005) Targeting innovation and implications for capability development, **Technovation**, v. 25, n.3, p. 171–183.
- FREEL, M. (2003). Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity. **Research Policy**, v. 32, p. 751–770.
- FREEL, M. S. (2000). Barriers to Product Innovation in Small Manufacturing Firms. **International Small Business Journal**, v. 18, n. 2, p. 60-80.
- FREEMAN, C. (1991). Networks of Innovators: a synthesis of research issues. **Research Policy**, p. 499–514.
- FREEMAN, C. (1994). Critical survey: The economics of technical change. **Cambridge Journal of Economics**, v. 18, p. 463–514.

- FREEMAN, C.; SOETE, L. (1997) **The economis of industrial innovation**. 3 reimpressão. London: Pinter.1 edição (1974).
- FREITAS, H; OLIVEIRA, M; SACCOL, AZ.; MOSCAROLA, J. (2000). O método de pesquisa survey. **RAUSP- Revista de Administração**, v. 35, n.3, p. 105-112.
- FRENKEL, A. (2001). Barriers and Limitations in the development of industrial innovation in the region.
- GALANAKIS, K. (2006). Innovation process: Make sense using systems thinking. **Technovation**, v. 26, p. 1222-1232.
- GALENDE; FUENTE (2003). Internal factors determining a firm's innovative behavior, **Research Policy**, v. 32, p. 715-736.
- GALIA, F.; LEGROS, D., (2004). Complementarities between obstacles to innovation: evidence from France. **Research policy**, v. 33, p. 1185-1199.
- GAMAGE, A. S. (2003). Small And Medium Enterprise Development In Sri Lanka: A Review, p. 133-150. ([http://wwwbiz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no3\\_4/aruna.pdf](http://wwwbiz.meijo-u.ac.jp/SEBM/ronso/no3_4/aruna.pdf))
- GARCIA, R.; CALANTONE, R. (2002). A Critical Look At Technological Innovation Typology And Innovativeness Terminology: A Literature Review. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 19, p. 110-132.
- GEORGHIOU, L. (1999). Socio-economic effects of collaborative R&D — European experiences. **Journal of Technology Transfer**, v. 24, n.1, p. 69.
- GEORGHIOU, L.; *et al.*, (2004). Making the difference—the evaluation of behavioral additionality of R&D subsidies. **IWT-STUDIES** 48, June, p. 7-20.
- GILSING, V; BURG, E.; ROMME, A.G. (2010). Policy principles for the creation and success of corporate and academic spin-offs. **Technovation**, v. 30, n.1, p. 12-23.
- GILSING, V; BURG, E.; ROMME, A.G.. Policy principles for the creation and success of corporate and academic spin-offs. **Technovation**, v. 30, n.1, p. 12-23.
- GOLD, B. (1973). Technology, Productivity and Economic Analysis. **OMEGA The International Journal of Management Science**, v. 1, n. 1, p. 5- 25.
- GOLD, B. (1986). Some Empirical Perspectives Effects of Technological on the Economic Innovations. **OMEGA International Journal of Management Science.**, v. 14, n. 2, p. 99-118.
- GOLDER; P. N.; SHACHAM, R.; MITRA, D. (2009). Innovations' Origins: When, by Whom, and How are radical innovations developed?, **Marketing Science**, vol. 28, n.1, p. 166-179.
- GOMES, E. G; SOARES DE MELLO, J.C.; ESTELLITA LINS, M. P (2004). Redistribuição de *inputs e outputs* em modelos de análise envoltória de dados com ganhos de soma zero. **Pesquisa Operacional**, v.24, n.2, Rio de Janeiro, May/Aug.
- GONZÁLEZ, X.; JAUMANDREU, J.; PAZ'O, C. (2006). Barriers to innovation and subsidy effectiveness. **RAND Journal of Economics**, forthcoming.
- GONZÁLEZ-ARAYA, M.C. (2003). Projeções Não Radiais em Regiões Fortemente Eficientes da Fronteira DEA — Algoritmos e Aplicações. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- GOVINDARAJULU, Z. (1999), **Elements of Sampling Theory and Methods**, Prentice-Hall, New Jersey.
- GREEN, S.; GAVIN, M.; AIMAN-SMITH, L. (1995), Assessing a multidimensional measure of radical technological innovation, **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 42, n. 3, p. 203 - 214.
- GREINER, L.E., (1972). Evolution and revolution as organizations grow. **Harvard Business Review**, v. 50, n.4.

- GRILICHES, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. **Journal of Economic Literature**, v. 28, p. 1661–1707.
- GRILICHES, Z. (1992), The Search for R&D Spillovers. **Scandinavian Journal of Economics**, v. 94 (Supplement), p. 29–47.
- GROVES, R. M.; JR FOWLER, F. J.; COUPER, M.; LEPKOWSKI, J. M.; SINGER, E.; TOURANGEAU, R. (2004). **Survey Methodology**. John Wiley & Sons, Inc.
- GUAN, J. C.; YAM, R. C.M.; MOK, C. K.; MA, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. **European Journal of Operational Research**, v. 170, p. 971–986.
- GUJARATI, D. N. (2000). **Econometria Básica**, São Paulo, 3 edição, Makron Books.
- HADJIMANOLIS, A. (1999). Barriers to innovation for SMEs in a small less developed country (Cyprus), **Technovation**, v. 19, p. 561–570.
- HAGEDOORN, J.; CLOODT, M. (2003). Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators?, **Research Policy**, v. 32, p.1365–1379.
- HAIR, J.;BLACK, B; BABIN, B; ANDERSON, R; TATHAN, R. (2009). **Multivariate Data Analysis (7th Edition)**. New Jersey: Prentice Hall.
- HAIR, Joseph; BABIN, Barry; MONEY, Arthur; SAMOUEL, Phillip (2005). **Fundamentos de Métodos de pesquisa em Administração**. Editora Bookman.
- HALL, B. H.; LOTTI, F.; MAIRESSE, J. (2009). Innovation and productivity in SMEs: empirical evidence for Italy. **Small Business Economics**. v. 33, n. 1, p. 13-33.
- HALL, P. (1994). **Innovation, Economic and Evolution: Theoretical Perspective on Changing Technology in Economic Systems**. Great Britain, Harvester Wheatsheaf.
- HANUSCH, H.; PYKA, A (2007). Principles of Neo-Schumpeterian Economics. **Cambridge Journal of Economics**, v. 31, p. 275–289.
- HEIJS, J. (2004). Innovation capabilities and learning: a vicious circle. **International Journal of Innovation and Learning**, v. 1, n. 3, p.263 - 278.
- HEKKERT, M. P.; SUURS, R. A. A.; NEGRO, S. O.; KUHLMANN, S.; SMITS, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 74, n. 4, p. 413-432.
- HENDERSON, R.M.; CLARK, K.B. (1990). Architecture innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, p. 9–30.
- HERRERA, L.; NIETO, M. (2008). The national innovation policy effect according to firm location. **Technovation**, v. 28, p. 540–550.
- HERRMANN, A.; TOMCZAK, T.; BEFURT, R. (2006), Determinants of radical product innovations, **European Journal of Innovation Management**, v.9, n.1, p.20-43.
- HEWITT-DUNDAS, N. (2006). Resource and capability constraints to **innovation** in small and large plants, **Small Business Economics**, v. 26, p. 257-277.
- HIDALGO, C. A. *et al.* (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations. **Science**, v. 317, p. 482-487.
- HOFFMAN, K.; PAREJO, M.; BESSANT, J.; PERREN, L. (1998). Small firms, R&D, technology and innovation in the UK: a literature review. **Technovation**, v. 18, n. 1, p. 39-55.
- HOLLENSTEIN, H. (1996). A composite indicator of a firm's innovativeness. An empirical analysis based on survey data for Swiss manufacturing. **Research Policy**, v. 25, p.633–645
- HSU, F.; HSUEH, C. (2009). Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects:

- A three-stage approach. **Evaluation and Program Planning**, v. 32, p.178–186.
- IYER, G. R.; LAPLACA, P. J.; SHARMA, A. (2006). Innovation and new product introductions in emerging markets: Strategic recommendations for the Indian market. **Industrial Marketing Management**, v. 35, n. 3, p. 373-382.
- JACOBSSON, S.; OSKARSSON, C.; PHILIPSON, J. (1996). Indicators of technological activities - comparing educational, patent and ReD statistics in the case of Sweden. **Research Policy**, p. 573-585.
- JENKINS, L.; ANDERSON, M (2003). A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 147, p. 51-61.
- JOHANNESSEN, J.A.; OLSON, B.; LUMPKIN, G.T. (2001). Innovation as newness: what is new, how new, and new to whom?. **European Journal of Innovation Management**, v. 4, p .20-31.
- JONG, JEROEN P.J. DE; VERMEULEN, PATRICK A.M. (2006). Determinants of Product Innovation in Small Firms: A Comparison Across Industries. **International Small Business Journal**, v. 24; p.587-609
- Journal Production Innovation Management**, v. 11, p.46-61.
- KAMAKURA, W.A. (1988). A note on the use of categorical variable in data envelopment analysis, **Management Science**, v. 34, p. 1273-1276.
- KAMINSKI, P. (1995). **How Can Very Small Technology Firms Be Helped?** in OECD.
- KANG, K.; LEE, Y. (2008). What affects the innovation performance of small and medium-sized enterprises (SMEs) in the biotechnology industry? An empirical study on Korean biotech SMEs. **Biotechnol Lett**, v. 30, p.1699–1704.
- KAO, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. **European Journal of Operational Research**, v. 192, p. 949–962.
- KAUFMANN, A; TODTLING, F. (2002). How effective is innovation support for SMEs? An analysis of the region of Upper Austria. **Technovation**, v. 22, p. 147–159.
- KLEINKNECHT, A. (1987). Measuring R&D in small firms: how much are we missing?. **Journal of Industrial Economics**, v. 36, p. 253–256.
- KLINE, S. J.; ROSEMBERG, N. (1986). **An overview of innovation**. In: LANDAU, R. e ROSEMBERG, N. (eds.). **The positive sum strategy. Harnessing technology for economic growth**. Washington, National Academy Press, 1986.
- KOC, T.; CEYLAN, C. (2007). Factors impacting the innovative capacity in large-scale companies. **Technovation**, v. 27, p.105–114.
- KOGA, T. (2005). R&D Subsidy and Self-Financed R&D: The Case of Japanese High-Technology Start-Ups. **Small Business Economics**, v. 24, p. 53–62.
- KOZYREFF FILHO, E.; MILIONI, A. Z.; (2004). Um método para estimativa de metas DEA. **Revista Produção**, v. 14, n. 2.
- KUMAR, N.; SAQIB, M. (1996). Firm size, opportunities for adaptation and in-house R & D activity in developing countries: the case of Indian manufacturing, **Research Policy**, v. 25, p.713-722
- LACH, S. (2002). Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Private R&D? Evidence from Israel. **National Bureau of Economic Research Working Paper Series**, n. 7943.
- LANDESMANN, M.; SCAZZIERI, R. (1996). Coordination of production processes, subsystem dynamics and structural change. In: **Production and economic dynamics**. Cambridge Press, p. 304-343.
- LEE, J. (1995). Small firms' innovation in two technological settings. **Research Policy**, v. 24, p.391-401.

- LEE, S., *et al.*, (2010). Open Innovation in SME – An intermediated network model. **Research policy**, v. 39, n. 2, March, p. 290-300.
- LEONE, N. (2000). As especificidades das pequenas e médias empresas. **Revista de Administração de São Paulo**, São Paulo, v. 34, n.2, p. 91-94.
- LERNER, J. (1998). "Angel" Financing and public policy: An Overview. **Journal of Banking & Finance**, v. 22, p. 773-783.
- LERNER, J. (1999). The government as venture capitalist: the long-run impact of the SBIR program. **Journal of Business**, v. 72, p. 285–318.
- LESTER, D.; PARNELL, J. A. (2008). Firm size and environmental scanning pursuits across organizational life cycle stages. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 15, n. 3, p. 540-554.
- LINK, A. N.; SCOTT, J. T. (2009). Private Investor Participation and Commercialization Rates for Government-sponsored Research and Development: Would a Prediction Market Improve the Performance of the SBIR Programme?. **Economica**, v. 76, p. 264–281.
- LOFSTEN, H; LINDELOF, P. (2005), R&D networks and product innovation patterns - academic and non-academic new technology-based firms on science parks, **Technovation**, v. 25, n.9, p. 1025–1037.
- LOOF, H.; HESHMATI, A. (2002) Knowledge capital and performance heterogeneity: A firm-level innovation study. **International Journal Production Economics**, v. 76, p. 61–85.
- LOVELL, K.C.A; SCMIDT, P.A (1988). A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency. In: *Applications of modern production theory*. Boston: Kluwer Academic Publishers, p. 3-32.
- LUECKE, R. ; RALPH, K. (2003). Managing Creativity and Innovation. **Harvard Business School Press**, p 1-10.
- LUNDEVALL, B. A. (1992). **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Londres: Printer Publisher, 341 p.
- LUUKKONEN, T., (2000). Additionality of EU framework programmes. **Research Policy**, v. 29, p.711–724.
- LYNSKEY, M. J. (2004). Determinants of Innovative Activity in Japanese Technology-based Start-up Firms. **International Small Business Journal**, v. 22, n.2, p. 159-196.
- MADRID-GUIJARRO, A.; GARCIA, D.; VAN AUKEN, H. (2009). Barriers to Innovation among Spanish Manufacturing SMEs. **Journal of Small Business Management**, v. 47, n. 4, p. 465-488.
- MAIDIQUE, M.A.; ZIRGER, B.J. (1984). A study of success and failure in product innovation: The case of the U.S. electronics industry, **IEEE Trans. Eng. Manag.**, vol. 31, n. 4, p. 192–203.
- MALECKI, E.J.; TOOTLE, D.M. (1996). The role of networks in small firm competitiveness. **Int. J. Technol. Management**. v.11, n. 1 e 2, p. 43–57.
- MALERBA, F., (2002). Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v.31, n. 2, p. 247–264.
- MALIK, O. R.; KOTABE, M. (2009). Dynamic Capabilities, Government Policies, and Performance in Firms from Emerging Economies: Evidence from India and Pakistan. **Journal of Management Studies**. v.46, n.3, p. 421-450.
- MALMQUIST, S. (1953). Index Numbers and Indifference Surfaces. **Trabajos de Estadística**, n. 4, p. 209-242.
- MAN, T.W.Y.; CHAN, K.F. (2002), The competitiveness of small and medium enterprises: a conceptualization with focus on entrepreneurial competencies, **Journal of Business Venturing**, v. 17, n.2, p.123-42

- MANSFIELD, E.; ALLEN, W.B.; DOHERTY, N.A; WEIGELT, K. (2002). **Managerial Economics: theory, applications and case**. Fifth edition. New York, W. W. Norton et Company, p. 235-273
- MARIANO, E (2008). Sistematização e Comparação de técnicas, modelos e perspectivas não paramétricas de Análise de Eficiência Produtiva. . Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, (EESC/USP), São Carlos.
- MARKARD, J; TUFFER, B (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. **Research Policy**, v. 37, p. 596–615.
- MARINOVA, D.; PHILLIMORE, J. (2003). Models of innovation. In: SHAVININA, L.V. (Org.), **The international handbook on innovation**. Oxford: Elsevier Science, parte II, cap.3.
- MASSA, S.; TESTA, S. (2008). Innovation and SMEs: Misaligned perspectives and goals among entrepreneurs, academics, and policy makers. **Technovation**, v. 28, p. 393–407.
- MATIAS-PEREIRA, J.; KRUGLIANSKAS, I. (2005). Innovation management: the technological innovation act as a tool to support industrial and technological policies in Brazil. **RAE eletrônica**, July/Dec., v.4, n.2, p.1-16.
- MCADAM, R.; MCCLELLAND, J. (2002). Sources of new product ideas and creativity practices in the UK textile industry, **Technovation** , v. 22, p. 113–121.
- MCADAM, R.; MCCLELLAND, J. (2002). Sources of new product ideas and creativity practices in the UK textile industry. **Technovation**, Volume 22, Issue 2, February 2002, Pages 113-121.
- MCADAM, R.; MCCONVERY, T.; ARMSTRONG, G. (2004). Barriers to Innovation Within Small Firms in a Peripheral Location. **International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research**, v. 10, n. 3, p. 206-221.
- METCALFE, S.; RAMLOGAN, R. (2008). Innovation systems and the competitive process in developing economies. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, vol. 48, p. 433–446.
- MINTZBERG, H. (1973). Strategic making in three modes. **California Management Review**, p. 44-53
- MOORE, I.; GARNSEY, E. (1993). Funding for innovation in small firms - The role of government, **Research Policy**, v.22, n. (5-6), p. 507-519
- MORIARTY, RT; KOSNIK, TJ. (1990) High-tech concept, continuity, and change. **IEEE Engineering Management Review**, v.3, p.25–35.
- MOSER, P. (2005), How do patent laws influence innovation? Evidence from nineteenth-century world's fairs. **The American Economic Review**, v. 95, n. 4, p. 1214–1236.
- NELSON, A. J. (2009). **Measuring knowledge spillovers: What patents, licenses and publications reveal about innovation diffusion**. **Research Policy**, v. 38, Issue 6, p. 994-1005.
- NELSON, R. (1993). **National Systems of Innovation: A Comparative Analysis**, Oxford, Oxford University Press.
- NELSON, R.; PHELPS, E. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. **American Economic Review**, v. 56, n.1/2, p.65-75.
- NELSON, R.; WINTER, S. (2002) Evolutionary theorizing in economics. **Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 2, p. 23-46
- NELSON, R.R., WINTER, S.G., (1982). **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- NIETO, M. J; SATAMARIA, L. (2007). The importance of diverse collaborative networks for the novelty of product innovation. **Technovation**, vol. 27, p. 367-377.

- NIGHTINGALE, P. (1998). A cognitive model of innovation, **Research Policy**, Elsevier, vol. 27, n.7, p. 689-709, November.
- NOOTEBOOM, B. (1994). Innovation and Diffusion in Small. Firms: Theory and Evidence. **Small Business Economics**, v. 6, p. 32-347.
- NOOTEBOOM, B. (2000). **Learning and innovation in organizations and economies**. Oxford University Press, Oxford.
- OAKEY, R. (1991). High technology small firms: their potential for rapid industrial growth. **International Small Business Journal**, v.9 4, p. 31-42.
- OCDE, (1992). Proposed guidelines for collecting and integrating technological innovation data, OSLO Manual (Organization for Economic Cooperation and Development, Paris).
- OCDE, (1997). Proposed guidelines for collecting and integrating technological innovation data, OSLO Manual (Organization for Economic Cooperation and Development, Paris).
- OCDE, (2005). Proposed guidelines for collecting and integrating technological innovation data, OSLO Manual (Organization for Economic Cooperation and Development, Paris).
- OKAMURO, H. (2007). Determinants of successful R&D cooperation in Japanese small businesses: The impact of organizational and contractual characteristics. **Research Policy**, v. 36, p.1529-1544.
- OLADEJI, S.I. (1998). Technology policy and the development of small and medium scale enterprises in contemporary Nigeria. **Technovation**, v. 18, p. 125-132.
- OZCELIK, E.; TAYMAZ, E. (2008). R&D support programs in developing countries: The Turkish experience. **Research Policy**, v. 37, p. 258-275.
- PADMORE, T.; SCHUETZE, H.; GIBSON, H. (1998). Modeling systems of innovation: an enterprise-centered view. **Research Policy**. v. 26, p. 605-624.
- PAVITT, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a theory and a taxonomy. **Research Policy**, v. 13, p. 343-373.
- PEREZ, C. (1985). Microelectronics, Long Waves and World Structural Change: New Perspectives for Developing Countries. **World Development**, v. 13, n. 3, p. 441-463.
- PEREZ, J. F. (1999). A Fapesp: a inovação tecnológica e a empresa. **RAUSP-Revista de Administração**, São Paulo, v. 34, n. 4, ano 0, p. 65-70, out./dez.
- PO, R.-W; GUH, Y.-Y; YANG, M.-S. (2009). A New Clustering Approach Using Data Envelopment Analysis.. **European Journal of Operational Research**, v. 199, n. 1, p. 276-284
- PORTER, M. (1990). **The Competitive Advantage of Nations**. Macmillan, London.
- PRAHALAD, C.; HAMEL, G. (1990). The core competence of the corporation. **Harvard Business Review**, p. 79-91, may/june.
- PREEZ, N.; LOUW, L. (2008). A Framework for Managing the Innovation Process, **PICMET 2008 Proceedings**, p. 27-31, July, Cape Town, South Africa.
- RADAS, S.; BOZIC, L. (2009). The antecedents of SME innovativeness in an emerging transition economy. **Technovation**, v. 29, p.438-450.
- REICHSTEIN, T; SALTER, A. (2006). Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms, **Industrial and Corporate Change**, Oxford University Press, vol. 15, n.4, p. 653-682, August.
- REINGANUM, J.F. (1983). Uncertain Innovation and the Persistence of Monopoly. **American Economic Review**, v.73, p. 741-748.
- REINGANUM, J.F. (1985). Innovation and Industry Evolution. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 100, n. 1, Feb, p. 81-99



- REVILLA, E.; SARKIS, J; MODREGO, A. (2003) A. Evaluating performance of public-private research collaborations, **Journal Operational. Research. Soc.**, v. 54, n. 2, p. 165–174.
- ROGERS, E. (1995). **Diffusion of innovations**. Fourth edition. New York, NY: The Free Press.
- ROMER, P. (1990) Endogenous technological change. **Journal of Political Economy**, v. 98, n. 3.
- ROSENBERG, N. (1982) **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge: Cambridge University.
- ROTHWELL, R. (1989). Small firms, innovation and industrial change, **Small Business Economics**, v. 1, p. 51-64
- ROTHWELL, R. (1992). Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s, **R&D Management**, v. 22, p. 221–239.
- ROTHWELL, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. **Emerald and International Marketing Review**, United Kingdom.
- SAKAKIBARA, M. (1997). Evaluating government-sponsored R&D consortia in Japan: who benefits and how?. **Research Policy**, v. 26, p. 447–473
- SANDBERG, B. (2007). Customer-related proactiveness in the radical innovation development process. **European Journal of Innovation Management**, v. 10, n. 2, p. 252-267.
- SCHMIDT, J.B.; CALANTONE, R.J. (1998). Are really new product development projects harder to shut down? **Journal of Product Innovation Management**. New York, v. 15, n. 2, p. 111-123.
- SCHUMPETER, J. (1934). **The Theory of Economic Development**. Cambridge: Harvard University Press.
- SCHUMPETER, J. (1939). **Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process**. Philadelphia: Porcupine, 1989.
- SCHUMPETER, J. (1942). **Capitalism, Socialism and Democracy**. London: George Allen and Unwin.
- Science**, v. 29, p. 1–18.
- SCOTT, M.; BRUCE, R. (1987). Five stages of Growth in Small business. **Long Range Planning**, v. 20, n. 3, p. 45-52.
- SEIFORD, L.M.; THRALL, R.M. (1990) Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. **Journal of Econometrics**, v. 46, p. 7-38.
- SEN, F. K.; EGELHOFF, W.G.; (2000). Innovative capabilities of a firm and the use of technical alliances. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 47, p. 174–183.
- SIEGEL, D.S.; WESTHEAD, P.; WRIGHT, M. (2003). Assessing the Impact of University Science Parks on Research Productivity: Exploratory Firm-Level Evidence from the United Kingdom. **International Journal of Industrial Organization**, v. 21, n.9, p.1357-1369.
- SLATER, P.; TWYMAN, P.; BLACKMAN, M., (2000). The Smart way for patent information to help small firms. **World Patent Information**, v. 22, p. 337 - 341.
- SMITH, K. (2005), Measuring innovation, in J. Fagerberg, D. C. Mowery and R. R. Nelson (eds), **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford University Press: Oxford/New York, p. 148–177.
- SOLLEIRO, J.; CASTAÑÓN, R. (2005). Competitiveness and innovation systems: the challenges for Mexico's insertion in the global context. **Technovation**, v. 25, p. 1059–1070.
- SOLOW, R. (1957) Technical Change and the Aggregate Production Function. **The Review of Economics and Statistics**, v.39, n.3, (Aug., 1957), p. 312-320.
- SOLOW, R. (1974). The Economics of Resources or the Resources of Economics, **American Economic Review**, American Economic Association, v. 64, n. 2, p. 1-14, May.

- SONG X. M.; MONTOYA-WEISS, M. M. (1998). Critical development activities for really new versus incremental products. **Journal of Product Innovation Management**, v. 15, n. 2, p. 124-135.
- STIEGLITZ, N.; HEINE, K. (2007). Innovations and the role of complementarities in a strategic theory of the firm. **Strategic Management Journal**, v. 28, n.1, p.1-15.
- STOREY, D. (1994). **Understanding the Small Business Sector**. New York: Routledge.
- STOREY, D.J; TETHER, B.S. (1998), New technology-based firms in the European union: an introduction, **Research Policy**, v. 26, n. 9, p. 933-946.
- SUBRAHMANYA, M.H (2005). Pattern of technological innovations in small enterprises: a comparative perspective of Bangalore (India) and Northeast England (UK). **Technovation**, v. 25, n. 3, p. 269–280.
- SUEYOSHI, T.; AOKI, S. (2001). A use of a nonparametric statistic for DEA frontier shift: the Kruskal and Wallis rank test, **Omega**, v. 29, p. 1-18.
- SUEYOSHI, T.; AOKI, S. (2001). A Use of Nonparametric Statistic for DEA Frontier Shift: The Kruskal and Wallis Rank Test. **OMEGA: International Journal of Management**
- TAYMAZ, E. (2005). Are Small Firms Really Less Productive?. **Small Business Economics**, v. 25, p.429–445.
- TELLIS, G. J.; PRABHU, J.; CHANDY, R. (2009). Radical Innovation Across Nations: The Preeminence of Corporate Culture. **Journal of Marketing**, v. 73, p. 3–23.
- TERENCE, A. C. (2008). Processo de criação de estratégias em pequenas empresas: elaboração de um mapa estratégico para empresas de base tecnológica do pólo de São Carlos/SP. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, (EESC/USP), São Carlos.
- TETHER, B. (2002). Who co-operates for innovation, and why. An empirical analysis. **Research policy**, v. 31, p. 947-967.
- TIDD, J; BESSANT, J; PAVITT, K (1997). **MANAGING INNOVATION: Integrating Technological, Market and Organizational Change**, Third Edition.
- TONE, K. (2002). A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 143, p. 32–41.
- TONE, Kaoru (2010). Variations on the theme of slacks-based measure of efficiency in DEA. **European Journal of Operational Research**, p. 901-907.
- TORKOMIAN, A. (1994). Fundação ParqTec: o órgão gestor do Pólo de Alta Tecnologia de São Carlos. **Ciência Informação**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 271-274, maio/ago.
- TORRÈS, O.; JULIEN, P.A. (2005). Specificity and denaturing of small business. **International Small Business Journal**, v. 23, n. 4, p. 355-377.
- TSAI, Kuen-Hung. Collaborative networks and product innovation performance: Toward a contingency perspective. **Research Policy**, Volume 38, Issue 5, June 2009, Pages 765-778
- UTTERBACK, J. M. (1994) **Mastering the dynamics of innovation**. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- UTTERBACK, J.M.; ABERNATHY, WJ. (1975) A Dynamic Model of Product and Process Innovation, **Omega**, v. 3, n. 6, p. 639-656.
- UZUN, A. (2001). Technological innovation activities in Turkey: the case of manufacturing industry, 1995–1997. **Technovation**, v. 21, p. 189–196.
- VAN BURG, E.; ROMME, A. G. L.; GILSING, V. A.; REYMEN, I. M. M. J. (2008). Creating University Spin-Offs: A Science-Based Design Perspective, **Journal Production Innovation Manag**, v. 25, p. 114–128.

- VAN de Ven, A.H. (1992). *Suggestions for studying strategy process: A research note*. **Strategic Management Journal**, v.12, p. 169-188.
- VAN DER VLIST, A.; GERKING, S.; FOLMER, H. (2004). What Determines the Success of States in Attracting SBIR Awards? **Economic Development Quarterly**, v. 18, p. 81.
- VARIAN, H. R. (1992). **Microeconomic Analysis**, 3rd Edition. New York and London: W.W. Norton.
- VEGA-JURADO, J.; GUTIERREZ-GRACIA, A.; FERN´ANDEZ-DE-LUCIO, I.; MANJARR´ES-HENRIQUEZ, L. (2008). The effect of external and internal factors on firms product innovation. **Research Policy**, v. 37, p. 616–632.
- VOLTI, Rudi. (1995). **Society and technological change**. 3rd ed. New York: St. Martin's Press
- VON HIPPEL, E. (1988), **The Sources of Innovation**, Oxford University Press, NY.
- WAGNER, J.M.; SHIMSHAK, D.G. (2007). Stepwise selection of variables in data envelopment analysis: procedures and managerial perspectives. **European Journal of Operation Research**, v. 180, p. 57-67.
- WALLSTEN, S.J., (2000). The effects of government-industry R&D programs on private R&D: the case of the small business innovation research program. **RAND Journal of Economics**, v.31, p. 82–100.
- WANG, W; HUANG, C. (2007). Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach. **Research Policy**, v. 36, n. 2, p.260-273.
- WESSNER, C. W. (2005). Driving Innovations Across The Valley Of Death. **Research Technology Management**; Jan/Feb 2005; 48, 9-12.
- WESSNER, C. W. (2007). Innovation Policies for the 21st Century: **Report of a Symposium**. National Academies Press.
- WEVER, E.; STAM, E. (1999), Clusters of high technology SMES: The Dutch case, **Regional Studies**, v. 33, p. 391-400.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. (1992) Creating project plans to focus product development. **Harvard Business Review**, v.70, n.2, p.70-82, 1992.
- WU, J.; SONG, J.; ZENG, C.. An empirical evidence of Small business financing in China. **Management Research News**, v. 31, n.12, p. 959-975.
- XIAO-YU, Y.; FU-JI, Xie (2007). Empirical Research on the Improvement of Resources Allocation Efficiency in Regional Innovation System Based on DEA-benchmarking Method. International Conference on Management Science &Engineering, p. 1207-1212.
- YANG, C H. (2009). Are small firms less efficient? **Small Business Economics**, vol. 32, n. 4, p. 375-395.
- YIN, R (2004). *Estudo de Caso: Planejamento e Método*. São Paulo: Bookman.
- ZENG, S.X.; XIE; X.M.; TAM, C.M. (2009). Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. **Technovation**, [doi:10.1016/j.technovation.2009.08.003](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.08.003)
- ZHANG, A; ZHANG,Y; ZHAO , R. (2003). A study of the R&D efficiency and productivity of Chinese firms, **Journal of Comparative Economics**, Volume 31, Issue 3, September 2003, p. 444-464.



**APENDICE A: Carta Convite**



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



São Carlos, 31 de março de 2009.

Prezado(a) Senhor(a),

Vimos, por meio deste apresentar a aluna Mariana Rodrigues de Almeida, que está desenvolvendo uma pesquisa de doutorado intitulada “*A Eficiência De Investimentos Fapesp Em Inovação Tecnológica: A Integração Das Técnicas Análise Por Envoltória De Dados E Índice Malmquist*”, neste departamento, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Atualmente, no Brasil, a modalidade de investimento em atividades inovativas se tornou prioridade para vários órgãos governamentais de fomento, pois a projeção de longo prazo objetiva reduzir, gradativamente, a dependência por tecnologia estrangeira. Mediante diretrizes políticas, alguns Estados brasileiros, principalmente o Estado de São Paulo, por meio de órgãos financiadores, já adotaram políticas de incentivo às empresas para o investimento em tecnologia.

Para o adequado direcionamento da alocação dos investimentos públicos, a análise de eficiência destes esforços se torna questão central para ser analisada neste trabalho. Temos como objetivo analisar toda população que obteve financiamento FAPESP do programa PIPE, com ênfase nos cinco pólos tecnológicos deste Estado (Campinas, São Paulo, São Carlos, São José dos Campos e Ribeirão Preto).

Considerando a relevância do tema exposto, vimos solicitar a participação de sua empresa nesta pesquisa, o que consistirá em uma visita técnica e uma entrevista pessoal com o coordenador do processo inovativo em data a ser acordada.

Vale ressaltar que todas as informações coletadas serão mantidas no mais absoluto sigilo, já que as empresas serão representadas por códigos e que, ao final do projeto as participantes receberão uma cópia dos resultados finais além de um convite para participar de uma reunião para apresentação dos resultados.

Agradecemos antecipadamente pela atenção enquanto destacamos a importância da participação de sua empresa, para o atingimento do objetivo proposto no projeto em referência.

Cordiais Saudações,

**Contato: Mariana Rodrigues de Almeida**

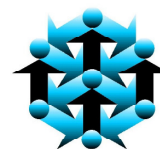
Doutoranda em Engenharia de Produção – EESC/USP  
[almeidamariana@yahoo.com](mailto:almeidamariana@yahoo.com)

**Coordenação: Daisy A. N. Rebeletto**

Professora Associada  
Departamento de Engenharia de Produção – EESC/USP  
[daisy@sc.usp.br](mailto:daisy@sc.usp.br)



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



São Carlos, 31 de março de 2009.

Prezado(a) Senhor(a),

Vimos, por meio deste apresentar a aluna Mariana Rodrigues de Almeida, que está desenvolvendo uma pesquisa de doutorado intitulada “*A Eficiência De Investimentos Fapesp Em Inovação Tecnológica: A Integração Das Técnicas Análise Por Envoltória De Dados E Índice Malmquist*”, neste departamento, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Atualmente, no Brasil, a modalidade de investimento em atividades inovativas se tornou prioridade para vários órgãos governamentais de fomento, pois a projeção de longo prazo objetiva reduzir, gradativamente, a dependência por tecnologia estrangeira. Mediante diretrizes políticas, alguns Estados brasileiros, principalmente o Estado de São Paulo, por meio de órgãos financiadores, já adotaram políticas de incentivo às empresas para o investimento em tecnologia.

Para o adequado direcionamento da alocação dos investimentos públicos, a análise de eficiência destes esforços se torna questão central para ser analisada neste trabalho. Temos como objetivo analisar toda população que obteve financiamento FAPESP do programa PIPE, com ênfase nos cinco pólos tecnológicos deste Estado (Campinas, São Paulo, São Carlos, São José dos Campos e Ribeirão Preto).

Considerando a relevância do tema exposto, vimos solicitar a participação de sua empresa nesta pesquisa, que consistirá no envio de um questionário.

Vale ressaltar que todas as informações coletadas serão mantidas no mais absoluto sigilo, já que as empresas serão representadas por códigos e que, ao final do projeto as participantes receberão uma cópia dos resultados finais além de um convite para participar de uma reunião para apresentação dos resultados.

Agradecemos antecipadamente pela atenção enquanto destacamos a importância da participação de sua empresa, para o atingimento do objetivo proposto no projeto em referência.

Cordiais Saudações,

**Contato: Mariana Rodrigues de Almeida**

Doutoranda em Engenharia de Produção – EESC/USP  
[almeidamariana@yahoo.com](mailto:almeidamariana@yahoo.com)

**Coordenação: Daisy A. N. Rebeletto**

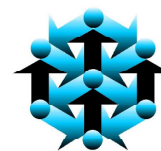
Professora Associada  
Departamento de Engenharia de Produção – EESC/USP  
[daisy@sc.usp.br](mailto:daisy@sc.usp.br)

**APENDICE B: Modelo do Questionário – pré-teste**





**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



### QUESTIONÁRIO – AVALIAR O DESEMPENHO DA EMPRESA

**Protocolo da pesquisa:** o presente questionário objetiva avaliar o desempenho da empresa após obtenção de financiamento, oferecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), para o desenvolvimento do projeto abaixo identificado. É composto de duas etapas, sendo a primeira voltada à avaliação global da empresa e a segunda, mais específica, ao impacto provocado pelo projeto em seu desempenho. Os resultados a serem obtidos são de fundamental importância para a conclusão da pesquisa de doutorado da engenheira Ms. Mariana Rodrigues de Almeida, vinculada a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) no curso de Engenharia de Produção, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Ao final do projeto, as empresas participantes receberão uma cópia dos resultados finais além de um convite para participar de uma reunião para apresentação dos resultados.

<b>Número/Processo:</b>	
<b>Nome do pesquisador:</b>	
<b>Empresa:</b>	
<b>Fase do projeto</b>	<input type="checkbox"/> Fase I - em andamento <input type="checkbox"/> Fase I – encerrado <input type="checkbox"/> Fase II - em andamento <input type="checkbox"/> Fase II – encerrado

### ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO

**Parte 1**– Esta etapa contempla questões para quantificar o desempenho alcançado pelo projeto no que concerne às entradas, aos resultados e aos fatores ambientais (organizacionais e estruturais) que possam ter influenciado no desempenho do projeto. Nessa etapa, o questionário contempla duas perguntas que precisam ser respondida para avaliar o benefício do projeto como fator ao longo dos anos.

**Parte 2** - Esta etapa contempla questões com características mais subjetivas para avaliar os aspectos gerais dos projetos. Para serem respondidas, elas são simples porque tem alternativas para que possa corresponder com as características do projeto.

**PARTE 1 – CARACTERÍSTICA DA EMPRESA FINANCIADA**

<b>Dimensão da empresa</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Qual é a idade da empresa?		Anos
2. Há quantos anos de experiência o proprietário trabalha na área de inovação tecnológica?		Anos
3. Há quantos anos de experiência o coordenador trabalha na área de inovação tecnológica?		Anos
4. Qual é o número total de colaboradores da empresa no período do projeto?		Colaboradores
5. Do total de colaboradores, quantos participam do projeto?		Colaboradores
6. Qual é o nível de formação dos colaboradores que atuaram no projeto?		

<b>Dimensão Financeira</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Quantos projetos a empresa já teve aprovados pela FAPESP?		<b>Unid.</b>
2. Do total investido no desenvolvimento do projeto apoiado pelo PIPE: Qual foi o percentual financiado pela FAPESP?		%
Qual foi o percentual financiado por capital próprio?		%
Qual foi o percentual financiado por terceiros? (não incluído a FAPESP)		%
3. De quanto foi, em Reais, o financiamento concedido a empresa pela FAPESP?		<b>R\$</b>
4. Quanto foi investido em propaganda e <i>marketing</i> para comercialização (ou divulgação) do projeto?		<b>R\$</b>
5. Qual é o percentual de faturamento proveniente do novo produto/serviço em relação ao faturamento total da empresa?		%
6. Qual é o percentual do investimento obtido com o PIPE para aquisição de equipamentos para o desenvolvimento de novos projetos?		%
7. Qual é o percentual do faturamento aplicado em treinamento para os funcionários?		%
8. Qual é o percentual de entregas realizadas na data prometida?		%
9. Qual foi a taxa de retorno (ROI) financeira obtida proporcionada pelo projeto para a empresa?		%
10. Quanto a empresa gasta por mês com manutenção no projeto?		<b>R\$</b>

<b>Dimensão da colaboração</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Quantos clientes foram beneficiados (ou atingido) com o novo produto/serviço?		Clientes
2. Quantos clientes participaram no desenvolvimento do projeto?		Clientes
3. Quantos fornecedores participaram no desenvolvimento do projeto?		Fornecedores
4. Quantas instituições internacionais contribuíram no projeto?		Instituições
5. Quantos serviços de consultorias foram contratados para o projeto?		Consultorias
6. Quantas instituições universitárias estiveram envolvidas no projeto?		Universidades

<b>Dimensão da Produção</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Da capacidade total instalada, qual é o percentual atualmente utilizado?		%
2. De quantos produtos é composto o portfólio da empresa?		Produtos
3. Qual é a taxa percentual da produção que apresenta defeito?		%
4. Do total de insumos, quanto gera desperdício?		R\$
5. Qual é o volume de produção / prestação de serviço mensal gerado a partir do projeto? Ex: 100 aparelhos por mês, 150 pacientes por mês, 15.000 placas por mês, etc.		Quantidade/mês
6. Qual é o crescimento observado nas vendas da empresa após a implementação do projeto?		%
7. Quantos postos de trabalho foram criados no desenvolvimento do produto/serviço?		Número
8. Em média, quanto tempo a empresa leva do projeto ao lançamento de um novo produto no mercado?		Meses
9. Quanto tempo a empresa leva para solucionar um problema de pós venda?		Dias
10. Qual foi o crescimento de vendas na empresas após a implementação desse projeto do PIPE?		%

<b>Dimensão do Mercado</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Qual é o nível de satisfação do cliente?		%
2. A que mercado se destina o novo produto/serviço da empresa?		Interno/externo
3. Quantos concorrentes diretos a empresa consegue identificar no mercado nacional?		Concorrentes
4. Quantos concorrentes diretos a empresa consegue identificar no mercado internacional?		Concorrentes
5. Qual é o nível de preços praticado pela empresa com relação aos seus concorrentes?	<input type="checkbox"/> Pratica preços mais baixos <input type="checkbox"/> Pratica preços similares <input type="checkbox"/> Pratica preços mais altos	

<b>Dimensão Difusão</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. A empresa participa de eventos, tais como feiras, congressos ou similares?		Sim ou Não
2. Quantas patentes foram geradas a partir do projeto?		Patentes
3. Com qual frequência participa desses eventos?		Vezes ao ano
4. Com qual finalidade participa desses eventos?	<input type="checkbox"/> Buscar parcerias com fornecedores <input type="checkbox"/> Divulgar o novo produto <input type="checkbox"/> Adquirir novos conhecimentos técnicos <input type="checkbox"/> Observar as tendências do mercado <input type="checkbox"/> Outras (Especifique):	
5. Qual foi o retorno acadêmico gerado pelo projeto?	<input type="checkbox"/> Dissertações <input type="checkbox"/> Livros <input type="checkbox"/> Teses <input type="checkbox"/> Artigos acadêmicos	Quantidade: _____ Quantidade: _____ Quantidade: _____ Quantidade: _____

## Parte 2 – Características do projeto

1. **Para quem**, a empresa classifica como inovação a tecnologia obtida com o projeto financiado pela Fapesp. Marque apenas uma opção:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Para o mundo                 | <input type="checkbox"/> Para a região    |
| <input type="checkbox"/> Para indústria em que atua   | <input type="checkbox"/> Para a empresa   |
| <input type="checkbox"/> Para a comunidade científica | <input type="checkbox"/> Para os clientes |

2. **Como**, a empresa classifica a tecnologia obtida com o projeto de inovação tecnológica financiado pela Fapesp. Marque apenas uma opção:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Como novas habilidades de marketing     | <input type="checkbox"/> Como novas habilidades de produção |
| <input type="checkbox"/> Como novas habilidades de vendas        | <input type="checkbox"/> Como novo modelo de negócio        |
| <input type="checkbox"/> Como novas habilidades de distribuição  | <input type="checkbox"/> Como nova habilidade de processos  |
| <input type="checkbox"/> Como novas habilidades de gerenciamento | <input type="checkbox"/> Outras:                            |

3. A empresa classifica a tecnologia obtida com o projeto de inovação tecnológica financiado pela Fapesp novo em que. Marque apenas uma opção:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Na tecnologia                    | <input type="checkbox"/> No <i>design</i> dos produtos |
| <input type="checkbox"/> Na linha de produtos             | <input type="checkbox"/> No processo                   |
| <input type="checkbox"/> Nas características dos produtos | <input type="checkbox"/> Na logística                  |
| <input type="checkbox"/> No serviço                       |  |

4. Qual é o tipo de inovação realizada na empresa?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Quando introduz um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características específicas (Produto). | <input type="checkbox"/> Quando implementa de um novo método de <i>marketing</i> com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços ( <i>Marketing</i> ). |
| <input type="checkbox"/> Quando desenvolve um novo método de produção ou uma nova distribuição seja significativamente melhorada (Processo)                   | <input type="checkbox"/> Adiciona um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local do trabalho ou em suas relações externas da empresa (Organizacional)   |

5. Qual a estratégia adotada pela empresa frente ao mercado em que atua?

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Colocando na frente dos concorrentes por meio da introdução de novos mercados com elevada capacidade tecnológica (Ofensiva). | <input type="checkbox"/> Realiza modificações nos produtos ou processos por exigências das empresas dominantes (Dependente) | <input type="checkbox"/> Segue as inovações dos líderes do setor (Imitativa) |
| <input type="checkbox"/> Reagi e adapta as modificações introduzidas pelos concorrentes (Defensiva).  | <input type="checkbox"/> Identifica oportunidades no mercado em mudanças (Oportunista)                                      | <input type="checkbox"/> Outra (Especifique):                                |

6. Qual a tipologia da inovação desenvolvida na empresa, segundo o grau de novidade?

- Incremental (melhorias moderadas nos produtos e processos de negócios em vigor)
- Modular (alterações significativas em partes específicas do projeto sem a necessidade de alterar o seu design).
- Arquitetural (produtos/serviços que já fazem parte do portfólio da empresa, porém apresentados com um novo design).
- Radical (conjunto de novos produtos e/ou serviços fornecidos de maneira inteiramente nova).

7. Qual é o modelo adotado pela empresa para desenvolvimento de uma inovação?

- Modelo linear (parte-se de uma idéia e chega-se a concepção do produto de maneira linear, fase após fase, sem interação entre elas).
- Modelo dos elos de cadeia (apresentam-se diversos *feedbacks* entre as diferentes fases do desenvolvimento do produto e das fontes de conhecimentos externas à firma).
- Modelo de ciclos (desenvolvem-se inovações por meio de redes com outras empresas, instituições de ensino, centros de pesquisas, fundações governamentais o que inspiram um modelo sistêmico).

8. Marque as forças que influenciaram a empresa a desenvolver um projeto de inovação tecnológica?

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Necessidades dos clientes     | <input type="checkbox"/> Necessidades de áreas internas da empresa | <input type="checkbox"/> Espírito inovador da empresa             |
| <input type="checkbox"/> Necessidades dos fornecedores | <input type="checkbox"/> Oportunidades de mercado                  | <input type="checkbox"/> Universidades e instituições de pesquisa |
| <input type="checkbox"/> Outras:                       |  |   |

9. Qual o principal objetivo da empresa em desenvolver um projeto de inovação tecnológica?

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Explorar um novo mercado                   | <input type="checkbox"/> Diminuir custos                        | <input type="checkbox"/> Expandir a capacidade produtiva |
| <input type="checkbox"/> Melhorar a qualidade dos produtos/serviços | <input type="checkbox"/> Substituir produtos                    | <input type="checkbox"/> Reduzir impactos ambientais     |
| <input type="checkbox"/> Oportunidades no mercado                   | <input type="checkbox"/> Aumentar a flexibilidade dos processos | <input type="checkbox"/> Outros:                         |

10. Qual é a principal fonte de informação utilizada pela empresa para o desenvolvimento do projeto?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Fontes internas (P&D, produção, vendas & marketing, etc.) | <input type="checkbox"/> Fontes externas (fornecedores, clientes, concorrentes, consultorias, etc.)            |
| <input type="checkbox"/> Universidades e outros institutos de pesquisa             | <input type="checkbox"/> Outras fontes de informações (licenças, patentes, feiras, congressos, internet, etc.) |
| <input type="checkbox"/> Mercado internacional (específico)                        |  |

11. Quais são as ferramentas utilizadas pela empresa para identificar as oportunidades de mercado?

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Pesquisa de mercado                   | <input type="checkbox"/> Observação em campo                |
| <input type="checkbox"/> Entrevista individual de consumidores | <input type="checkbox"/> Análise do perfil dos consumidores |
| <input type="checkbox"/> Abordagem de usuários avançados       | <input type="checkbox"/> Outras (especifique):              |

12. Qual é a principal barreira enfrentada pela empresa no desenvolvimento do projeto?

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Falta de recursos               | <input type="checkbox"/> Inviabilidade econômica do projeto                |
| <input type="checkbox"/> Projeto de alto risco           | <input type="checkbox"/> Falta de conhecimento técnico na área             |
| <input type="checkbox"/> Ausência de pessoal qualificado | <input type="checkbox"/> Dificuldade de comercialização do produto/serviço |
| <input type="checkbox"/> Outra (especifique):            | <input type="checkbox"/> Burocracias                                       |

13. A localização geográfica influencia no desenvolvimento de projetos de inovação?

- Sim  Não

14. A empresa aplica alguma metodologia para mensurar as atividades inovativas?

- Sim  Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

15. Quais são os indicadores utilizados pela empresa para mensurar seus processos de inovação tecnológica?

---

---

---

16. Qual é a prioridade competitividade da produção com a empresa atua no mercado?

- Atende os clientes com rapidez  
 Fabrica (ou Desenvolve) os produtos/serviços com alto nível de qualidade e alto desempenho.  
 O produto/serviço pode ser alterado de acordo com as especificações dos clientes (oferece um amplo mix de produção/serviço)  
 Os produtos/serviços oferecidos são mais baratos no mercado

17. Qual foi o impacto observado pela empresa em sua estrutura organizacional com o desenvolvimento do projeto de inovação tecnológica financiado pela FAPESP?

---

---

---

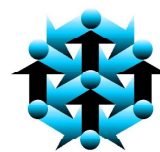
## APÊNDICE C - PROTOCOLO DE PESQUISA

PROTOCOLO DA PESQUISA DE CAMPO				
ETAPA	PROCEDIMENTO	OBJETO DE ESTUDO	TÉCNICA DE ANÁLISE	ENTREVISTADOS E PERÍODO
Coleta dos dados				
Pré-teste (Entrevista/ Email)	1. Encaminhar o convite formal ou telefonar para os proprietários	Empresas incubadas Empresas em fase de crescimento	Quantitativa e Qualitativa	Proprietário e/ou coordenadores (2 meses)
Entrevista e telefone	1. Encaminhar o convite formal; 2. Programar as visitas com o endereço (mapa) e telefones; 3. Entrevistar o proprietário ou o coordenador do projeto PIPE; 4. Realizar uma visita técnica na empresa; 5. Codificar as empresas; 6. Tabular as respostas;	Empresas com projetos fase II encerrado e Fase III	Quantitativa e Qualitativa	Proprietário e/ou coordenadores (4 meses)
Email	1. Encaminhar o convite formal; 2. Encaminhar o questionário; 3. Codificar as empresas; 4. Tabular as respostas;	Empresas com projetos fase I encerrado e em execução, Fase II encerrado e em execução	Quantitativa	Proprietário e/ou coordenadores (4 meses)



**Apêndice D – Modelo final do questionário**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**QUESTIONÁRIO – AVALIAR O DESEMPENHO DA EMPRESA**

**Protocolo da pesquisa:** o presente questionário objetiva avaliar o desempenho da empresa após obtenção de financiamento, oferecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), para o desenvolvimento do projeto abaixo identificado. É composto de duas etapas, sendo a primeira voltada à avaliação global da empresa e a segunda, mais específica, ao impacto provocado pelo projeto em seu desempenho. Os resultados a serem obtidos são de fundamental importância para a conclusão da pesquisa de doutorado da engenheira Ms. Mariana Rodrigues de Almeida, vinculada a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) no curso de Engenharia de Produção, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Ao final do projeto, as empresas participantes receberão uma cópia dos resultados finais além de um convite para participar de uma reunião para apresentação dos resultados.

<b>Número/Processo:</b>	
<b>Nome do pesquisador:</b>	
<b>Empresa:</b>	
<b>Fase do projeto</b>	<input type="checkbox"/> Fase I - em andamento <input type="checkbox"/> Fase I – encerrado <input type="checkbox"/> Fase II - em andamento <input type="checkbox"/> Fase II – encerrado

**ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO**

**Parte 1** – Esta etapa contempla questões para quantificar o desempenho alcançado pelo projeto no que concerne às entradas, aos resultados e aos fatores ambientais (organizacionais e estruturais) que possam ter influenciado no desempenho do projeto. Nessa etapa, o questionário contempla duas perguntas que precisam ser respondida para avaliar o benefício do projeto como fator ao longo dos anos.

**Parte 2** - Esta etapa contempla questões com características mais subjetivas para avaliar os aspectos gerais dos projetos. Para serem respondidas, elas são simples porque tem alternativas para que possa corresponder com as características do projeto.



<b>Dimensão da empresa</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Setor econômico da empresa (setor atividade)		
2. Qual é a idade da empresa?		Anos
3. Qual é a idade do projeto?		Meses
4. Quantos anos de experiência tem o proprietário na área de inovação tecnológica?		Anos
5. Quantos anos de experiência tem o coordenador na área de inovação tecnológica?		Anos
6. Quantos funcionários compõem o quadro da empresa?		Colaboradores
7. Do total de colaboradores, quantos participam do projeto?		Colaboradores
8. A empresa nasceu de um projeto PIPE?		Sim/ não
9. Quantos projetos a empresa já teve aprovados pela FAPESP?		Unid.

<b>Dimensão da colaboração</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
10. Quantos clientes participaram no desenvolvimento do projeto?		Clientes
11. Quantos fornecedores participaram no desenvolvimento do projeto?		Fornecedores
12. Quantas instituições internacionais contribuíram no projeto?		Instituições
13. Quantas instituições universitárias estiveram envolvidas no projeto?		Universidades
14. Quantos serviços de consultorias foram contratados para o projeto?		Consultorias
15. Dentre os fornecedores da empresa, quantos têm ou já tiveram projeto PIPE?		Fornecedor
16. Dentre os clientes da empresa, quantos têm ou já tiveram projeto PIPE?		Cliente

<b>Dimensão da Produção</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
17. Da capacidade total instalada, qual é o percentual atualmente utilizado?		%
18. A empresa utiliza algum serviço de terceirização?		Sim/não
19. De quantos produtos é composto o portfólio da empresa?		Produtos
20. Qual foi o crescimento observado nas vendas da empresa após a implementação do projeto?		%
21. Quanto tempo a empresa levou do projeto ao lançamento do produto no mercado?		Meses

<b>Dimensão do Mercado</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
22. Qual é o nível de satisfação do cliente com o produto desenvolvido?		%
23. Qual é a participação no mercado da empresa perante o mercado (market share)?		%
24. A que mercado se destina o novo produto/serviço da empresa?		Interno/externo
25. Quantos concorrentes diretos a empresa consegue identificar no mercado nacional?		Concorrentes
26. Quantos concorrentes diretos a empresa consegue identificar no mercado internacional?		Concorrentes
27. Qual é o nível de preços praticado pela empresa com relação aos seus concorrentes?	<input type="checkbox"/> Pratica preços mais baixos <input type="checkbox"/> Pratica preços similares <input type="checkbox"/> Pratica preços mais altos	

<b>Dimensão Financeira</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
28. Do total investido no desenvolvimento do projeto apoiado pelo PIPE:		
Qual foi o percentual financiado pela FAPESP?		%
Qual foi o percentual financiado por capital próprio?		%
Qual foi o percentual financiado por terceiros? (não incluído a FAPESP)		%
29. De quanto foi, em Reais, o financiamento concedido a empresa pela FAPESP?		R\$
30. Quanto foi investido em propaganda e <i>marketing</i> para comercialização (ou divulgação) do projeto?		R\$
31. Qual é o percentual de faturamento proveniente do novo produto/serviço em relação ao faturamento total da empresa?		%
32. Qual é o percentual do investimento obtido com o PIPE para aquisição de equipamentos para o desenvolvimento de novos projetos?		%
33. Qual é o percentual do faturamento aplicado em treinamento para os funcionários?		%
34. Qual foi o faturamento da empresa para este produto no ano de 2008?		R\$
35. Qual foi a taxa de retorno (ROI) financeira obtida proporcionada pelo projeto para a empresa?		%
36. Do total pago em tributos, o valor recebido por fundos governamentais já retornou por meio de tributos?		Sim/ Não
37. Após a implementação do projeto Pipe, qual foi o aumento nas receitas (faturamento) da empresa?		%

<b>Dimensão Difusão</b>	<b>Resposta</b>	<b>Unidade</b>
1. Uma nova empresa (Spin-off) foi gerada a partir deste projeto PIPE?		
2. A empresa participa de eventos, tais como feiras, congressos ou similares?		Sim ou Não
3. Quantas patentes foram geradas a partir do projeto?		Patentes
4. Com qual freqüência participa desses eventos?		Vezes ao ano
5. Qual a principal finalidade de a empresa participar desses eventos?	<input type="checkbox"/> Buscar parcerias com fornecedores <input type="checkbox"/> Divulgar o novo produto <input type="checkbox"/> Adquirir novos conhecimentos técnicos <input type="checkbox"/> Observar as tendências do mercado <input type="checkbox"/> Outras (Especifique):	
6. Qual foi o retorno acadêmico gerado pelo projeto?	<input type="checkbox"/> Dissertações <input type="checkbox"/> Livros <input type="checkbox"/> Teses <input type="checkbox"/> Artigos acadêmicos	Quantidade: _____ Quantidade: _____ Quantidade: _____ Quantidade: _____

## Parte 2 – Características do projeto

1. Para quem a empresa classifica como inovação a tecnologia obtida com o projeto financiado pela Fapesp? Marque apenas uma opção:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Para o mundo                 | <input type="checkbox"/> Para a região    |
| <input type="checkbox"/> Para indústria em que atua   | <input type="checkbox"/> Para a empresa   |
| <input type="checkbox"/> Para a comunidade científica | <input type="checkbox"/> Para os clientes |

2. A empresa classifica a tecnologia obtida com o projeto de inovação tecnológica financiado pela Fapesp novo **em que**? Marque apenas uma opção:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Na tecnologia                    | <input type="checkbox"/> No <i>design</i> dos produtos |
| <input type="checkbox"/> Na linha de produtos             | <input type="checkbox"/> No processo                   |
| <input type="checkbox"/> Nas características dos produtos | <input type="checkbox"/> Na logística                  |
| <input type="checkbox"/> No serviço                       |  |

3. Qual é o tipo de inovação realizada na empresa? (Marque apenas uma opção)

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Quando introduz um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características específicas (Produto). | <input type="checkbox"/> Quando implementa de um novo método de <i>marketing</i> com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços ( <i>Marketing</i> ). |
| <input type="checkbox"/> Quando desenvolve um novo método de produção ou uma nova distribuição seja significativamente melhorada (Processo)                   | <input type="checkbox"/> Adiciona um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local do trabalho ou em suas relações externas da empresa (Organizacional)   |

4. Qual a estratégia adotada pela empresa frente ao mercado em que atua? (Marque apenas uma opção)

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Colocando na frente dos concorrentes por meio da introdução de novos mercados com elevada capacidade tecnológica (Ofensiva). | <input type="checkbox"/> Realiza modificações nos produtos ou processos por exigências das empresas dominantes (Dependente) | <input type="checkbox"/> Segue as inovações dos líderes do setor (Imitativa) |
| <input type="checkbox"/> Reagi e adapta as modificações introduzidas pelos concorrentes (Defensiva).  | <input type="checkbox"/> Identifica oportunidades no mercado em mudanças (Oportunista)                                      | <input type="checkbox"/> Outra (Especifique):                                |

5. Qual a tipologia da inovação desenvolvida na empresa, segundo o grau de novidade? (Marque apenas uma opção)

- Incremental (melhorias moderadas nos produtos e processos de negócios em vigor)
- Modular (alterações significativas em partes específicas do projeto sem a necessidade de alterar o seu design).
- Arquitetural (produtos/serviços que já fazem parte do portfólio da empresa, porém apresentados com um novo design).
- Radical (conjunto de novos produtos e/ou serviços fornecidos de maneira inteiramente nova).

6. Qual é o modelo adotado pela empresa para desenvolvimento de uma inovação?  
(Marque apenas uma opção)

- Modelo linear (parte-se de uma idéia e chega-se a concepção do produto de maneira linear, fase após fase, sem interação entre elas).
- Modelo dos elos de cadeia (apresentam-se diversos *feedbacks* entre as diferentes fases do desenvolvimento do produto e das fontes de conhecimentos externas à firma).
- Modelo de ciclos (desenvolvem-se inovações por meio de redes com outras empresas, instituições de ensino, centros de pesquisas, fundações governamentais o que inspiram um modelo sistêmico).

7. Marque a principal força que influenciou a empresa a desenvolver um projeto de inovação tecnológica? (Marque apenas uma opção)

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Necessidades dos clientes     | <input type="checkbox"/> Necessidades de áreas internas da empresa | <input type="checkbox"/> Espírito inovador da empresa             |
| <input type="checkbox"/> Necessidades dos fornecedores | <input type="checkbox"/> Oportunidades de mercado                  | <input type="checkbox"/> Universidades e instituições de pesquisa |
| <input type="checkbox"/> Outras:                       |  |   |

8. Qual o principal objetivo da empresa em desenvolver um projeto de inovação tecnológica?  
(Marque apenas uma opção)

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Explorar um novo mercado                   | <input type="checkbox"/> Diminuir custos                        | <input type="checkbox"/> Expandir a capacidade produtiva |
| <input type="checkbox"/> Melhorar a qualidade dos produtos/serviços | <input type="checkbox"/> Substituir produtos                    | <input type="checkbox"/> Reduzir impactos ambientais     |
|   | <input type="checkbox"/> Aumentar a flexibilidade dos processos | <input type="checkbox"/> Outros:                         |

9. Qual é a principal fonte de informação utilizada pela empresa para o desenvolvimento do projeto?  
(Marque apenas uma opção)

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Fontes internas (P&D, produção, vendas & marketing, etc.) | <input type="checkbox"/> Fontes externas (fornecedores, clientes, concorrentes, consultorias, etc.)            |
| <input type="checkbox"/> Universidades e outros institutos de pesquisa             | <input type="checkbox"/> Outras fontes de informações (licenças, patentes, feiras, congressos, internet, etc.) |

10. Qual é a principal ferramenta utilizada pela empresa para identificar as oportunidades de mercado? (Marque apenas uma opção)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Pesquisa de mercado                   | <input type="checkbox"/> Observação em campo                |
| <input type="checkbox"/> Entrevista individual de consumidores | <input type="checkbox"/> Análise do perfil dos consumidores |
| <input type="checkbox"/> Abordagem de usuários avançados       | <input type="checkbox"/> Outras (especifique):              |

11. Qual é a principal barreira enfrentada pela empresa no desenvolvimento do projeto?  
(Marque apenas uma opção)

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Falta de recursos               | <input type="checkbox"/> Inviabilidade econômica do projeto                |
| <input type="checkbox"/> Projeto de alto risco           | <input type="checkbox"/> Falta de conhecimento técnico na área             |
| <input type="checkbox"/> Ausência de pessoal qualificado | <input type="checkbox"/> Dificuldade de comercialização do produto/serviço |
| <input type="checkbox"/> Outra (especifique):            | <input type="checkbox"/> Burocracias                                       |

38. A localização geográfica influencia no desenvolvimento de projetos de inovação?

- Sim  Não

39. Onde a empresa está atualmente instalada?

- Incubadora  Parque tecnológico  
 Sede (escritório)  Outros:

40. A empresa aplica alguma metodologia para mensurar as atividades inovativas?

- Sim  Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

41. Quais são os indicadores utilizados pela empresa para mensurar seus processos de inovação tecnológica?

---

---

---

42. Qual é a prioridade competitiva da produção que a empresa atua no mercado?  
(Marque apenas uma opção)

- Atende os clientes com rapidez
- Fabrica (ou Desenvolve) os produtos/serviços com alto nível de qualidade e alto desempenho.
- O produto/serviço pode ser alterado de acordo com as especificações dos clientes (oferece um amplo mix de produção/serviço)
- Os produtos/serviços oferecidos são mais baratos no mercado

## Apêndice E – Manova

A Manova foi utilizada para explorar simultaneamente a relação existente entre as variáveis independentes (Anos de experiência do coordenador; Tamanho da equipe de P&D; Número de consultoria; Capital investido FAPESP; Capital próprio; Capital de terceiro) e as variáveis dependentes (Número de publicação de artigos; Número de artigos; Tempo de desenvolvimento) do modelo desenvolvido com base no construto.

Com base no conjunto de dados, a validação dos modelos do DEA:

### Modelo 1

summary(manovafit)						
	DF	Pillai aprox	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
anos	1	0.007328	0.3125	3	127	0.816323
equipe	1	0.111963	5.3373	3	127	0.001702 **
consultoria	1	0.071015	3.2361	3	127	0.024513 *
fomentados	1	0.073774	0.073774	3	127	0.020617 *
	1	1 0.011386	1 0.011386	3	127	1 0.011386
próprio		0.4876	0.4876			0.4876
		3 127	3 127			3 127
		0.691532	0.691532			0.691532
terceiros	1	0.003506	0.1489	3	127	0.930206
Residual	36					

### Modelo 2

summary(manovafit)						
Recursos	DF	Pillai aprox	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
fomentados	1	0.040700	0.74246	2	35	0.4833
Próprio	1	0.042571	0.77812	2	35	0.4671
Terceiros	1	0.022383	0.40067	2	35	0.6729
Residual	36					

**Apêndice F** – Dados não normais





# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)