RENATO GALLINA

**A CONTRIBUIÇÃO DA TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA
(TIB) NO PROCESSO DE FORMAÇÃO E ACUMULAÇÃO DAS
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DE EMPRESAS DO SETOR
METAL-MECÂNICO.**

SÃO PAULO

2009

RENATO GALLINA

**A CONTRIBUIÇÃO DA TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA
(TIB) NO PROCESSO DE FORMAÇÃO E ACUMULAÇÃO DAS
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DE EMPRESAS DO SETOR
METAL-MECÂNICO.**

**Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Engenharia**

**Área de Concentração:
Engenharia de Produção**

**Orientador:
Prof. Dr. Afonso C. C. Fleury**

SÃO PAULO

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Gallina, Renato

A contribuição da tecnologia industrial básica (TIB) no processo de formação e acumulação das capacidades tecnológicas de empresas do setor metal-mecânico / R. Gallina. -- São Paulo, 2009.

P242.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Tecnologia industrial básica 2. Capacitação tecnológica 3. Metrologia I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar minha profunda gratidão a todos que, direta ou indiretamente me auxiliaram neste trabalho.

Em primeiro lugar agradeço a DEUS, por ter me dado inteligência, energia e saúde, tão necessárias para a elaboração de um trabalho como este.

À minha família, a quem devo minha educação, e com a qual aprendi a não desviar jamais dos princípios de honestidade e respeito ao próximo. “Só consegui ver tão longe porque subi nos ombros de gigantes”, disse Isaac Newton, referindo-se aos cientistas que o precederam. No meu caso, minha família é meu gigante. Agradeço profundamente a felicidade de ter nascido numa família de pessoas tão especiais. A vida é um milagre e poder compartilhá-la com uma família tão maravilhosa é ser duplamente abençoado.

Ao meu orientador Prof. Afonso C. C. Fleury, pela confiança em mim depositada e pelas orientações tão oportunas em todos os momentos.

Ao Prof. José Joaquim do Amaral Ferreira e ao Sr. Airton Gonzáles da Fundação Carlos Alberto Vanzolini, por terem me orientado e ajudado na fase de coleta de dados de campo.

À Prof^a. Patrícia Prado Belfiore, pela orientação no encaminhamento da estatística dos dados coletados da pesquisa.

A todos os representantes das empresas que colaboraram em responder ao questionário de pesquisa.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Produção da Escola Politécnica, que muito colaboraram para a conclusão deste trabalho.

Por fim, aos meus colegas do Centro Universitário da FEI, do IPEI – Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais, CREA-SP e da USJT – Universidade São Judas Tadeu, os quais tenho a honra de ter como colegas, pelo apoio, amizade e pela oportunidade de convivência que tem sido de valor inestimável para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Muito obrigado.

RESUMO

Nota-se que cada vez mais a sobrevivência e o crescimento das empresas industriais estão relacionadas com a possibilidade de se oferecer produtos e serviços em conformidade com as mais recentes normas internacionais. Em tal contexto, o domínio das funções tecnológicas da Tecnologia Industrial Básica – TIB (metrologia, normalização e avaliação da conformidade) – não é somente um requisito para a competitividade de uma empresa, mas também a base para a efetiva acumulação de capacidades tecnológicas, as quais são necessárias para a inovação bem como para o melhoramento contínuo da qualidade dos produtos e serviços. Na literatura especializada, raros são os estudos que analisam a função da TIB no processo de aprendizagem tecnológica de uma empresa. Este trabalho teve a intenção de preencher essa lacuna ao propor um modelo para avaliar e projetar as relações dinâmicas entre TIB e capacidade tecnológica. O objetivo geral deste estudo foi o de analisar a relação entre a TIB e a formação e acumulação das capacidades tecnológicas nas empresas. O estudo foi realizado através de um *survey*, cujo instrumento de pesquisa foi um questionário aplicado em uma amostra de 103 empresas de diferentes níveis de capacidade tecnológica do setor metal-mecânico. Concluiu-se que a TIB contribui com a formação e acumulação das capacidades tecnológicas em todos os níveis e os resultados mostraram que existem associações significativas entre: (i) certificações ISO 9001/TS 16949 com as atividades de engenharia reversa; (ii) certificações ISO 17025 e de produtos com as inovações incrementais em sua linha de produtos; (iii) certificação ambiental ISO 14001 com as inovações radicais em processos/produtos, práticas de *just-in-time*, Kaizen, TQC/TQM e uso de sistemas integrados de informação; e (iv) sistemas inovadores de medição com as práticas de P&D e relacionamentos com instituições de C&T.

Palavras-chave: Tecnologia Industrial Básica (TIB), capacidade tecnológica, setor metal-mecânico.

ABSTRACT

Increasingly, the survival of industrial firms is related to the possibility of offering products and services in conformity with the most recent international standards. However, the mastery of Infrastructural Technologies – IfT (metrology, standardization and conformity assessment) – is not only a requirement for the international competitiveness of a firm but it is also the basis for the effective accumulation of Technological Capabilities (TC) which are needed for innovation as well as the continuous improvement of the quality of products and services. In the existing literature, rare are the studies that analyze the role of IfT in the technological learning process of a firm. This work intended to fill that gap by proposing a model to assess and project the dynamic interplay between IfT and TC. The aim of this study was to analyze the relationship between IfT and the effective accumulation of TC in the firms. The study was carried out through a survey, whose instrument of research was a questionnaire applied in a sample of 103 firms of different levels of TC in metal-mechanics industry. It can be concluded that the IfT contributes with the effective accumulation of TC in all levels and the results showed that there are significant associations between: (i) accreditations ISO 9001/TS 16949 with the reversal engineering activities; (ii) accreditations ISO 17025 and of certified products in their production lines with incremental innovations in their products; (iii) ambiental accreditation by ISO 14001 with radical innovations in products/processes, activities of JIT, Kaizen, TQC/TQM and the use of information integrated systems; and (iv) innovatory systems of measurement with P&D practices and relationships with C&T institutions.

Key words: Infrastructural Technologies, technological capability, metal-mechanics industry.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
INTRODUÇÃO	14
1.1 – O Contexto do Estudo	14
1.2 – O Problema e a Questão de Pesquisa	19
1.3 – Os Objetivos da Pesquisa	20
1.4 – A Relevância do Tema	21
1.5 – Justificativas	23
1.6 – Contribuições do Trabalho	24
1.7 – Estrutura da Tese	25
 CAPÍTULO 2	 26
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 – Capacidade e Aprendizagem Tecnológica	27
2.1.1 – Capacidade tecnológica sob o ponto de vista da economia industrial	27
2.1.2 – Capacidade tecnológica sob o ponto de vista da teoria administrativa	36
2.1.3 – Síntese dos conceitos de capacidade tecnológica	38
2.1.4 – Processos de aprendizagem tecnológica	40
2.1.5 – A classificação das capacidades tecnológicas em países em desenvolvimento	45
2.2 – Tecnologia Industrial Básica – TIB	65
2.2.1 – A Abordagem no Plano Global	66
2.2.1.1 – Barreiras Técnicas	66
2.2.1.2 – A Organização Mundial do Comércio (OMC) e as Barreiras Técnicas	67
2.2.1.3 – As Funções Tecnológicas facilitadoras do comércio internacional	70
2.2.1.4 – Os Acordos de Reconhecimento Mútuos (MRA's) entre países	72
2.2.1.5 – A Metrologia abordada no Plano Global	73
2.2.1.6 – A normalização e a regulamentação técnica abordados no plano global	78
2.2.1.7 – A Avaliação da Conformidade abordada no Plano Global	84
2.2.2 – A Abordagem no Plano Local	86
2.2.2.1 – A criação da Tecnologia Industrial Básica – TIB, no Brasil	86
2.2.2.2 – O Inmetro e a estrutura laboratorial brasileira	89
2.2.2.3 – A metrologia abordada no plano local	91
2.2.2.4 – A normalização e a regulamentação técnica abordados no plano local	94
2.2.2.5 – A Avaliação da Conformidade abordada no plano local – o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade	96
2.2.3 – A abordagem no plano empresarial	104
2.2.3.1 – A metrologia abordada no plano empresarial	104
2.2.3.2 – A normalização e a regulamentação técnica abordados no plano empresarial	113
2.2.3.3 – A Avaliação da Conformidade abordada no plano empresarial	117

CAPÍTULO 3	124
CAPACIDADE EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA	125
3.1 – Considerações Finais	125
3.1.1 – Premissas básicas consideradas	125
3.2 – Desenvolvimento do Modelo Proposto	126
3.2.1 – Levantamento do perfil metrológico	126
3.2.2 – Levantamento do perfil normativo	133
3.2.3 – Levantamento do perfil de avaliação da conformidade	141
 CAPÍTULO 4	 150
METODOLOGIA DA PESQUISA	151
4.1 – Os Métodos de Pesquisa na Engenharia de Produção	151
4.2 – A Escolha do Método de Pesquisa	152
4.3 – O Método de Pesquisa Escolhido: <i>SURVEY</i>	155
4.4 – O Modelo Conceitual, as Proposições e a Unidade de Análise da Pesquisa	159
4.4.1 – O modelo conceitual, as variáveis de pesquisa e os indicadores	159
4.4.1.1 – Variável dependente	160
4.4.1.2 – Variável independente	166
4.4.2 – Proposições	168
4.4.3 – Definição da unidade de análise	170
4.5 – A Amostragem e o Instrumento da Pesquisa	170
4.5.1 – A definição da amostragem da pesquisa	170
4.5.2 – O instrumento de pesquisa	173
4.5.2.1 – O formato do instrumento de pesquisa	173
4.6 – O Teste Piloto	175
4.7 – A Coleta de Dados	176
 CAPÍTULO 5	 178
RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS	179
5.1 – Informações Básicas	179
5.1.1 – Taxa de respostas	179
5.1.2 – A distribuição dos respondentes por indicador em TIB	180
5.1.3 – Dados ausentes	181
5.1.4 – Dados extremos	182
5.2 – Estatística Descritiva dos Dados Levantados	182
5.2.1 – Dados relativos aos indicadores de capacidade tecnológica	182
5.2.2 – Dados relativos aos mecanismos de aprendizagem em TIB	184
5.3 – A Escolha das Técnicas Estatísticas	185
5.4 – A Técnica da Correlação Canônica e as Proposições P1, P2 E P3	186
5.4.1 – A modelagem da correlação canônica da pesquisa	188
5.4.2 – As variáveis e as correlações canônicas	189
5.4.3 – Testes estatísticos	191
5.4.4 – Resultados práticos da correlação canônica	193
5.4.5 – A análise da proposição 1 (P1)	196
5.4.6 – A análise da proposição 2 (P2)	197
5.4.7 – A análise da proposição 3 (P3)	199
5.5 – A Técnica da Anacor e a Proposição P4	200

CAPÍTULO 6	206
CONCLUSÕES	207
6.1 – Principais Contribuições da Pesquisa	207
6.2 – Outras Relações Significativas Encontradas	213
6.3 – Limitações da Pesquisa	214
6.4 – Sugestões para Trabalhos Futuros	215
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	216
APÊNDICES	223
APÊNDICE A – METODOLOGIA – FORMAÇÃO DOS INDICADORES	224
APÊNDICE B – <u>ASSUNTO: Pesquisa sobre Aprendizagem Tecnológica para a Competitividade</u>	227
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	228
APÊNDICE D – RESPOSTAS DAS EMPRESAS À PARTE II DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	234
APÊNDICE E – RESPOSTAS DAS EMPRESAS À PARTE III DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	237
APÊNDICE F – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE REGRESSÃO LINEAR DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES	238

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Foco da pesquisa desta tese	19
Figura 2.1	Classificação das Capacidades Tecnológicas da empresa – Funcionais e Meta	52
Figura 2.2	Modelo da trajetória da capacitação tecnológica	57
Figura 2.3	Trajetória de acumulação de capacidade tecnológica em empresas de economias emergentes	62
Figura 2.4	A localização dos planos de abordagem da metrologia na linha hierárquica da rastreabilidade	74
Figura 2.5	O posicionamento do plano local de análise, junto à função metrologia	91
Figura 2.6	A estrutura de acreditação para a Avaliação da Conformidade	99
Figura 2.7	Serviços de Avaliação da Conformidade	102
Figura 2.8	O posicionamento do plano empresarial de análise, junto à função metrologia	105
Figura 2.9	O processo de medição e os fatores metrológicos	106
Figura 3.1	Principais mecanismos de aprendizagem para a formação e acumulação de competências em TIB	149
Figura 4.1	Processo de pesquisa baseada em <i>survey</i>	158
Figura 4.2	Modelo conceitual da pesquisa	159
Figura 5.1	Mapa perceptual	204
Figura 5.2	Esquema dos mecanismos de aprendizagem para a formação e acumulação de capacidades em TIB	205

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Visões das teorias econômicas sobre capacidade tecnológica	29
Quadro 2.2	Elementos da capacidade tecnológica, segundo Kim	32
Quadro 2.3	Formas de capacitação tecnológica ao nível da empresa	36
Quadro 2.4	Capacidades tecnológicas embutidas (CTE)	37
Quadro 2.5	Principais características dos processos de aprendizagem na empresa de país emergente: modelo ilustrativo	42
Quadro 2.6	Matriz das capacidades tecnológicas	49
Quadro 2.7	Métrica para exame de desenvolvimento de capacidade tecnológica em empresas de economias em industrialização: modelo ilustrativo para uma empresa siderúrgica	59
Quadro 2.10	Tipos de atores que definem e implementam normas	80
Quadro 2.11	Tipologias das normas	80
Quadro 2.12	Diferentes gerações das normas globais de gestão da qualidade	82
Quadro 2.13	A organização das funções da TIB	87
Quadro 2.14	Avaliação da Conformidade e conceitos relacionados	100
Quadro 2.15	Quadro geral de utilização da Avaliação da Conformidade	104
Quadro 3.1	Perfil metrológico de uma empresa	131
Quadro 3.2	Processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil metrológico	132
Quadro 3.3	Perfil normativo de uma empresa	140
Quadro 3.4	Processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil normativo	141
Quadro 3.5	Perfil de avaliação da conformidade de uma empresa	146
Quadro 3.6	Processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil de avaliação da conformidade	147
Quadro 4.1	Estratégias de Pesquisa	152
Quadro 4.2	Quadro comparativo entre as abordagens quantitativa e qualitativa	154
Quadro 4.3	Reagrupamento das sub-variáveis e classificação das sub-capacidades	161
Quadro 4.4	Síntese das variáveis das sub-capacidades	164
Quadro 4.5	Indicadores criados para capacidade tecnológica	165
Quadro 4.6	Indicadores de capacidade tecnológica	166
Quadro 4.7	Relação de indicadores de TIB considerados para esta tese	167
Quadro 4.8	A formulação da Proposição P1	168
Quadro 4.9	A formulação da Proposição P2	169
Quadro 4.10	A formulação da Proposição P3	169
Quadro 4.11	A formulação da proposição P4	170
Quadro 4.12	Classificação do setor metal-mecânico	171
Quadro 5.1	Distribuição das empresas pesquisadas por indicadores em TIB	180
Quadro 5.2	Indicadores de capacidade tecnológica	183
Quadro 5.3	Síntese das respostas das empresas da amostra, por indicador	183
Quadro 5.4	Síntese das respostas das empresas da amostra, por perfil	184
Quadro 5.5	Técnicas de dependência	185
Quadro 5.6	Sintaxe executada para obtenção das correlações canônicas	188
Quadro 5.23	Resumo dos valores de significâncias encontradas	195
Quadro 5.24	Tendência de distribuição das relações significativas	196
Quadro 5.25	Tabela de correspondências entre PF obs e PF real	203
Quadro 5.26	Resultado do teste qui-quadrado	203
Quadro 5.27	Síntese das relações estatisticamente significativas encontradas	205
Quadro 6.1	Matriz de Lall adaptada à Tecnologia Industrial Básica	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Distribuição das empresas pesquisadas por indicador em TIB	181
Tabela 5.2	Relação entre os objetivos específicos, proposições e as técnicas estatísticas	186
Tabela 5.3	Coefficientes canônicos originais das variáveis dependentes	189
Tabela 5.4	Coefficientes canônicos originais das variáveis independentes	189
Tabela 5.5	Correlações canônicas e raízes canônicas	190
Tabela 5.6	Teste estatístico do Wilk's lambda	191
Tabela 5.7	Teste estatístico F para Wilk's lambda	192
Tabela 5.8	Cargas entre as variáveis dependentes e as variáveis canônicas	193
Tabela 5.9	Cargas entre as variáveis independentes e as variáveis canônicas	194
Tabela 5.10	Resultados do teste entre IND1 e PF5/4/3/2/1	238
Tabela 5.11	Resultados do teste entre IND2 e PF5/4/3/2/1	238
Tabela 5.12	Resultados do teste entre IND3 e PF5/4/3/2/1	239
Tabela 5.13	Resultados do teste entre IND4 e PF5/4/3/2/1	239
Tabela 5.14	Resultados do teste entre IND6 e PF5/4/3/2/1	239
Tabela 5.15	Resultados do teste entre IND7 e PF5/4/3/2/1	240
Tabela 5.16	Resultados do teste entre IND8 e PF5/4/3/2/1	240
Tabela 5.17	Resultados do teste entre IND9 e PF5/4/3/2/1	240
Tabela 5.18	Resultados do teste entre IND10 e PF5/4/3/2/1	241
Tabela 5.19	Resultados do teste entre IND11 e PF5/4/3/2/1	241
Tabela 5.20	Resultados do teste entre IND12 e PF5/4/3/2/1	241
Tabela 5.21	Resultados do teste entre IND13 e PF5/4/3/2/1	242
Tabela 5.22	Resultados do teste entre IND14 e PF5/4/3/2/1	242

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda o contexto do tema da pesquisa, a origem das barreiras técnicas e a Tecnologia Industrial Básica – tanto sob o ponto de vista de um conjunto de atividades necessárias à superação de barreiras técnicas, como de suporte das atividades de aprendizagem tecnológica dentro das empresas. Na sequência são identificados o problema e a questão da pesquisa, os objetivos, a relevância do tema, as justificativas, bem como o esboço das principais contribuições que o trabalho tem por objetivo prover.

1.1 – O Contexto do Estudo

O processo de transformação da estrutura do comércio internacional, que teve início na segunda metade do século XX, após a assinatura do Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio (GATT), vem provocando a queda das barreiras tarifárias ao comércio que, aplicadas a bens, passaram de 40% em 1947, ano da criação do GATT, para 5% em 1994, ano em que foi criada a Organização Mundial do Comércio (OMC) (MCT, 2001). No entanto, na medida em que as barreiras tradicionais à atividade comercial vêm sendo reduzidas drasticamente, observa-se a intensificação da adoção de barreiras não-tarifárias e de modo muito especial de barreiras técnicas, sob o pretexto de preservarem a saúde, a segurança dos cidadãos e o meio ambiente, e que acabam comprometendo o processo de abertura comercial preconizado pela OMC.

“In the new context of the liberalized world economy, technical barriers to trade (non-tariff barriers) have become one of the biggest impediments for the access to world markets. Technical barriers can be identified in technical standards, technical regulations, quality requirements, as well as conformity assessment. Such barriers are as a rule not identified by the authorities but by the economic market players” (UNIDO, 2001).

Dessa forma, chegamos ao que se convencionou chamar de barreiras técnicas (BTs) ao comércio. Elas adquiriram uma importância tão grande e são tão complexas que, antes mesmo de surgir a OMC, ainda no tempo do GATT, decidiu-se criar o chamado Acordo da Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT) entre as nações. Esse acordo TBT foi criado para conter as BTs e tornou-se obrigatório para todos os países membros da OMC. Cada vez mais relevantes no contexto do comércio internacional, as barreiras técnicas compreendem um conjunto de funções tecnológicas encadeadas entre si – quais sejam, metrologia, normalização e/ou regulamentação técnica e a avaliação da conformidade – que compreende inspeções, ensaios

e certificações e têm amplo e indiferenciado uso pelos diversos setores da economia, conformando a Tecnologia Industrial Básica (TIB).

Portanto a Tecnologia Industrial Básica compreende um conjunto essencial de atividades de suporte à competitividade da economia brasileira no mercado internacional e também local, assim como é condição para o próprio amadurecimento do mercado interno, sendo um condicionante para a melhoria da qualidade de produtos e processos.

Assim sendo, as estratégias de participação de um país no comércio internacional têm que, necessariamente, levar em conta a infra-estrutura de serviços tecnológicos disponível em termos de metrologia, normalização e avaliação da conformidade.

Ao mesmo tempo, tal estrutura deverá – legitimamente – proteger o mercado interno quanto ao ingresso de bens e serviços que não atendam a critérios de qualidade de interesse do nosso consumidor.

De acordo com Fleury (2003), a TIB tem um papel de crescente importância no comércio internacional, com impactos cada vez mais relevantes na diferenciação entre países industrialmente avançados e países em desenvolvimento. As barreiras técnicas para a exportação e a crescente capacitação científica que passa a ser exigida de um país para que este possa vir a ser aceito como participante nos processos de formulação das normas técnicas estabelecem um novo sistema de barreiras no comércio internacional, provendo legitimidade a novos jogos de poder que resultam na inclusão ou exclusão de países e regiões.

Em função da complexidade do assunto, os blocos econômicos e suas organizações nacionais têm se preocupado com temas como o reconhecimento mútuo dos sistemas de normas e avaliação de conformidade, sem o que poderá haver um brutal travamento do fluxo de comércio. Neste sentido, trabalha-se ativamente no plano internacional no estabelecimento dos Acordos de Reconhecimento Mútuo entre países – os MRAs.

No entanto, há que se registrar que a retórica mantém-se muito distante da prática no comércio entre nações. O discurso tem sido de livre comércio, mas, na prática, todos querem proteger seus mercados, suas empresas e seus produtos, sobretudo aqueles considerados mais estratégicos. O acesso a mercados é portanto crescentemente difícil e complexo. A inserção exige profissionalismo, competência e qualidade, conforme Carvalho (2003).

Neste contexto, a qualidade dos produtos passa a ser exigida de forma cada vez mais objetiva e explícita: objetiva por ter necessariamente que estar lastreada em normas técnicas ou em regulamentos técnicos, de preferência internacionais; explícita na medida em que a adequação a tais normas tem que estar comprovada por medições, inspeções, ensaios, testes e certificações.

Uma eventual proteção (legítima ou não) de mercados tende a recair sobre as áreas de normalização e regulamentação técnica, tendo em uma ponta a avaliação da conformidade (e os consequentes Sistemas de Garantia da Qualidade Certificados e a Certificação de Produtos) e na outra, a Metrologia.

Como um exemplo atual e bastante emblemático desta questão da certificação da conformidade, pode-se citar o caso do etanol brasileiro. O álcool, bem como o biodiesel, devem começar a ter as mesmas barreiras não-tarifárias das quais são vítimas outras *commodities* brasileiras. Os europeus, por meio da União Européia, vão buscar comprovações de que o combustível, além de ter qualidades energéticas, não causam destruição de florestas e que tenham sido utilizados processos sociais corretos de produção, como a não exploração dos cortadores de cana e a não utilização de menores de idade para tal atividade, segundo Jornada, presidente do Inmetro (Folha de São Paulo, 13/05/2007).

Outro aspecto importante que não pode deixar de ser mencionado é o processo de formulação de políticas públicas em países em desenvolvimento. Messner (2002) reporta uma pesquisa que envolveu uma análise comparativa entre países cujas indústrias estão inseridas em diferentes tipos de cadeias produtivas globais, para avançar na discussão sobre *Global Governance* versus *Local Governance*. Messner (2002) destaca a ação das grandes empresas multinacionais, sua atuação no comando das grandes cadeias globais de formação de valor e a influência sobre os mecanismos de formulação de políticas públicas locais. Há um grande destaque para a questão das normas técnicas (de produtos e, especialmente, de sistemas) o que coloca a TIB como um componente chave nos novos sistemas de governança global.

Assim, sob o “guarda-chuva” das instituições de regulação global, especialmente da OMC, as grandes empresas globais estariam influenciando fortemente instâncias de definição de políticas para normas e padrões, de alcance global como a ISO – *International Standards Organisation*, ou de caráter setorial, como por exemplo a ITU – *International Telecommunications Union*. Com isso estariam criando formas legítimas, indiscutíveis, de *governance* sobre as redes globais de formação de valor e influenciando os processos de formulação de políticas públicas em níveis regional e local.

Os objetivos das empresas globais para exercer essa atuação seriam, entre outros:

- impor uma determinada escolha tecnológica como padrão global, estabelecendo condições de acesso aos mercados em geral (por exemplo, a disputa entre os sistemas CDMA – EUA *versus* o GSM europeu para estabelecer o padrão global em telecomunicações;
- criar um espaço reservado para as suas “*core competences*”, protegendo-as de possíveis avanços locais em suas operações internacionais pelo estabelecimento de padrões de qualidade para serem atendidos pelos fornecedores.

E se não bastassem todas essas dificuldades, surge agora mais um problema, que é a questão ambiental. Se a globalização da economia foi o tema dominante no final do século XX, os riscos ambientais, ao lado dos riscos econômicos e dos riscos sociopolíticos, são temas que se impõem neste século inicial do terceiro milênio.

Depois da superação da bipolaridade e conseqüentes riscos de hecatombes nucleares, cabe, hoje, à humanidade achar os instrumentos adequados para vencer um outro perigo silencioso e também mortífero que é o desastre ambiental (Marcovitch, 2006). Nesse sentido, a implantação da norma ISO 14000 e de uma série de outros mecanismos, como por exemplo, a análise do ciclo de vida dos produtos, a utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o *ecodesign* e a rotulagem ambiental, entre outros, serão cada vez mais exigidos pelos líderes das cadeias de fornecimento (Nadvi & Waltring, 2002).

Para as empresas dos países em desenvolvimento cumprirem um número crescente de normas e regulamentos técnicos relacionados ao conteúdo dos produtos, são necessárias mudanças em métodos e processos de produção. Além disso, várias legislações sobre rastreabilidade surgiram nos últimos anos e acabaram constituindo-se em barreiras ao comércio, pois exigem a implementação de sofisticados sistemas, demandando grandes investimentos. Essas empresas, por sua menor capacidade tecnológica, têm maior dificuldade de se adaptar e seguir as regras estipuladas (Nadvi & Waltring, 2002). Segundo Fleury (2003), esse é um processo marcado por inúmeras dificuldades, uma vez que por trás de todo esse esforço trata-se de modificar os sistemas produtivos.

O problema então passa a ser como tornar essas empresas competitivas. E neste sentido o papel da aprendizagem tecnológica torna-se de fundamental importância, uma vez que a mesma é referenciada como fonte de competitividade (Bell & Pavitt, 1993). Os

processos de aprendizado são geralmente associados à ampliação do estoque de conhecimentos, ao aprimoramento contínuo, a processos de inovação, ao desenvolvimento de competências, à obtenção de diferenciais em relação aos concorrentes, implicando aumento da capacidade competitiva das empresas.

Segundo Fransman (1984), o foco dos estudos sobre países em desenvolvimento mudou, a partir da década de 1980, das noções de transferência de tecnologia e de escolhas passivas, para a análise da mudança e do aprendizado tecnológico nos mesmos. Esta concepção, caracterizada como evolucionista, é também chamada de “abordagem da capacidade tecnológica” e tem característica endógena, cumulativa e tácita. Nesta classificação a empresa acumula seqüencialmente conhecimentos, experiências e aptidões que lhe permitem evoluir da mera operação de determinada tecnologia, para sua busca, absorção, melhoramento e modificações substanciais até atingir um nível de aprendizado que lhe permita realizar inovações e operar na fronteira internacional do conhecimento tecnológico, conseguindo assim o seu *catch-up* (Fransman, 1984; Lall, 1992).

Diante de tudo o que foi exposto, pode-se notar que a TIB apresenta duas dimensões interdependentes e que merecem uma certa diferenciação: a TIB como um conjunto essencial de atividades reguladoras para a superação de barreiras técnicas ao comércio local e internacional e a TIB como suporte e indutora das atividades de aprendizagem tecnológica nas empresas.

Sob o ponto de vista do atendimento às regulamentações para a superação das barreiras técnicas, a lógica que orienta esse processo é a seguinte: se o que importa nas transações comerciais é a qualidade certificada de produtos e serviços, há para isso o aparato de avaliação e certificação da conformidade, com base nos laboratórios de ensaios. Essa estrutura fundamenta-se em normas que, por sua vez, fundamentam-se na metrologia. Uma eventual exigência de diminuição do nível de incerteza das medições de qualquer natureza (mecânica, elétrica ou físico-química) que caracterizem uma curva de desempenho de um produto, ditadas por exemplo por razões técnicas por parte de um país comprador, pode alijar uma empresa da competição por mercados (MCT, 2001).

Já sob o ponto de vista da TIB como suporte e indutora das atividades de aprendizagem, considera-se a mesma como funções tecnológicas que contribuem para a acumulação de capacidades tecnológicas em empresas. É sob este último ponto de vista que estamos considerando a TIB neste trabalho, seguindo a “abordagem da capacidade tecnológica”.

Logo, o foco da pesquisa desta tese está no relacionamento entre as funções tecnológicas da TIB e a acumulação de capacidades tecnológicas no âmbito empresarial, como mostrado na **figura 1.1** a seguir.

Figura 1.1 – Foco da pesquisa desta tese

Fonte: adaptado de Tacla & Figueiredo (2003)

1.2 – O Problema e a Questão de Pesquisa

O que tem sido observado é que grande parcela dos benefícios decorrentes do aumento da competitividade de uma empresa não se origina somente na economia de custos propriamente dita, mas também da possibilidade de se oferecer produtos e/ou processos que estejam em constante conformidade com as mais recentes normas internacionais.

De acordo com Fleury (1991), a maneira mais adequada das empresas criarem condições para a competitividade é buscar a capacidade tecnológica. Para conseguirem isso e se aproximarem de empresas da “fronteira tecnológica internacional”, elas têm que se engajar em um processo de aprendizagem para construir e acumular sua capacidade tecnológica, conforme Figueiredo (2004).

Partindo-se do pressuposto de que nenhuma empresa avança nos estágios superiores de capacidade tecnológica se não estiver capacitada em TIB, o papel da Tecnologia Industrial Básica torna-se de fundamental importância para as empresas na medida em que contribui com a formação da capacidade tecnológica, necessária às adequações normativas e ao aprimoramento de seus produtos/processos.

Neste contexto, a relação de causa e efeito entre TIB e capacidade tecnológica faz sentido lógico, porém não se tem estudos empíricos com evidências que a sustentem.

Tal constatação inspirou o problema que a pesquisa se propõe a investigar, por meio das seguintes questões:

1. As competências conquistadas no âmbito da Tecnologia Industrial Básica (TIB) contribuem efetivamente para o incremento da capacidade tecnológica das empresas ? Quais as principais relações, se é que existem, que podem ser estabelecidas entre TIB e capacidade tecnológica ?
2. Os mecanismos de aprendizagem em TIB variam durante o seu processo de formação e acumulação de competências ?

1.3 – Os Objetivos da Pesquisa

O **objetivo geral** deste trabalho de pesquisa é analisar a relação entre a TIB, representada por um conjunto de indicadores relacionados a metrologia, normalização e avaliação da conformidade, e a formação e acumulação de capacidades tecnológicas, também representadas por um conjunto de indicadores obtidos a partir de um modelo descritivo de capacidades tecnológicas, adotado a partir da literatura especializada.

A fim de atingir este objetivo, foi realizada pesquisa bibliográfica com vistas em conhecer o estado da arte no estudo desses temas e, investigação empírica, quando tais conceitos foram colocados em prática.

Desta forma, para o alcance do objetivo geral, foram definidos os seguintes **objetivos específicos**:

- a) apresentar e discutir os conceitos de capacidade tecnológica, aprendizagem tecnológica e Tecnologia Industrial Básica (TIB);
- b) identificar abordagens ou modelos, existentes na literatura especializada, usados para examinar a acumulação de capacidades tecnológicas de empresas;
- c) desenvolver um referencial analítico para o levantamento do perfil em TIB de empresas;
- d) identificar, a partir desse referencial analítico, a competência em TIB das empresas selecionadas para esta pesquisa;
- e) avaliar a capacidade tecnológica das empresas, a partir de uma abordagem ou modelo adotado da literatura especializada;

- f) verificar se existe relação entre TIB e capacidade tecnológica de empresas, identificando, ou não, evidências de contribuição da TIB em todos os estágios da capacidade tecnológica;
- g) verificar se existe variação na utilização dos mecanismos de aprendizagem em TIB, empregados pelas empresas, no decorrer do processo de formação e acumulação de suas competências.

1.4 – A Relevância do Tema

“... Em conseqüência da crise de energia no país, o governo argentino determinou novas normas técnicas, com maiores exigências de eficiência no consumo de energia, para produtos como máquinas de lavar e geladeiras. O Brasil fornece cerca de 87% das geladeiras consumidas naquele país. Ainda dentro desse comércio bi-lateral, há barreiras também no setor automobilístico com várias restrições às vendas de automóveis e autopeças. Os argentinos declararam que querem manter barreiras à importação de autopeças para desenvolver a indústria nacional ...” (Jornal Valor, p.A5, 03/04/08).

Todo este texto, e também, em especial, o período grifado, são bastante emblemáticos da questão que está sendo analisada neste trabalho de pesquisa – a relação entre a TIB e a capacitação tecnológica de uma indústria nacional ou empresa. Quando se declara “manter barreiras para desenvolver a indústria nacional” está se considerando a TIB como um vetor de capacitação tecnológica.

Em um cenário de transformações muito rápidas, a normalização tornou-se uma função-chave, já que as normas são instrumentos técnicos primários para apoiar o comércio internacional. A normalização e a metrologia transformaram-se em temas estratégicos. O eventual desconhecimento da importância que se dá a esses assuntos e a não aplicação de seus princípios significarão enormes perdas comerciais para as empresas que não se conscientizarem de sua importância.

Nota-se também que cada vez mais a sobrevivência e o crescimento das empresas industriais estão relacionados com a possibilidade de se oferecer produtos e/ou serviços em conformidade com as mais recentes normas internacionais. Em tal contexto, o domínio das funções tecnológicas da TIB (metrologia, normalização e avaliação da conformidade) não é somente um requisito para a competitividade de uma empresa, mas também a base para a efetiva acumulação de capacidades tecnológicas, as quais são necessárias para a inovação bem como para o melhoramento contínuo da qualidade dos produtos e serviços. Ou seja, dentro da

abordagem da capacidade tecnológica, onde as empresas acumulam seqüencialmente conhecimentos, experiências e aptidões que lhe permitem evoluir até conseguir o seu *catch-up*, a tendência é a de considerar a metrologia, normalização e avaliação da conformidade, não mais como ferramentas para superar barreiras técnicas, mas como suporte e indutores das atividades de aprendizagem, contribuindo para a acumulação de capacidades tecnológicas nas empresas.

No entanto, essa evolução exige esforços em aprendizagem tecnológica para acelerar a acumulação de capacidades tanto rotineiras como inovadoras, ou seja, capacidades tanto para usar certa tecnologia com determinado nível de eficiência, como para gerar e gerir atividades tecnológicas inovadoras próprias, via engenharia e P&D. Tendo em vista que a fronteira tecnológica move-se sempre, ou seja, é um “alvo” de grande dinamismo, uma tarefa crucial para empresas que operam em economias emergentes é acumular capacidade tecnológica a uma velocidade mais rápida do que a das empresas que já operam na fronteira tecnológica internacional (Figueiredo, 2004).

Um estudo conduzido pela CNI – Confederação Nacional da Indústria, em 2002, junto a 18 setores industriais e abordando especificamente a utilização voluntária ou compulsória das funções da TIB, revelou que em todos eles houve benefícios decorrentes de sua utilização. Os setores pesquisados foram: alimentos, automotivo, brinquedos, couro e calçados, confecção, construção, eletroeletrônico, gemas e jóias, gráfico, higiene e limpeza, iluminação, informática, mármore e granitos, metalurgia, mobiliário, plásticos, siderurgia e têxtil (CNI, 2002d). Nota-se com esta pesquisa que a TIB está presente em praticamente todos os setores da nossa economia e proporcionando algum tipo de benefício a todos eles.

Não se tem resultados de pesquisa sobre a forma como isso acontece dentro de uma empresa, ou seja, como a TIB contribui para o incremento de sua capacidade tecnológica; como essa contribuição varia durante o processo de acumulação de capacidades em seus diversos estágios; e se estão sendo obtidos os maiores benefícios possíveis da utilização das funções tecnológicas da TIB.

Segundo dados obtidos no site do MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, há 4 milhões de empresas registradas no Brasil, sendo apenas 15.000 exportadoras. Dessas, apenas 400 empresas detêm 80% do volume exportado do País. Com isso percebe-se que a exportação nacional está concentrada em pouquíssimas empresas, portanto é de relevância estudar a contribuição da TIB no processo de aprendizagem tecnológica e revelar os eventuais benefícios decorrentes dessa associação.

1.5 – Justificativas

Uma revisão da literatura nas áreas de Economia Industrial e Gestão de Tecnologia não nos mostrou trabalhos relevantes acerca das questões que dizem respeito à TIB, sobretudo de contribuição na formação de capacidades tecnológicas. Não existem estudos relevantes e são raras as publicações específicas sobre TIB no Brasil. E por que não há muitos trabalhos relevantes em termos de estudos e pesquisas para esse tema ?

Em seus estudos sobre a TIB como condicionante do desenvolvimento industrial na América Latina, Fleury (2003) conclui que parece haver um consenso da importância estratégica da TIB para o desenvolvimento econômico e o comércio internacional, mas dificilmente se encontra uma posição fundamentada a partir de uma reflexão sobre o tema. Parece que são poucas as competências para o correto equacionamento das consequências políticas dos desenvolvimentos em TIB. Conseqüentemente, as discussões sobre TIB raramente estão na agenda das decisões estratégicas dos países da América Latina.

Apesar disso, ao longo dos últimos 20 anos, percebe-se um avanço significativo na infra-estrutura tecnológica de apoio à atividade produtiva, por meio da consolidação da Rede Brasileira de Calibração (RBC), aumento do número de organizações certificadoras acreditadas, entre outras ações que foram fomentadas pelo MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia, por intermédio dos programas PADCT-TIB I, II e III.

No entanto, o número de estudos que abordam especificamente este tema é bem mais restrito e conseqüentemente pouco se sabe sobre o papel da TIB na formação da capacidade tecnológica das empresas. A influência da TIB sobre a competitividade das empresas, como elas têm se estruturado para melhorar a qualidade de seus produtos/processos por meio do acompanhamento e utilização de normas internacionais, as dificuldades para a utilização das funções tecnológicas da TIB, bem como as capacidades tecnológicas acumuladas oriundas de sua utilização, são apenas alguns poucos exemplos de pontos importantes que merecem estudos e considerações.

Na literatura especializada, poucos são os estudos que analisam a função da TIB no processo de aprendizagem tecnológica de uma empresa. Este trabalho tem a intenção de preencher esta lacuna ao propor um modelo para avaliar e projetar as relações dinâmicas entre TIB e capacidade tecnológica.

Por todos estes aspectos levantados, entendemos que se justifica a escolha deste assunto como tema de estudo para esta tese de doutoramento.

1.6 – Contribuições do Trabalho

Um projeto de tese é considerado original quando os seus resultados têm o potencial de causar surpresa, caracterizando dessa forma o ineditismo.

Neste projeto de pesquisa tem-se a ambição de ser original, pois a utilização da Tecnologia Industrial Básica pelas empresas nacionais é um tema que permanece ainda pouco estudado, sobretudo a contribuição da mesma para a aprendizagem tecnológica das empresas.

A forma como as empresas têm se estruturado para incorporar a TIB aos seus processos de aprendizagem ainda é um tema pouco analisado. Na verdade, apesar da teoria apontar o fato de que a TIB traz consigo um aumento da competitividade, poucos se aventuraram em explorar como isso acontece e, principalmente, o que as empresas têm feito, ou não, para aproveitar todas as possibilidades que a TIB oferece.

É importante ressaltar que este trabalho trata de um tema associado à realidade atual vivida pelas empresas e que cujos resultados poderão servir como orientação para as empresas que queiram posicionar-se de forma adequada com relação às suas estratégias atuais e futuras.

Segundo Couto (2000), consegue-se identificar três grupos de empresas usuárias de TIB: a) um grupo que entende perfeitamente a importância e a integração entre Metrologia, Normalização e Avaliação da Conformidade; b) outro que utiliza os serviços da TIB apenas para as situações legais e administrativas; c) e um terceiro que ainda ignora a TIB como uma ferramenta importante para a sua competitividade.

Para esses dois últimos tipos de usuários, a TIB não está cumprindo com a sua finalidade e as empresas simplesmente não estão aproveitando de todo o potencial tecnológico disponibilizado. Conseqüentemente não estão construindo uma base de sustentação contínua para a melhoria de sua competitividade.

Acredita-se que o presente trabalho será útil no sentido de, sob o **ponto de vista teórico**, contribuir para a análise da TIB no ambiente empresarial, ao revelar as relações mais significativas entre TIB e capacidade tecnológica. A importância dessa contribuição pode ser avaliada pela carência de estudos específicos, baseados em dados empíricos, aplicados à realidade brasileira.

Sob o **ponto de vista prático**, no que tange às empresas, a pesquisa pode auxiliar no dimensionamento correto dos esforços em TIB, além de revelar o efetivo papel da mesma na formação da capacidade tecnológica e os benefícios obtidos pelas empresas que a utilizam. E, no que diz respeito ao setor governamental, servir como uma fonte de referência para o estabelecimento de políticas específicas que estimulem a utilização da TIB pelas empresas.

1.7 – Estrutura da Tese

Esta tese se estrutura da seguinte forma:

O Capítulo 1 introduz o tema da pesquisa, formula a questão de pesquisa, mostra a relevância do tema, as justificativas, os objetivos pretendidos e as contribuições do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre os temas aprendizagem/capacidade tecnológica e tecnologia industrial básica (TIB).

O Capítulo 3 apresenta o desenvolvimento de um referencial analítico sobre capacitação em TIB, o qual servirá de base para o modelo conceitual da pesquisa.

O Capítulo 4 apresenta as variáveis e indicadores que serão utilizados no modelo conceitual da pesquisa, os procedimentos metodológicos da tese e o instrumento de pesquisa.

O Capítulo 5 apresenta e discute os resultados da pesquisa utilizando-se de técnicas apropriadas de estatística e ressaltando os pontos relevantes apurados.

O Capítulo 6 enfatiza as principais conclusões deste estudo. A parte final da tese consiste na apresentação das referências bibliográficas e dos apêndices.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica deste trabalho envolve os conceitos de aprendizagem/capacidade tecnológica e de Tecnologia Industrial Básica (TIB).

Para apresentar essa base conceitual, este capítulo está organizado em duas seções. A primeira trata especificamente da capacidade e do aprendizado tecnológico, sob o enfoque de diversos autores nos âmbitos da teoria econômica industrial e da teoria administrativa; e a segunda trata da TIB sendo abordada em três planos distintos – o global, o local e o empresarial.

2.1 – Capacidade e Aprendizagem Tecnológica

2.1.1 – Capacidade tecnológica sob o ponto de vista da economia industrial

A abordagem da capacidade tecnológica tem sua origem no final da década de 1970, quando o interesse e a atenção com a natureza da mudança técnica nos países em desenvolvimento passa a orientar diversos estudos empíricos. Este interesse foi muito influenciado pelo sucesso tecnológico dos países asiáticos de industrialização recente – os chamados “tigres asiáticos”, segundo Fransman (1984). As premissas da economia neoclássica em relação à tecnologia não conseguiam explicar a mudança técnica tomando forma nestes países. Indagava-se como os tigres haviam sido capazes de reduzir o hiato tecnológico que os separava dos países desenvolvidos e por que estes países realizaram tal feito enquanto que outros, alguns dos quais partindo de estágios industriais até mais avançados, não foram tão bem sucedidos. A busca de respostas a estas inquietações contribuiu para o surgimento de abordagens não ortodoxas, como foi o caso da “abordagem da capacitação tecnológica”.

Segundo esta abordagem os conhecimentos tecnológicos das empresas nos países em desenvolvimento são acumulados por meio de um processo de aprendizado adaptativo e incremental.

No âmbito do pensamento neoclássico, os países em desenvolvimento eram considerados meros receptores passivos de tecnologia. Esta percepção decorria do próprio descaso do pensamento ortodoxo em relação à tecnologia, concebida como exógena ao

sistema econômico; livremente disponível para todos os agentes; reproduzível sem custos e disponível na forma explícita e tangível – codificada em manuais, máquinas, equipamentos, etc.

Esta percepção ortodoxa da tecnologia implicava idéias muito simplistas sobre a difusão internacional do conhecimento, de modo que conhecimentos gerados nos países desenvolvidos estariam livremente disponíveis em “prateleiras tecnológicas”, prontos para serem escolhidos pelos países em desenvolvimento, de acordo com Costa (2003).

A única questão com que os países em desenvolvimento teriam que se defrontar seria o da seleção entre tecnologias, entendidas como bens de capital, que lhe fossem mais úteis e apropriadas e que maximizassem seus ganhos dadas as suas funções de produção, conforme Lall (1992). Como decorrência dessa percepção, o aprendizado tecnológico nos países em desenvolvimento seria, portanto, desnecessário e irrelevante, e a mudança técnica inexistente, ou significando simplesmente a aquisição de uma nova máquina ou equipamento. No entanto essa noção extrema começa a ser questionada em meados da década de 1970 à medida que a tecnologia passa a ser reconhecida como um fator relevante para o dinamismo das economias capitalistas.

No início da década de 1980 surgem e se consolidam estudos nos quais a mudança técnica ocupa papel central na explicação do dinamismo econômico, caracterizando assim o surgimento da teoria evolucionista proposta por Nelson e Winter (1982), notabilizando um marco na análise econômica da mudança técnica¹.

Divergindo dos pressupostos ortodoxos que prevaleciam até então, os evolucionistas concebem a tecnologia como endógena ao sistema econômico, resultado de um processo de aprendizado cumulativo. Esse processo é marcado por um forte caráter tácito, o que significa que a tecnologia não pode ser codificada em fórmulas, receitas ou conjunto de instruções; imitada ou ensinada com facilidade, e que, portanto, tecnologias iguais são empregadas com amplos níveis de desigualdade em termos de eficiência técnica por diferentes agentes. Portanto estas características implicam a necessidade de esforços para que o processo de acumulação tecnológica ocorra.

¹ Vale lembrar que já em 1934, o economista austríaco Joseph Shumpeter em seu trabalho intitulado “Teoria do Desenvolvimento Econômico”, reservava à mudança técnica um papel central para o desenvolvimento econômico capitalista, identificando-a como órgão propulsor do desenvolvimento capitalista.

De acordo com Costa (2003), a concepção evolucionista da tecnologia continua exercendo importante influência sobre os estudos empíricos da mudança técnica nos países em desenvolvimento, os quais se convencionou denominar de “abordagem da capacitação tecnológica” ou “literatura do aprendizado nativo incremental”. Contrário às premissas ortodoxas de ausência de qualquer mudança técnica significativa e da não necessidade de esforços nestes países, os estudos sobre capacidade tecnológica estavam inicialmente preocupados com o que acontecia à tecnologia após esta ser importada pelos países em desenvolvimento. A hipótese básica era de que, dadas as características peculiares da tecnologia ressaltadas pelos evolucionistas (endógena, cumulativa, tácita, dentre outras), ela não poderia ser passivamente importada e eficientemente absorvida sem a condução de esforços locais. Isto implicava que, uma vez importada, a tecnologia passaria por algumas mudanças, para que fosse pelo menos ajustada à disponibilidade de fatores, às condições de produção e a aspectos específicos da demanda local.

De acordo com Fransman (1984), o foco dos estudos sobre países em desenvolvimento mudou, portanto, das noções de transferência de tecnologia e de escolhas passivas, para a análise da mudança e do aprendizado tecnológico nestes países.

Compilando os conceitos acima, podemos considerar, no **quadro 2.1**, um resumo comparativo entre as visões neoclássica e a evolucionista da teoria econômica, que prevaleceram sobre o tema capacidade tecnológica.

	Pensamento neoclássico	Pensamento evolucionista
Concepção	Exógena	Endógena
Período	Até final dos 70's	A partir dos 80's
Caráter	Tangível	Tácito

Quadro 2.1 – Visões das teorias econômicas sobre capacidade tecnológica
Fonte: elaboração própria a partir de Fransman (1984)

Segundo Herbert-Copley (1990), os estudos iniciais no âmbito da abordagem da capacidade tecnológica foram marcados pela investigação:

- a) da natureza, direção e determinantes da mudança técnica que ocorria nas empresas localizadas nos países em desenvolvimento;
- b) do processo de acumulação de capacidades tecnológicas e dos fatores país-específicos que influenciam a mudança tecnológica no contexto nacional destes países; e

- c) dos impactos da mudança técnica sobre o produto, produtividade e desempenho exportador das empresas e países.

O que se percebe é que o caráter empírico desta abordagem implica um vasto número de definições, conceitos e classificações. Como consequência, a análise do aprendizado e da mudança tecnológica é marcada por um forte viés empírico, resultando num conjunto muito heterogêneo de estudos, como poderemos observar na sequência. No entanto esta dificuldade não invalida a utilidade dos conceitos e definições encontrados nesta literatura, ao contrário, o esforço realizado para se mostrar as diversas contribuições desta abordagem reforça o entendimento dos diferentes aspectos da mudança tecnológica nas empresas dos países em desenvolvimento.

Kim (1997) lançou o termo “aptidão tecnológica”² definindo-o como sendo a capacidade de fazer uso efetivo do conhecimento tecnológico nas tentativas de assimilar, utilizar, adaptar e mudar tecnologias vigentes. Também inclui a criação de novas tecnologias e o desenvolvimento de outros produtos e processos em resposta às mudanças do ambiente econômico. Denota um comando operacional do conhecimento. Segundo esse mesmo autor a capacidade tecnológica não se revela simplesmente pelo conhecimento adquirido, mas de modo mais importante pelo seu aproveitamento e pela competência com a qual ela é empregada nos investimentos, na produção e na criação de novos conhecimentos. Por esse motivo, as expressões “aptidão tecnológica” e “capacidade de absorção” são usadas indistintamente, com a “capacidade de absorção” sendo definida como a capacidade de assimilar o conhecimento existente e, a partir deste, gerar um novo conhecimento.

Segundo Kim, a “aptidão tecnológica” compreende três elementos: a produção, o investimento, inclusive na reprodução e expansão, e a inovação.

- a) a “aptidão produtiva”, conforme definido no **quadro 2.2**, refere-se às numerosas aptidões tecnológicas necessárias para a operação e manutenção das instalações de produção. Por sua vez essas aptidões podem ser agrupadas em dois grandes subconjuntos. O primeiro inclui as aptidões necessárias para garantir uma operação eficiente dentro dos parâmetros da tecnologia original e a capacidade de consertar e manter funcionando os bens de capital existentes, de acordo com uma programação normal ou conforme necessário.

² A “aptidão tecnológica” é utilizada para indicar o nível de capacidade tecnológica em determinado momento, e a expressão “aprendizado tecnológico”, para descrever o processo dinâmico de aquisição da capacidade tecnológica (Kim, 1997)

O segundo subconjunto abrange as aptidões necessárias para adequar e melhorar a tecnologia de produção existente, ainda dentro dos parâmetros originais de seu projeto, em resposta a mudanças da situação e para aumentar a produtividade;

- b) A “aptidão de investir” refere-se às aptidões requeridas para o aumento da capacidade e o estabelecimento de novas instalações de produção. Inclui a análise da viabilidade dos investimentos, bem como a execução do projeto. A primeira envolve a capacidade de empreender a análise inicial da sua rentabilidade, das especificações detalhadas do projeto e a capacidade de determinar as perspectivas de viabilidade no contexto de projetos com conceitos alternativos. A segunda envolve habilidades nas áreas de engenharia (básica e específica) de projetos, de gerenciamento de projetos, que administra e supervisiona as atividades envolvidas para a sua execução (compras, supervisão de fornecedores, incorporação de bens de capital, entre outras atividades operacionais);
- c) A “aptidão de inovar” consiste nas aptidões de criar e levar adiante novas possibilidades tecnológicas através da prática econômica. A expressão abrange um amplo rol de atividades, desde a aptidão de inventar até a capacidade de inovar e de aperfeiçoar a tecnologia existente, indo além dos parâmetros originais do projeto. O termo “inovação” é frequentemente associado à mudança tecnológica na fronteira do conhecimento. A maioria das inovações nos países avançados está geralmente relacionada à mudança da fronteira. No entanto, as grandes inovações tecnológicas não são as únicas, e talvez nem sequer as principais fontes de melhoria da produtividade na história do desenvolvimento industrial desses países. Transformações menores em tecnologias vigentes têm constituído uma fonte vital e contínua de aumento de produtividade em quase todos os ramos de atividades, tanto nos países desenvolvidos como naqueles em processo de *catching-up*³.

³ *Catching-up* é um termo que se refere ao processo de emulação tecnológica de países que conseguem desenvolver suas próprias capacitações.

Aptidão Produtiva
<ul style="list-style-type: none"> - A administração da produção para supervisionar as operações dentro das instalações estabelecidas; - A engenharia de produção para fornecer as informações necessárias para otimizar as operações dentro das instalações estabelecidas, incluindo o controle de matérias-primas, a sincronização da produção, o controle de qualidade, a resolução de problemas e adaptações de processos e produtos para diferentes situações; - Reparo e manutenção dos bens de capital, de acordo com a programação normal ou conforme necessário.
Aptidão de Investir
<ul style="list-style-type: none"> - O treinamento da força de trabalho para a transmissão de conhecimentos e habilidades de todos os tipos; - Estudos de viabilidade de investimentos para identificar possíveis projetos e suas perspectivas de viabilidade, sob concepções de projeto alternativos; - A execução de projetos para estabelecer ou promover a ampliação das instalações, incluindo o gerenciamento e a engenharia de projetos (estudos detalhados, engenharia básica e específica), aquisição e incorporação de bens de capital e o início de operações propriamente dito.
Aptidão de Inovar
<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisas básicas para gerar novos conhecimentos por seu próprio interesse; - Pesquisas aplicadas para gerar conhecimentos com implicações comerciais específicas; - Desenvolvimento para transformar o conhecimento técnico e científico em novos produtos, processos e serviços.

Quadro 2.2 – Elementos da capacidade tecnológica, segundo Kim

Fonte: Kim (1997)

Como pode-se notar, Linsu Kim considerou o conhecimento e a qualificação das pessoas – o “capital humano” das empresas, como aptidão de investimento das mesmas; e quando especificou a capacidade tecnológica, destacou as atividades de Engenharia de Produção com o foco nos diversos aspectos operacionais do dia a dia de uma organização empresarial.

Um outro aspecto interessante diz respeito às nomenclaturas empregadas: Kim utiliza o termo “aptidão tecnológica” para indicar o nível de capacidade organizacional em determinado momento; e a expressão “aprendizado tecnológico”, para descrever o processo dinâmico de aquisição da capacidade tecnológica. Deste modo ele utiliza indistintamente “aprendizado tecnológico” e “aquisição da capacidade tecnológica”.

Por causa da natureza tácita e ampla da tecnologia e da capacidade tecnológica, a dimensão organizacional é considerada um componente da tecnologia. Por esse motivo não se faz distinção entre capacidade tecnológica e organizacional – ou entre tecnologia e organização, já que a última é parte integrante da primeira. Porém há uma tendência a se negligenciar a dimensão organizacional da capacidade tecnológica, conforme Figueiredo

(2004). Ou seja, enquanto grande ênfase costuma ser dada ao “capital humano” como fonte de desenvolvimento tecnológico, inadequada atenção tem sido dedicada ao “capital organizacional”.

Nesse sentido, Kim abordou os aspectos organizacionais e operacionais, sem deixar de lado a questão do “capital humano”.

Lall (1982, 1987) define capacidade tecnológica como um “esforço tecnológico interno” para dominar novas tecnologias, adaptando-as às condições locais, aperfeiçoando-as e até mesmo exportando-as. Os países em desenvolvimento obtêm suas tecnologias industriais sobretudo do mundo industrializado, e seu principal problema tecnológico, ao menos de início, consiste em dominar, adaptar e aperfeiçoar os conhecimentos e os equipamentos importados. Uma grande quantidade de pesquisas sugere que essa não é uma tarefa simples. Os equipamentos (*hardware*) estão disponíveis igualmente para todos os países, mas os elementos não-incorporados da tecnologia não podem ser adquiridos ou transferidos como os produtos físicos, de acordo com Lall (2005). Esses elementos só poderão ser usados da melhor maneira possível se forem complementados por diversos elementos tácitos que terão de ser desenvolvidos localmente (Nelson, 1990).

Percebe-se que nesses casos há a necessidade de aprendizado local, mesmo quando o vendedor de tecnologia fornece assessoria e assistência, embora a duração e os custos do aprendizado possam variar muito conforme os contextos tecnológicos, empresariais e nacionais.

Dahlman e Westphal (1982) formularam o conceito de “domínio tecnológico”, concretizado através do “esforço tecnológico” para assimilar, adaptar e/ou criar tecnologia. Aprimorando o conceito, Westphal; Kim e Dahlman (1984) definem capacidade tecnológica como a “aptidão para usar efetivamente o conhecimento tecnológico”. Todas essas definições estão associadas aos esforços internos das empresas no sentido de adaptar e aperfeiçoar a tecnologia por elas importada. Esses esforços estão ligados aos aprimoramentos em termos de processos e organização da produção, produtos, equipamentos e projetos técnicos.

Bell e Pavitt (1993, 1995) formularam, a partir das definições dos autores acima citados, uma definição mais ampla, segundo a qual a capacidade tecnológica incorpora os recursos necessários para gerar e gerir mudanças tecnológicas. Tais recursos se acumulam e se incorporam aos indivíduos em termos de aptidões, conhecimento e experiência, bem como aos sistemas organizacionais.

Valendo-se de evidências empíricas, Bell (1982) faz distinção entre dois tipos de recursos: os que são necessários para usar os sistemas de produção existentes e os que são necessários para mudar os sistemas de produção. Estes últimos não devem ser tomados como um conjunto distinto de recursos especializados; por serem de natureza difusa, estão amplamente disseminados por toda a organização.

Figueiredo (2003) define capacidade tecnológica como Bell e Pavitt (1993, 1995), no entanto distingue as competências de rotina das inovadoras. Competências de rotina – ou competências para usar certa tecnologia – são definidas como os recursos para produzir bens e serviços com determinado nível de eficiência, usando-se uma combinação de fatores: habilidades, equipamentos, especificações de produtos e de produção, sistemas e métodos organizacionais. Competências inovadoras são os recursos adicionais e distintos para gerar e gerir atividades tecnológicas inovadoras.

Para André Furtado (1994), há duas ordens de fatores que provocam a competitividade: fatores estáticos e dinâmicos. Entre os estáticos citam-se aqueles ligados à abundância de recursos naturais, a uma posição geográfica favorável ou à mão-de-obra barata. Como exemplo de fator dinâmico, pode-se citar a capacidade tecnológica. Para ele, “a capacidade tecnológica constitui-se no conjunto de habilidades que sustentam as rotinas de produção e de melhoramentos da empresa. Essas habilidades localizam-se nas linhas de produção e em departamentos especializados”.

No estudo organizado por Furtado, estabeleceu-se uma categorização funcional para analisar essa variável. As atividades envolvidas no processo de capacitação tecnológica foram divididas em classes, como é apresentado a seguir.

a) Capacidade em produção:

São as habilidades associadas à operação de uma planta produtiva ou de um sistema de produção. Subdivide-se em duas partes: de processo e de produto. Na capacidade em processos há um conjunto de conhecimentos e habilidades para a operação de sistemas produtivos, entre os quais se destacam aqueles associados à manutenção, ao planejamento da produção, à otimização de processos, ao aperfeiçoamento do *layout*, ao controle de qualidade das matérias-primas, ao grau de atualização dos equipamentos, entre outros. Essas formas encontram-se institucionalizadas em determinadas unidades da empresa, tais como: a de Planejamento e Controle de Processo, de Engenharia de Processo, de Manutenção, de Controle da Qualidade e nas próprias linhas de produção. Na capacidade em produto, estão as

habilidades orientadas ao domínio, ao melhoramento e à adaptação dos produtos finais da empresa. Certas atividades como engenharia do produto e certas etapas do controle da qualidade estão associadas a essa forma de capacidade.

b) Capacidade em projeto:

São as habilidades orientadas para o empreendimento de novas unidades produtivas. Envolvem conhecimentos que vão desde a identificação e negociação da tecnologia, passa pelo desenho básico e de detalhe e chega à implantação do projeto. Em função dela, determina-se o custo em capital do projeto, o *mix* de produtos, as tecnologias e os equipamentos selecionados, e a compreensão adquirida sobre as tecnologias básicas envolvidas.

c) Capacidade em P&D:

São as habilidades desenvolvidas pela empresa com objetivo na geração de um novo conhecimento científico e tecnológico. Essas habilidades se situariam nas atividades de pesquisa básica, aplicada ou de desenvolvimento, que encontrariam lugar em departamentos com pessoal especializado. Essa forma de capacidade é objeto de medição, tanto em recursos como em resultados, nos levantamentos feitos a partir dos indicadores mais tradicionais de ciência e tecnologia.

d) Capacidade em Recursos Humanos:

Para consolidar o estoque de conhecimentos contidos nos seus empregados, a empresa desenvolve ou contrata atividades de treinamento em diversos níveis, adota sistemas de carreiras e de incentivo, políticas de contratação e de manutenção da força de trabalho, qualificada ou não.

O **quadro 2.3** resume os componentes de capacidade tecnológica, de acordo com Furtado (1994).

CAPACIDADE EM PRODUÇÃO
Associada à operação de sistemas de produção
<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade em Processos; - Manutenção, planejamento da produção, otimização de processos, qualidade de matéria-prima; - Capacidade em Produtos; - Domínio, melhoramento e adaptação dos produtos finais.
CAPACIDADE EM P&D
Desenvolvida com vistas à geração de um novo conhecimento científico e tecnológico
<ul style="list-style-type: none"> - Atividades de pesquisa básica, aplicada ou de desenvolvimentos; - Objeto de medição, tanto em seus recursos como nos resultados; - Indicadores tradicionais de Ciência e Tecnologia.
CAPACIDADE EM RECURSOS HUMANOS
Dirigida à consolidação de conhecimentos dos empregados
<ul style="list-style-type: none"> - Contratação de atividades de treinamento em diversos níveis; - Sistemas de carreira e de incentivo; - Política de contratação; - Manutenção da força de trabalho (qualificada ou não).
CAPACIDADE EM PROJETO
Orientada para o empreendimento de novas unidades produtivas
<ul style="list-style-type: none"> - Identificação de novas tecnologias, negociação, desenho e implementação do projeto; - Determinação do custo do capital do projeto, <i>mix</i> de produtos, tecnologia, equipamentos selecionados e compreensão sobre as tecnologias envolvidas.

Quadro 2.3 – Formas de capacitação tecnológica ao nível da empresa

Fonte: Furtado (1994)

Como pode-se notar, a conceituação de Furtado (1994) guarda semelhança com a conceituação de Kim (1997), que tem enfoque nas aptidões produtiva, de investimento e de inovação. As capacidades definidas por Furtado encontram paralelo com as aptidões conceituadas por Kim. De uma forma geral pode-se afirmar que entre os autores analisados há concordância nos conceitos apresentados.

2.1.2 – Capacidade tecnológica sob o ponto de vista da teoria administrativa

Zhou e Rubenstein (1986) lançam o conceito de capacidades tecnológicas embutidas (CTE). Essas capacidades são a combinação de conhecimento profissional e de experiências acumuladas, e podem ser distribuídas nas categorias a seguir.

a) Conhecimento específico

Encontrado em materiais, produtos, processos e sistemas, ou que aparece de uma maneira generalizada;

b) Idéias

Idéias para/ou conhecimento sobre como realizar melhorias em materiais, produtos, processos e sistemas, as quais não necessitam estar especificamente incorporados;

c) Variedade de habilidades técnicas individuais

Habilidades que não estão prontamente classificadas ou mesmo descritas, mas que envolvem experiência acumulada em como realizar as tarefas, e também sobre o que funciona e o que não funciona.

d) Arranjos de habilidades técnicas individuais

Conjuntos de habilidades que caracterizam a capacidade organizacional – um primeiro nível de desenho de grupo, uma equipe bem-formada, um setor inovador e capaz.

O **quadro 2.4** sintetiza as capacidades tecnológicas segundo o conceito desses autores.

Conhecimento específico	Idéias	Variedade de habilidades técnicas individuais	Arranjos de habilidades técnicas individuais
<ul style="list-style-type: none"> - Notado em materiais, produtos, processos e sistemas, ou; - Encontrado de uma maneira geral. 	Como realizar melhorias em materiais, produtos, processos e sistemas.	<ul style="list-style-type: none"> - Experiência acumulada em como realizar tarefas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Característica de organizações por grupos.

Quadro 2.4 – Capacidades tecnológicas embutidas (CTE)

Fonte: Zhou e Rubenstein (1986)

Hasenclever e Cassiolato (1998) definem a capacidade tecnológica como o conjunto composto pela tecnologia, habilidades individuais e capacidades organizacionais. Uma parte do conhecimento da empresa é explícita em normas, procedimentos e manuais; porém, há o conhecimento tácito, implícito nas rotinas da empresa e na sua experiência acumulada, o que torna cada empresa única. Em sendo assim, a capacidade pode ser vista como o conjunto de conhecimentos tácito e explícito dominado por uma organização.

Para Adler (1989), “devido à sua natureza intangível, as capacidades não são mensuradas diretamente, mas podem ser avaliadas por meio do conhecimento da firma, de seus procedimentos, políticas e estratégias, tanto quanto por meio da base de conhecimento de seus funcionários”. Segundo o autor a capacidade criada ou adquirida por uma empresa é a força propulsora de sua competitividade. É ela que vai conduzir o desempenho da empresa ao

longo de sua história. Levantar os fatores que impulsionam a competitividade é essencial para se compreender o processo de desenvolvimento e manutenção da empresa.

Segundo Costa e Cunha (2001), “a capacitação tecnológica é o grau de acesso ou controle que a empresa tem sobre o conjunto das tecnologias que lhe são úteis”. Em trabalho que visava verificar a relação entre universidades e o grau de capacidade tecnológica das empresas, esses autores fizeram uso de cinco indicadores de capacidade tecnológica: intensidade de automação industrial, capacidade de gerar tecnologia, número de funcionários em P&D, nível hierárquico do setor de P&D e porcentagem do faturamento anual investido em P&D.

2.1.3 – Síntese dos conceitos de capacidade tecnológica

Diante de todas as definições relatadas pode-se tirar algumas conclusões acerca do conceito de capacidade tecnológica, quais sejam:

- no âmbito da economia industrial os conceitos apresentados seguem uma concordância, evolução e aprimoramento entre os vários autores, notadamente a partir de Dahlman e Westphal (1982); Kim (1997); e Bell e Pavitt (1993, 1995);
- já no âmbito da teoria administrativa há uma gama enorme de definições. Nisso podemos lembrar que Costa e Cunha (2001) sintetizam a diversidade dessas definições afirmando que “a capacidade tecnológica pode ser medida por meio de diferentes indicadores, mas todos se referem à infra-estrutura, à capacitação dos recursos humanos envolvidos com P&D, aos processos produtivos, aos investimentos em P&D, às fontes externas de aquisição de tecnologia e aos resultados alcançados”. Ou seja, a capacidade tecnológica encontra paralelos entre as várias definições e possui itens que estão presentes em todos esses indicadores;
- há um consenso entre alguns autores, entre eles Lall, 1992; Bell & Pavitt, 1993, 1995; e Figueiredo, 2003; de que a capacidade tecnológica de uma empresa está armazenada em pelo menos quatro componentes:
 - a) sistemas técnicos físicos – referem-se aos equipamentos, sistemas baseados em tecnologia de informação, *softwares* em geral, plantas de manufatura;
 - b) conhecimento e qualificação das pessoas – referem-se ao conhecimento tácito, às experiências, habilidades de gerentes, engenheiros, técnicos e operadores que são

adquiridos ao longo do tempo, mas também abrangem a sua qualificação formal. Esta dimensão tem sido geralmente denominada de “capital humano” da empresa;

- c) sistema organizacional – refere-se ao conhecimento acumulado nas rotinas organizacionais e gerenciais das empresas, nos procedimentos, nas instruções, na documentação, na implementação de técnicas de gestão (p. ex., *total quality management* (TQM), *material requirement planning* (MRP) e outras), nos processos e fluxos de produção de produtos e serviços e nos modos de fazer certas atividades nas organizações;
- d) produtos e serviços – referem-se à parte mais visível da capacidade tecnológica, refletindo conhecimento tácito das pessoas e da organização e os seus sistemas físicos e organizacionais; por exemplo, nas atividades de desenho, desenvolvimento, prototipagem, teste, produção e parte da comercialização de produtos e serviços, estão refletidos os outros três componentes da capacitação tecnológica.

Existe uma relação inseparável entre esses quatro componentes (Figueiredo, 2004).

Neste trabalho de pesquisa estamos adotando a definição de capacidade tecnológica (ou competência tecnológica) a partir de Bell e Pavitt (1993, 1995), incluindo-se as capacidades tecnológicas rotineiras. Portanto entende-se, para este trabalho, a capacidade tecnológica como sendo os recursos necessários tanto para usar certa tecnologia com determinado nível de eficiência como para gerar e gerir mudanças tecnológicas. Tais recursos se acumulam e se incorporam aos indivíduos em termos de aptidões, conhecimento e experiência, bem como aos sistemas organizacionais.

Por capacidades rotineiras consideram-se as competências de rotina – ou competências para usar certa tecnologia – definidas como os recursos para produzir bens e serviços com determinado nível de eficiência, usando-se uma combinação de fatores: habilidades, equipamentos, especificações de produtos e de produção, sistemas e métodos organizacionais.

A definição de Bell e Pavitt (1993, 1995) foi utilizada para esta tese porque envolve os conceitos de competências tecnológicas sob a perspectiva técnica e organizacional, está inserida no contexto de acumulação de competências de países em industrialização e foi empregada em estudos recentes que tratam a trajetória de acumulação de competência (Ariffin e Bell, 1999; Dutrénit, 2000; Figueiredo, 2001).

Convém lembrar também que neste trabalho são abordados os termos competências e capacidades como sinônimos, embora vários autores tratem esses termos de maneira diferenciada. Em alguns trabalhos as capacidades são mais associadas aos aspectos

organizacionais, enquanto que as competências estão atreladas a seus atributos tecnológicos. Desta forma, os termos são considerados como complementares e não como sinônimos. Embora pesquisadores procurem definir o significado dos termos empregados, muitas vezes os conceitos se confundem. Segundo Christensen (1994), a literatura utiliza os conceitos intercambiadamente, não se evidenciando um rigoroso e sistemático uso destes termos. Desta forma, este trabalho adota como critério de análise tratar os referidos termos como sinônimos.

2.1.4 – Processos de aprendizagem tecnológica

Segundo Figueiredo (2004), costuma-se entender aprendizagem tecnológica em dois sentidos. O primeiro refere-se à trajetória de acumulação de capacidade tecnológica. Essa trajetória pode mudar com o tempo: pode-se acumular capacidades tecnológicas em diferentes direções e a diferentes velocidades. O segundo sentido diz respeito aos vários processos pelos quais conhecimentos técnicos (tácitos) de indivíduos são transformados em sistemas físicos, processos de produção, procedimentos, rotinas e produtos e serviços da organização. Neste trabalho o termo aprendizagem é entendido neste último sentido.

No entanto, é evidente que, dado seu caráter cumulativo, em consonância com a percepção evolucionista da tecnologia, o processo de aprendizado tecnológico também é condicionado pelas opções estratégicas da empresa, podendo ser consolidadas diferentes trajetórias ao longo do tempo (Lall, 2000). Ou seja, o conhecimento acumulado por uma empresa irá influenciar seu aprendizado futuro, assim como o processo de mudança técnica. Esta influência depende das escolhas e esforços empreendidos em diferentes momentos. Em sendo assim, escolhas, capacidades e mudança tecnológica moldam trajetórias diferenciadas.

Segundo Bell e Pavitt (1993) as empresas “se movem ao longo de trajetórias particulares, nas quais o aprendizado passado contribui para direções particulares da mudança técnica, e a experiência derivada destas trajetórias de mudança reforça os estoques de conhecimento e competências”.

Para este trabalho de pesquisa empregamos a expressão “processos de aprendizagem tecnológica” no sentido que lhe foi conferido por Bell (1984). Por processos de aprendizagem tecnológica entende-se os vários processos pelos quais as pessoas e, por meio delas, as organizações adquirem aptidões e conhecimentos técnicos (Bell, 1984). Ou seja, os processos pelos quais a aprendizagem individual se converte em aprendizagem organizacional. Os processos de aprendizagem permitem à empresa acumular competência tecnológica ao longo

do tempo. Considera-se que a empresa acumulou um determinado nível de competência quando ela se torna apta a alguma atividade tecnológica que não podia desempenhar anteriormente (Figueiredo, 2003).

A literatura destaca diferentes mecanismos de acumulação tecnológica, isto é, diferentes formas de esforço tecnológico. Esforço tecnológico é, portanto, mecanismo de capacitação – entendido aqui como aprendizado tecnológico, de acordo com Lall (2000).

Figueiredo (2003), desenvolveu um modelo que identifica os vários processos por meio dos quais a empresa adquire conhecimentos técnicos – via fontes externas e internas – para a construção de sua capacidade tecnológica. O autor dividiu a aprendizagem em dois processos distintos: a) o processo de aquisição de conhecimentos; e b) o processo de conversão de conhecimentos. O primeiro está mais ligado à aprendizagem no plano individual, e o segundo, à aprendizagem no plano organizacional. Uma razão para o autor ter feito essa divisão é que a aprendizagem se verifica primeiramente no plano individual.

Essa posição é corroborada em Fleury & Fleury (2001), que sugerem a distinção de níveis em que a aprendizagem organizacional pode ocorrer: do indivíduo, do grupo e da organização. Inicialmente, o processo de aprendizagem ocorre no nível do indivíduo, por meio de caminhos diversos. Posteriormente, a aprendizagem pode constituir-se em um processo social e coletivo e seu entendimento depende da observação de como o grupo aprende, como combina conhecimentos e crenças individuais, interpretando-as e integrando-as em conceitos compartilhados, que podem consistir em orientações para ações específicas de um grupo ou uma organização. No nível da organização, os processos de Aprendizagem Individual e de compreensão e interpretação partilhados pelo grupo tornam-se institucionalizados e expressos em diversos artefatos, como estruturas, regras, procedimentos, mecanismos de retenção, recuperação e utilização das informações.

O modelo de Figueiredo (2003) desagrega a aprendizagem em processos de aquisição de conhecimentos e processos de conversão de conhecimentos. Os primeiros são ainda desagregados em externos e internos e os últimos em socialização do saber e codificação do saber. Portanto o modelo consiste em quatro processos de aprendizagem (linhas do **quadro 2.5**), cada qual incluindo diferentes mecanismos. Esses processos são examinados à luz de quatro características: variedade, intensidade, funcionamento e interação (colunas do **quadro 2.5**).

Processos de aprendizagem	Variedade	Intensidade	Funcionamento	Interação
	Ausente-presente (limitada-razoável-ampla)	Esporádica-intermitente- contínua	Deficiente-razoável-bom- excelente	Deficiente-razoável-forte
Processos e mecanismos de aquisição de saber				
Aquisição de saber externo	Ausência/presença de processos para adquirir saber no país ou no exterior (p.ex., importação de saber externo, treinamento no exterior). Variedade ampla pode trazer diferentes saberes para a empresa.	O modo como a empresa utiliza tais processos pode ser contínuo (p.ex., treinamento anual no exterior para engenheiros e operadores), intermitente ou mesmo esporádico.	O modo como um processo é criado (p.ex., critérios para treinar indivíduos no exterior) e o modo como ele funciona ao longo do tempo podem aumentar ou diminuir a variedade e a intensidade. Seqüência: “aprender antes de fazer”.	O modo como um processo influencia outros processos de aquisição de saber externo ou interno (treinamento no exterior, aprendizagem através da prática) e/ou outros processos de conversão do saber.
Aquisição de saber interno	Ausência/presença de processos para adquirir saber exercendo atividades internas (p.ex., extensão da capacidade, experimentação na planta). Podem ser atividades operacionais rotineiras e/ou inovadoras (p.ex., desenvolvimento de produtos).	O modo como a empresa utiliza os diferentes processos de aquisição de saber interno pode influenciar a compreensão que os indivíduos venham a ter dos princípios inerentes à tecnologia.	O modo como um processo é criado (p.ex., centros de pesquisa) e o modo como ele funciona ao longo do tempo afetam a variedade e a intensidade. Seqüência: “aprender antes de fazer”.	A aquisição de saber interno pode ser induzida pelo processo de aquisição de saber externo (p.ex., melhoramentos na planta induzidos pelo treinamento no exterior). Isso pode desencadear processos de conversão do saber.
Processos e mecanismos de conversão de saber				
Socialização do saber	Ausência/presença de diferentes processos pelos quais os indivíduos compartilham seu saber tácito (p.ex., reuniões, solução conjunta de problemas, OJT)	O modo como os processos (p.ex., OJT supervisionado) continuam ao longo dos anos. A intensidade contínua da socialização do saber pode levar à codificação do saber.	O modo como são criados os mecanismos de socialização do saber (p.ex., treinamento interno) e o modo como eles funcionam ao longo do tempo afetam a variedade e a intensidade do processo de conversão do saber.	Reunir diferentes saberes tácitos num sistema viável (p.ex., vinculando saberes). A socialização pode ser influenciada pelos processos de aquisição de saber externo ou interno.
Codificação do saber	Ausência/presença de diferentes processos e mecanismos para codificar o saber tácito (p.ex., documentação sistemática, seminários internos etc.)	O modo como os processos (p.ex., padronização das operações) são repetidamente executados. Codificação ausente ou intermitente pode limitar a aprendizagem organizacional)	O modo como é criada a codificação do saber e o modo como ela funciona ao longo do tempo afetam todo o processo de conversão do saber, bem como sua variedade e intensidade.	O modo como a codificação do saber é influenciada pelos processos de aquisição de saber (p.ex., treinamento no exterior) ou por outros processos de socialização do saber (p.ex., formação de equipes).

Quadro 2.5 – Principais características dos processos de aprendizagem na empresa de país emergente: modelo ilustrativo

Fonte: Figueiredo (2003)

Uma das características da atividade econômica é que ela fornece a oportunidade para a aprendizagem. Aprendizagem é um processo pelo qual a repetição e a experimentação conferem habilidades para uma melhor performance e para que novas oportunidades de produção sejam identificadas de forma mais rápida, conforme Dosi, Teece e Winter (1992).

O aprendizado que leva ao acúmulo de capacitações nas empresas pode ocorrer em diferentes formas, às quais usualmente correspondem soluções organizacionais específicas. Ao propor uma taxonomia dos processos de aprendizado, Malerba (1992) identifica seis tipos básicos:

1. O ***learning by doing*** consiste em uma forma de aprendizado que ocorre no processo de manufatura, após as atividades de P&D terem se completado, materializando-se no desenvolvimento de uma habilidade crescente na produção, que reduz os custos com mão-de-obra por unidade de produto, ou ainda diminui a incidência de problemas de qualidade. Também se incluem no learning by doing aquelas inovações incrementais no produto que resultam de capacitações obtidas através do envolvimento direto da empresa no processo produtivo.
2. O ***learning by using*** ocorre com a utilização do produto pelo seu usuário final, podendo resultar tanto em práticas de operação e manutenção mais eficazes quanto em informações que, repassadas para a empresa produtora, repercutem na introdução de melhoras incrementais no produto.
3. O ***learning by advances in science and technology*** consiste na absorção e utilização de novos desenvolvimentos da ciência e da tecnologia, gerados por instituições de pesquisa externas à empresa.
4. O ***learning from inter-industry spillovers*** envolve atividades voltadas para a absorção de informações e conhecimentos relacionados ao que outras empresas – geralmente concorrentes – estão fazendo. Um exemplo clássico está em esforços de engenharia reversa, quando uma empresa desmonta e analisa produtos de concorrentes para tentar imitar alguma solução tecnológica que lhe pareça interessante.
5. O ***learning by interacting*** ocorre quando uma empresa troca informações e realiza alguma forma de cooperação tecnológica com outras empresas, sejam estas fornecedores e usuários situados ao longo da mesma cadeia produtiva ou empresas que atuam em outras indústrias.

6. O *learning by searching* engloba aquelas atividades de busca de novas tecnologias que são internas à empresa e, na maioria dos casos, formalizadas em departamentos ou equipes de pesquisa e desenvolvimento.

Bell (1984), por sua vez, destaca outros mecanismos formais de aprendizado, tais como o *learning by training* (treinamentos), citando o sucesso da experiência de engenheiros brasileiros trabalhando ao lado de engenheiros japoneses na Cia Siderúrgica Usiminas em 1978; e o *learning by hiring* (contratação), quando o conhecimento pode ser adquirido através de um simples mecanismo de contratação de profissionais que detêm os recursos desejados.

Uma distinção muito comum é feita entre os mecanismos *by-doing* e outros tipos mais explícitos e deliberados de esforços. Segundo Bell (1984), os esforços *by-doing* são automáticos e não formais, à medida que a capacitação tecnológica ocorre como um subproduto da própria atividade produtiva.

Outros mecanismos de aprendizado, ao contrário, são mais explícitos, pois representam investimentos deliberados no desenvolvimento de capacidades tecnológicas.

Os esforços *by-doing*, por sua vez, apesar de importantes, não são suficientes para avanços mais significativos na trajetória de aprendizado em direção à fronteira do conhecimento (Bell, 1984).

De maneira geral, os esforços mais formais e deliberados são associados à acumulação de capacidades tecnológicas mais complexas, e a resultados mais originais, criativos e cientificamente intensivos em termos de mudança técnica. As atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), por exemplo, são normalmente apontadas como o principal tipo de esforço para gerar conhecimentos associados à tecnologia industrial, por representar o meio mais formal e deliberado de aprendizado e mudança técnica. Acredita-se, portanto, que a condução de atividades de P&D pode levar à acumulação de capacidades mais avançadas e complexas, isto é, capacidades de gerar conhecimento tecnológico novo (Costa, 2003).

Diante do exposto, nota-se que o modelo desenvolvido por Figueiredo (2003), além de contemplar os mecanismos clássicos dissertados na literatura, estabelece uma visão crítica acerca dos processos de aprendizagem através de quatro características (variedade, intensidade, funcionamento e interação), servindo para medir a eficiência da aprendizagem bem como orientar estratégias empresariais.

2.1.5 – A classificação das capacidades tecnológicas em países em desenvolvimento

A análise do aprendizado e da mudança tecnológica nos países em desenvolvimento segundo a abordagem da capacidade tecnológica é marcada por forte viés empírico, consolidando um conjunto bastante heterogêneo de estudos. O caráter empírico desta abordagem e a percepção de que a acumulação de capacidades tecnológicas ocorre em diferentes níveis da atividade produtiva implicam um vasto número de definições, conceitos e classificações (Costa, 2003).

A relação entre esforços, capacidades e mudanças técnicas como seguindo uma trajetória cumulativa traz implícita a noção de uma seqüência evolucionista de acumulação, incorporada em muitas classificações e tipologias encontradas na literatura, especialmente nos primeiros trabalhos na década de oitenta. Nestas classificações, a empresa acumula seqüencialmente conhecimentos, experiências e aptidões que lhe permitem evoluir da mera operação de determinada tecnologia, para sua busca, aquisição, absorção, adaptação, melhoramento, modificações substanciais, até atingir um nível de aprendizado que lhe permita realizar inovações *stricto sensu*, isto é, mudanças pioneiras na fronteira internacional do conhecimento tecnológico (Fransman, 1984; Lall, 1992).

Há um consenso, entre vários autores da linha evolucionista, que para que as empresas dos países em desenvolvimento reduzam o hiato em relação à fronteira tecnológica internacional, realizando desta forma o *catching-up*, não basta acumular capacidades para usar, mesmo que eficientemente, tecnologias importadas. É preciso avançar em direção a capacidades mais complexas, o que requer a condução de esforços mais explícitos e deliberados (Costa, 2003). Ou seja, um verdadeiro *catching-up* deve passar pela experiência de ser incluído entre os geradores da tecnologia e não apenas entre os usuários.

Autores da literatura sobre capacidade tecnológica reconhecem, no entanto, que as possibilidades dos países em desenvolvimento realizarem o *catching-up* são bastantes complexas, uma vez que as empresas nestes países conduzem, basicamente, esforços menos deliberados, implicando um aprendizado tecnológico limitado. Em sendo assim, as aptidões e conhecimentos acumulados permitem alcançar mudança técnica marcada por forte caráter adaptativo e incremental, a partir de conhecimento gerado nos países desenvolvidos (Bell, 1984). Deste modo, o processo de mudança tecnológica nos países em desenvolvimento não tem sido de inovação na fronteira do conhecimento, mas consiste essencialmente em aprender a usar e melhorar tecnologias já existentes nos países desenvolvidos, ou seja, imitar e adaptar.

Com base nestas noções, sobretudo da seqüência de aprendizado, a literatura sobre capacidade tecnológica nos países em desenvolvimento apresenta diferentes formas para classificar os estágios de acumulação tecnológica possíveis, segundo os níveis de complexidade das capacidades, do grau de novidade e originalidade da mudança tecnológica e do propósito com que os esforços tecnológicos são empreendidos.

Um número considerável de modelos e classificações das capacidades tecnológicas implica a imprecisão conceitual que marca este tema. Nesta seção são resumidamente mostradas quatro abordagens, com posterior avaliação da possibilidade de adoção de uma delas para efeito de estudo de relações entre TIB e capacidade tecnológica, objeto de pesquisa desta tese. São os seguintes os modelos e classificações a serem comentados:

- a) Matriz das capacidades tecnológicas, segundo Lall (1992);
- b) Classificação das capacidades tecnológicas da empresa – funcionais e metacapacidades, segundo Costa (2003);
- c) Modelo da trajetória de capacitação tecnológica, segundo Fleury (1991);
- d) Modelo descritivo das capacidades tecnológicas em empresas de economias emergentes, segundo Figueiredo (2003).

Esses modelos e classificações foram escolhidos para análise por conterem algumas características que orientam esta tese, a saber:

- terem o foco na empresa industrial;
- terem sido desenvolvidos para empresas em economias emergentes;
- fazerem distinção com relação ao uso-geração da tecnologia por parte das empresas, ou seja, além de usarem de forma eficiente a tecnologia atual, serem capazes de gerar novas tecnologias;
- levarem em conta que a acumulação de capacidade tecnológica se processa das categorias de funções tecnológicas mais simples para as mais complexas, caracterizando assim diversos níveis de capacidade. Alguns estudos sobre o desenvolvimento tecnológico em economias emergentes que lançam mão das estatísticas sobre patentes e dos gastos com P&D, como indicadores da atividade tecnológica, tendem a buscar, de uma lado, apenas evidências sobre as atividades avançadas, ou limitam-se a identificar a incidência, ou não,

de atividades inovadoras. Ignoram-se, portanto, os diversos níveis intermediários de capacidade tecnológica – que são predominantes em empresas em economias emergentes e, de cujo processo de aprofundamento cumulativo, depende o alcance de níveis tecnológicos mais sofisticados (Lall, 1992; Dosi, 1988; Bell & Pavitt, 1995; Kim 1997; Figueiredo, 2003). Ou seja, busca-se a existência, ou não, de atividades tecnológicas inovadoras sem, contudo, captar os níveis de capacidades e seu modo e velocidade de acumulação. Como consequência, gera-se uma perspectiva linear e polarizada de inovação e de capacidade tecnológica, que considera dois extremos: básica (simples montagem – sem atividades inovadoras) ou avançada (baseada em patentes e P&D) (Figueiredo, 2003).

A matriz das capacidades tecnológicas, segundo Lall (1992):

A análise da tecnologia ao nível de empresa, em países em desenvolvimento, inspirou a criação das teorias evolucionárias desenvolvidas por Nelson & Winter (1982) e posteriormente comentadas e detalhadas por Dosi (1988). O ponto de partida dessas teorias é que as empresas não podem operar numa função de produção comum a todas elas. O conhecimento tecnológico não é compartilhado igualmente entre as empresas e nem é facilmente imitado ou transferido entre elas (Lall, 1992).

A transferência necessariamente requer aprendizagem porque as tecnologias são tácitas e seus princípios não são sempre facilmente compreendidos. Portanto, conquistar o conhecimento de uma nova tecnologia requer habilidades, esforços e investimentos pela empresa receptora.

A ocorrência das diferenças de nível entre empresas, com relação aos esforços tecnológicos, pode variar por tipo de indústria, pelo tamanho da empresa ou mercado, pelo nível de desenvolvimento ou pelas suas estratégias industriais/comerciais.

Dosi (1988) coloca que as teorias evolucionistas podem explicar a “existência permanente de assimetrias entre empresas, em termos de suas tecnologias de processos e qualidade de seus produtos”.

Com base nessas noções, Lall (1992) propôs uma matriz de capacidades tecnológicas. Nessa matriz Lall identifica três graus de complexidade, segundo a formalidade e o propósito dos esforços tecnológicos: básico, intermediário e avançado.

As capacidades tecnológicas básicas são acumuladas por meio das rotinas básicas da atividade de produção, isto é, mecanismos *by-doing* ou com base na experiência. As capacidades intermediárias são construídas a partir de atividades ou esforços conduzidos em base mais deliberada. As capacidades avançadas, por sua vez, são desenvolvidas por meio de atividades de P&D, que são a forma mais explícita e deliberada de esforço. Baseado nessa matriz, Lall distingue capacidade operacional de capacidade inovativa. A primeira é definida pelos conhecimentos e experiências necessários para usar tecnologias desenvolvidas por outros (*know-how*). É acumulada principalmente por meio de esforços *by-doing*, constituindo, portanto, capacidade de menor nível de complexidade. Capacidade inovativa, por sua vez, é mais complexa e avançada, referindo-se à capacidade de entender os princípios da tecnologia.

Além do grau de complexidade, a matriz apresentada por Lall (1992) classifica as capacidades tecnológicas segundo suas funções em facilitar atividades produtivas específicas. São três as dimensões funcionais das capacidades identificadas por Lall: 1) investimento (o qual ocorre em dois estágios: pré-investimento e execução do projeto); 2) produção (engenharia de processo, engenharia de produto e engenharia industrial); e 3) ligações com outros agentes (econômicos, fornecedores, licenciadores, consultores, etc.).

Um aspecto importante citado por Lall é que essa matriz não significa uma linha sequencial necessária de aprendizado. Diferentes empresas e diferentes tecnologias podem adotar seqüências diferentes, uma vez que os aspectos funcionais estacados na matriz podem não ser os únicos e nem todos eles encontram utilização nos mais diversos tipos de empresas.

Segue o **quadro 2.6** da matriz das capacidades tecnológicas de Lall.

DIMENSÕES FUNCIONAIS							
GRAUS DE COMPLEXIDADE	CARACTERÍSTICAS	INVESTIMENTO		PRODUÇÃO			LIGAÇÕES COM OUTROS AGENTES
		Pré-investimento	Execução do projeto	Engenharia de processo	Engenharia do produto	Engenharia industrial	
Básico	Simple rotina	<ul style="list-style-type: none"> - Estudos de viabilidade; - Escolha do local, cronograma de investimentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Construção civil, utilidades, comissionamento de equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle de qualidade; - Manutenção preventiva; - Assimilação da tecnologia do processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Engenharia reversa; - Pequenas adaptações às necessidades de mercado 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo dos métodos e dos tempos de trabalho; - Controle de estoque. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obtenção local de bens e serviços; - Troca de informações com fornecedores.
Intermediário	Adaptativo-duplicativo	<ul style="list-style-type: none"> - Procura por fontes de tecnologia; - Negociação de contratos com fornecedores; - Sistemas de informação 	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de equiptos, eng. de detalhes, treinamento e recrutamento de profissionais habilitados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptação de processos e redução de custos; - Licenciamento de novas tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria da qualidade do produto; - Modificação de produtos adquiridos por licenciamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento da produtividade; - Melhorias na coordenação dos processos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Transferência de tecnologia de fornecedores locais; - Relações com instituições de C&T.
Avançado	Risco inovativo	-----	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto do processo básico; - Projeto de equipamentos e com fornecimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inovação interna no processo; - Pesquisa básica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inovação interna no produto; - Pesquisa básica. 	-----	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciamento de tecnologias próprias para outras empresas.

Quadro 2.6 – Matriz das capacidades tecnológicas

Fonte: Lall (1992)

A classificação das capacidades tecnológicas da empresa – funcionais e metacapacidades, segundo Costa(2003):

A proposição de uma classificação de capacidades tecnológicas feita por Costa (2003) partiu de classificações já existentes na literatura, sobretudo da matriz de capacidades tecnológicas desenvolvida por Lall (1992).

Na classificação proposta, as considerações quanto à profundidade do aprendizado implicaram numa primeira distinção entre duas dimensões de capacidades tecnológicas: a das capacidades funcionais e a das metacapacidades. As capacidades funcionais estão associadas às mudanças técnicas no sistema de produção, enquanto que as metacapacidades estão associadas ao próprio processo de aprendizado no âmbito do sistema de conhecimento.

Em geral, a literatura costuma associar o aspecto funcional das capacidades aos diferentes aspectos da atividade produtiva que elas facilitam. Por exemplo, na matriz de Lall (1992), a questão funcional é definida segundo as dimensões da atividade produtiva: investimento inicial, eng. de produto, de processo, industrial, e as ligações com outros agentes. Na classificação proposta por Costa, este aspecto funcional é definido de modo um pouco diferente, uma vez que o critério adotado é o tipo de mudança técnica no sistema de produção que as capacidades podem influenciar por intermédio dos esforços tecnológicos. São então identificados três tipos de capacidades tecnológicas funcionais: 1) de operação; 2) de melhoria e 3) de geração; capacidades para, respectivamente, usar, melhorar e criar tecnologias tanto de produto quanto de processo.

As capacidades de operação são relacionadas ao uso eficiente das tecnologias, em termos da condução das atividades produtivas. Elas incluem os conhecimentos e experiências necessários para identificar, adquirir, assimilar, usar e dominar tecnologias de produto e/ou processo que são importantes para as atividades produtivas. Podem incluir ainda capacidade para realizar adaptações menores nas tecnologias já em uso. De maneira geral, portanto, a influência destas capacidades sobre a mudança técnica é associada à imitação duplicativa eficiente de tecnologia gerada por outros agentes, podendo incluir também alguma forma menos complexa de imitação criativa.

As capacidades de melhoria, por sua vez, são os conhecimentos, competências e experiências associados à imitação criativa das tecnologias desenvolvidas por agentes externos à empresa. O caráter criativo associado a este tipo de capacidade a define como mais complexa e profunda que as capacidades de operação.

Da mesma forma, as capacidades de geração são caracterizadas por conhecimentos e competências associados a mudanças tecnologicamente mais criativas. Estas capacidades representam um passo adiante no processo de aprendizado tecnológico, à medida que elas são necessárias para a obtenção de resultados mais complexos e originais, isto é: inovações *stricto sensu*.

Já as metacapacidades não podem ser comparadas às capacidades funcionais em termos do grau de complexidade, pois não estão diretamente associadas à mudança técnica e ao sistema de produção. Ou seja, enquanto as capacidades funcionais influenciam a realização de atividades associadas ao sistema de produção, as metacapacidades influenciam a dinâmica do sistema de conhecimento, à medida que facilitam o processo de acumulação das capacidades tecnológicas propriamente dito. Logo, a influência das metacapacidades perpassa as capacidades funcionais.

Três metacapacidades são ressaltadas na classificação proposta: capacidade para aprender, para interagir e para monitorar. A primeira se refere às habilidades e conhecimentos para gerenciar o processo de aprendizado. Os mecanismos para acumular este tipo de capacidade são o próprio processo de aprendizado (*learning-by-learning*). A capacidade para interagir está associada às habilidades para trocar conhecimento com agentes externos à empresa. Quanto mais uma empresa interage com outros agentes do sistema tecnológico, maior a sua habilidade para interagir. Portanto, o mecanismo para acumular esta capacidade é a própria interação (*learning-by-interacting*). Finalmente, a capacidade para monitorar é habilidade e conhecimento necessário para identificar, localizar e se manter a par dos conhecimentos relevantes na área tecnológica de atuação da empresa.

Segue a **fig. 2.1** sintetizando o modelo de Costa (2003).

Figura 2.1 – Classificação das Capacidades Tecnológicas da empresa – Funcionais e Meta
Fonte: adaptado de Costa (2003)

O modelo da trajetória de capacitação tecnológica, segundo Fleury (1991):

Fleury (1991) coloca que no processo de industrialização ocorrido no Japão e na Coreia, observou-se uma intensa interação entre governo e indústria, tendo em vista a formação de capacidade tecnológica ao nível das empresas industriais. O principal argumento apresentado é de que o Japão, e posteriormente a Coreia, adotaram uma estratégia de industrialização que visa primordialmente a formação de capacidade tecnológica ao nível das empresas. Assim, a escolha de políticas e mecanismos para o desenvolvimento industrial foram conduzidas de maneira a induzir as empresas, individual e coletivamente, a evoluir através de uma trajetória de capacidades tecnológicas.

No trabalho desenvolvido por Fleury mostrou-se que há uma trajetória de capacidades tecnológicas, cujos estágios devem ser sequencialmente percorridos para que uma empresa realmente se capacite. No modelo apresentado a unidade básica é a empresa industrial e o eixo de análise é a sua evolução em termos de capacidade para aplicar e/ou produzir “novas tecnologias”, de maneira ótima para atender às demandas de mercado. Também considera-se que a capacidade tecnológica é específica da empresa, cumulativa e diferenciada de empresa para empresa e que sua trajetória inclui quatro estágios consecutivos: alfabetização tecnológica, prática tecnológica, mestria tecnológica e excelência tecnológica.

Esta trajetória é justificada pelos requisitos do próprio processo de aprendizagem tecnológica, evoluindo dos conceitos mais simples e básicos para os mais elaborados.

Para tornar mais clara a idéia do modelo, imaginemos uma empresa que, tendo sempre operado sem maiores preocupações com a formação de capacidade tecnológica, e que então passasse efetivamente a considerá-la como relevante e estratégica, deve proceder da seguinte maneira, nos quatro estágios considerados:

a) Alfabetização tecnológica:

Ao nível do processo produtivo o esforço é dirigido no sentido de (re)aprender a tecnologia de processo, o que é conseguido na medida em que os sistemas de decisão operacionais são tornados explícitos e os sistemas de informação que suportam a operação são estruturados e padronizados. Trata-se, então, de organizar a informação que está sendo utilizada na operação do sistema.

Ao nível da alta administração é preciso (re)enquadrar a tecnologia na estratégia competitiva da empresa. Isto implica numa análise prospectiva de mercados e de “tecnologias” que, considerados à luz dos objetivos da empresa, resulta num reposicionamento estratégico e no delineamento de diretrizes estratégicas para a manufatura. Esses esforços devem resultar em benefícios imediatos, tais como:

- identificação de inconsistências em critérios de operação e assim como de “gargalos”, o que deve permitir a otimização do sistema;
- descortinamento de fontes de conflito interdepartamental e a consequente melhoria de comunicação e um início de processo de integração horizontal.

A um prazo mais longo, outros resultados deverão ser alcançados:

- aumento da capacidade para *reverse engineering*;
- aumento da capacidade para organização de informações;
- aumento da capacidade de análise crítica no que diz respeito a organização do processo produtivo.

Ao nível estratégico, o benefício maior será associado à incorporação da Manufatura como função estratégica.

b) Prática tecnológica:

Uma vez que os elementos básicos do processo de capacitação tecnológica estejam devidamente identificados, torna-se possível para a empresa implantar a prática tecnológica.

Ao nível do processo produtivo, as atividades dizem respeito à organização para a melhoria contínua. No entanto isto só será possível se as atividades descritas no estágio anterior tiverem sido satisfatoriamente desenvolvidas.

Ao nível da gestão das atividades de Engenharia o que se observa é a elaboração de uma estratégia de médio prazo que integra análise de mercado, revisão de linha de produtos, avaliação dos fluxos (internos e externos) de informação tecnológica e a capacidade do sistema de produção. É a partir desta análise que se especifica:

- que famílias de produtos devem ser desenvolvidas para quais mercados;
- quais serão os critérios para avaliação da qualidade do produto;
- qual deve ser o grau de flexibilidade das diferentes funções;
- qual deve ser a configuração organizacional das diferentes funções e como elas devem ser integradas na operação cotidiana.

Ao nível da alta administração os esforços maiores devem estar voltados para o estabelecimento da consistência entre os requisitos para operação ótima da função Manufatura e as outras funções da empresa, especialmente Recursos Humanos, Finanças e Contabilidade. A curto prazo os resultados esperados serão:

- o atingimento de condições básicas para a introdução de técnicas como Controle Total de Qualidade, Tecnologia de Grupo e MRP, por exemplo;
- a integração operacional das funções tecnológicas;
- o estabelecimento de uma dinâmica organizacional para melhoria contínua.

A médio prazo os resultados incluem:

- capacidade em termos de experimentação controlada;
- capacidade em termos de identificação, busca e absorção de tecnologia;
- capacidade gerencial para a descentralização do processo decisório.

c) Mestria tecnológica:

Na medida em que a capacidade tecnológica ao nível operacional se consolide e que as diretrizes e a estrutura para a capacidade tecnológica ao nível da Engenharia estejam estabelecidas, a empresa pode se mover para o terceiro estágio.

Neste estágio, as mudanças mais significativas se situam ao nível da Engenharia, especialmente na sua articulação com agentes externos.

Em sendo assim, no nível da alta administração, os esforços passam a ser as negociações inter-organizacionais, especialmente aquelas que envolvem esforços cooperativos.

No plano interno, os esforços devem se concentrar na implementação dos modernos conceitos de manufatura dentro de uma lógica integradora. Assim, P&D, Engenharia e Produção trabalham de maneira integrada (*Simultaneous Engineering*), enquanto aplicam metodologias adequadas a integração dos fluxos de informação e decisão.

Finalmente, ao nível da produção permanecem os esforços para a melhoria contínua.

d) Excelência tecnológica:

Este estágio representa a consecução de uma proposta de formação de capacidade tecnológica. Esta capacidade torna-se, então, um ativo da empresa, tendo valor de troca no mercado. É um trunfo com o qual a empresa pode negociar.

Isto significa não só a possibilidade de vender “pacotes tecnológicos”, mas, principalmente, participar de esforços conjuntos no desenvolvimento de novos produtos ou mesmo de novos conhecimentos. A empresa passa a ter condições de desenvolver fornecedores, transferindo-lhes parte de seus conhecimentos e capacidade. Passa a ter plenas condições de criar esquemas de coordenação logística, num esquema de *Just-in-Time* externo.

No plano interno, passa a integrar de maneira consistente o seu sistema de informações e a planejar estratégias de modernização do sistema de produção com vistas à introdução de automação industrial.

A atividade da alta administração passa a ser de prospecção e planejamento a prazo bastante longo.

Sintetizamos na **fig. 2.2** a trajetória da capacidade tecnológica do modelo proposto e o conteúdo característico de cada estágio sequencial.

Figura 2.2 – Modelo da trajetória da capacitação tecnológica
Fonte: Fleury (1991)

O modelo descritivo das capacidades tecnológicas, segundo Figueiredo (2003):

O modelo proposto por Figueiredo (2003) também considera que as capacidades tecnológicas de uma empresa são categorizadas por funções e que a acumulação de capacidade tecnológica se processa das categorias mais simples para as mais complexas.

O princípio dessa métrica começou a ser desenvolvido pelo clássico estudioso Alexander Gerschenkron (1962) com base na idéia de estágios de desenvolvimento no contexto de industrialização tardia. Depois, outro avanço significativo foi feito em Lall (1992) e, mais tarde, refinada em Bell & Pavitt (1995). Em Figueiredo (2003), esse modelo foi empiricamente adaptado para auxiliar na explicação de diferenças entre empresas de aço em termos da maneira e da taxa (velocidade) de acumulação de capacidade tecnológica e, por sua vez, em termos de aprimoramento de desempenho técnico-econômico, conforme modelo mostrado no **quadro 2.7**.

Em outras palavras, o modelo permite identificar e medir a acumulação de capacidade tecnológica baseado em atividades que a empresa é capaz de fazer ao longo de sua existência. Com base nesse modelo, é possível distinguir entre: capacidades rotineiras, isto é, capacidades para usar ou operar certa tecnologia e sistemas de produção; e as capacidades inovadoras, isto é, capacidades para adaptar e/ou desenvolver novos processos de produção, sistemas organizacionais, produtos, equipamentos e projetos de engenharia, ou seja, capacidades para gerar e gerir a inovação tecnológica.

Embora esse modelo tenha sido feito, inicialmente, para aplicação empírica na indústria do aço, o mesmo tem sido adaptado para estudos de desenvolvimento tecnológico em outros setores industriais. O modelo foi adaptado e utilizado na indústria eletrônica por Ariffin & Figueiredo (2003); para a indústria de bens de capital fornecedora de sistemas de produção para a indústria de celulose e papel por Tacla & Figueiredo (2003); para a indústria de motocicletas e bicicletas por Vedovello & Figueiredo (2006) e também para o setor metal-mecânico por Ferigotti & Figueiredo (2003).

Níveis de competência tecnológica	Funções tecnológicas e atividades afins				
	Investimentos				
	Decisão e controle sobre a planta	Elaboração e implementação de projetos	Processos e organização da produção	Produtos	Equipamentos
ROTINEIRA 1. Básica 2. Renovada 3. Extrapléstica 4. Pré-intermediária	Contratar empreiteira principal. Decidir localização da planta. Garantia e desembolso. Termos de referência	Esboço do projeto inicial. Sincronizar as obras de construção com as de instalação.	Coordenação da produção rotineira em toda a planta. Absorver a capacidade projetada da planta. PCP e CQ básicos.	Replicar aços seguindo especificações aceitas. CQ rotineiro. Suprir mercados exportadores.	Substituição rotineira de componentes. Participar nas instalações e testes de desempenho.
	Monitoramento rotineiro ativo das unidades e infra-estrutura da planta existente.	Serviços técnicos rotineiros na planta nova e/ou na planta existente. Engenharia simples de apoio.	Estabilidade do Alto Forno (AF) e da aciaria. Maior coordenação da planta. Certificado de CQ para processos rotineiros (ISO 9000)	Aprimorar a replicação de aços seguindo especificações dadas e/ou próprias. Certificado internacional de CQ para produtos rotineiros.	Fabricação e substituição rotineiras de componentes (por exemplo, cilindros) com certificado internacional.
	Participação ativa no fornecimento de tecnologia com assistência técnica na programação de projetos.	Amplio planejamento de projetos. Estudos de viabilidade técnica com assistência técnica para expansões. Compra de equipamento padronizado.	Adaptações secundárias e intermitentes nos processos, “expansão da capacidade”. Estudos sistemáticos de novos sistemas de controle de processos.	Adaptações secundárias nas especificações dadas. Criar padrões próprios para os aços: dimensões, formato, qualidade da superfície e propriedades mecânicas. Estudos sistemáticos das características dos novos aços.	Adaptações secundárias nos equipamentos para ajusta-los à organização da produção local de matérias-primas. Manutenção própria.
	Monitoramento e controle parciais de: estudos de viabilidade de expansão; pesquisa, avaliação e seleção de tecnologia/fornecedores.	Eng. de instalações (civil e elétrica, tubulações, mecânica, metálica, estruturas refratárias e arquitetura). Expansões com assistência técnica. Engenharia detalhada.	“Expansão da capacidade” sistemática. Manipular parâmetros básicos dos processos. Novas técnicas organizacionais (por exemplo, CGQT, JIT)	Aprimoramento sistemático das especificações dadas. “Eng. Reversa” sistemática. Projetar e desenvolver aços não-originais com assistência técnica. Desenvolver especificações próprias. Licenciamento de tecnologia de novos produtos.	Reforma de equipamento pesado (AF) sem assistência técnica. Eng. reversa detalhada e básica. Produção de equipamento pesado.

Níveis de competência tecnológica	Funções tecnológicas e atividades afins				
	Investimentos				
	Decisão e controle sobre a planta	Elaboração e implementação de projetos	Processos e organização da produção	Produtos	Equipamentos
INOVADORA 5. Intermediária	Monitoramento, controle e execução integrais de: estudos de viabilidade; pesquisa, avaliação e seleção; financiamento.	Eng. básica de instalações individuais. Expandir a planta sem assistência técnica. Eng. de compras (especificações, análise de projetos). Comissionamento da planta. Provisão intermitente de assistência técnica.	Aprimoramento contínuo de processos. Projetar modelos de sistemas dinâmicos automatizados. Integração de controle automatizado de processos e PCP. “Expansão da capacidade” rotinizada. Sistemas logísticos para entrega JIT.	Aprimoramento contínuo das especificações próprias. Desenho não-original, desenvolvimento, produção e comercialização de aços complexos e de alto valor, sem assistência técnica. Certificado de desenvolvimento de produtos. Participação em projetos mundiais (por exemplo, Ulsab)	Engenharia contínua, básica e detalhada de equipamentos e produção de instalações individuais. Manutenção preventiva.
6. Média-alta	Controle integral do esboço e execução do projeto geral. Prestar assistência técnica em negociações e decisões de expansão.	Eng. básica de toda a planta. Provisão sistemática de assistência técnica em: estudos de viabilidade; Eng. de compras, básica e detalhada; início das atividades da planta. Colaboração com fornecedores em projetos de novas instalações.	Integração de sistemas operacionais automatizados com sistemas de controle organizacionais. Inovação de processos com base em pesquisa e engenharia.	Agregar valor a aços desenvolvidos internamente. Desenho e desenvolvimento de aços não-originais ultracomplexos e de alto valor. Participar de projetos de desenho e desenvolvimento de produtos empreendidos por usuários (p.ex., montadoras). Sistemas complexos de distribuição JIT.	Engenharia contínua, básica e detalhada de equipamentos e produção de todas as usinas e instalações e/ou componentes para outras indústrias. Assistência técnica contínua (por ex., para reforma do Alto Forno) a outras empresas.
7. Avançada	Gestão de projetos de primeira classe. Desenvolver novos sistemas de produção via P&D.	Engenharia de primeira classe. Desenho de novos processos e P&D correspondentes.	Produção de primeira classe. Desenho e desenvolvimento de novos processos via Engenharia e P&D.	Desenho e desenvolvimento de aços novos de primeira classe. Desenho de produto original via Engenharia e P&D.	Desenho e produção de equipamento de primeira classe. P&D para novos equipamentos e componentes.

Quadro 2.7 – Métrica para exame de desenvolvimento de capacidade tecnológica em empresas de economias em industrialização: modelo ilustrativo para uma empresa siderúrgica

Fonte: Figueiredo (2003)

Como pode ser observado, o modelo adaptado consiste em sete níveis de capacidade (1. Básico; 2. Renovado; 3. Extrad básico; 4. Pré-intermediário; 5. Intermediário; 6. Intermediário superior e 7, Avançado) para cinco funções tecnológicas (Decisão e controle sobre a planta, Engenharia de projetos, Processos e organização da produção, Produtos e Equipamentos).

As duas primeiras funções são agrupadas na rubrica de “Investimentos”. Com relação à aplicação empírica desse modelo é importante notar os seguintes pontos:

- a) o modelo permite captar dois tipos de trajetória de desenvolvimento tecnológico: pela evolução da simples produção de bens e serviços cada vez mais complexos e de maior valor agregado – p. ex., da manufatura de simples aparelhos de áudio à manufatura de DVD's; pelo aprofundamento do nível de capacidade tecnológica – p. ex., da produção básica para a engenharia, desenho e desenvolvimento de processos e/ou produtos;
- b) embora apresente a capacidade tecnológica conforme níveis ou “estágios”, o modelo não pressupõe que todas as empresas de um certo setor industrial – ou mesmo unidades de uma mesma empresa – necessariamente se capacitem nessa seqüência linear. O modelo também não pressupõe que as capacidades sejam construídas, acumuladas, sustentadas (ou debilitadas), ao mesmo tempo e à mesma velocidade, para as diferentes funções tecnológicas;
- c) em estudos em nível de empresas – e mesmo de setores industriais – recomenda-se classificar as funções tecnológicas específicas (p. ex., produtos, processo e organização da produção), em termos de tipos e níveis de capacidades, em vez de empresa ou do setor industrial em si. As empresas acumulam suas capacidades para funções tecnológicas diversas em diferentes maneiras, direções e a diferentes velocidades. Para certa função tecnológica (p. ex., produtos) pode-se alcançar uma profundidade de capacidade tecnológica (p. ex., nível 5), enquanto que em uma outra função (p. ex., gestão de projetos) pode-se acumular um nível mais superficial (p. ex., nível 2);
- d) Lembrando que a acumulação de capacidades rotineiras e inovadoras ocorre de maneira paralela dentro da empresa, é possível uma empresa acumular partes de certas capacidades inovadoras sem que a acumulação de suas capacidades rotineiras esteja consolidada. Chama-se a isso de acumulação *truncada* ou *incompleta*, fenômeno observado, com certa freqüência, em empresas que operam em economias ou áreas emergentes, segundo Figueiredo (2003).

A **fig. 2.3** (a “escada”) é uma estrutura auxiliar, que facilita a visualização da trajetória tecnológica de empresas de economias emergentes e ajuda a compreender a essência do modelo em questão.

Figura 2.3 – Trajetória de acumulação de capacidade tecnológica em empresas de economias emergentes
Fonte: Figueiredo (2003)

No eixo vertical direito estão as capacidades tecnológicas classificadas por níveis. No nível mais elevado estão as atividades tecnológicas fortemente baseadas em pesquisa, projeto e desenvolvimento. Tão importante quanto mirar a acumulação desse nível mais avançado de capacidade tecnológica, é entender que a construção e a acumulação de capacidade tecnológica em níveis intermediários são uma pré-condição para o alcance dos níveis mais avançados (Lall, 1992; Bell & Pavitt, 1995; Figueiredo, 2003).

Entretanto, estudos sobre inovação industrial em economias emergentes tendem a ignorar a importância da acumulação das capacidades em níveis intermediários e *como e quanto tempo* empresas evoluem da acumulação de capacidades rotineiras para capacidades inovadoras – de básicas a avançadas.

Dessa forma, a aplicação desse modelo permite levantar questões aparentemente simples, mas, cuja busca sistemática e disciplinada de respostas, pode conduzir a uma estratégia de inovação industrial focada e coerente – tanto em nível de empresas como de setor industrial ou mesmo de um país: onde estamos em termos de capacidade tecnológica ? quanto tempo levamos para chegar até aqui ? por quanto tempo estamos “estacionados” em certo nível de capacidade para uma função tecnológica específica ? quão distante estamos da fronteira tecnológica internacional ?

Conclusões e comparações acerca das abordagens descritas

Em função das características dos modelos mostrados, podemos estabelecer algumas comparações:

De uma forma geral podemos listar as seguintes conclusões:

- tanto a classificação proposta pela Ionara Costa como o modelo de Paulo Figueiredo tiveram suas origens na matriz de Lall. Figueiredo coloca que seu modelo foi uma adaptação feita a partir do modelo de Bell & Pavitt (1995), que por sua vez foi um refinamento da matriz de Lall (1992). Já Afonso Fleury criou o seu modelo baseado nas pesquisas e observação de que o sucesso de empresas asiáticas, sobretudo da Coreia e Japão, foi oriundo de uma trajetória de capacidade tecnológica induzida pelos governos locais. Portanto todas as abordagens descritas tiveram uma perspectiva evolucionista e conseqüentemente são úteis para descrever as trajetórias de acumulação de competência tecnológica percorrida por empresas de países recém-industrializados;
- a matriz de Lall e os modelos de Fleury e Figueiredo guardam uma certa semelhança entre si quando analisados sob o ponto de vista da existência de vários níveis de capacidade tecnológica para diversas funções tecnológicas relacionadas;
- um outro aspecto interessante a ser lembrado é que as abordagens descritas sugerem que a identificação e a medição da capacidade tecnológica ocorram por níveis de capacidade e não pelos indicadores relativos à P&D e patentes, como têm sido extensivamente usados para medir a capacidade tecnológica das empresas, setores industriais e países. Na literatura internacional é comum, sobretudo no contexto de países industrializados, a medição de capacidade com base em gastos com P&D, qualificações formais de indivíduos, investimentos em pessoal alocado em laboratórios de P&D e estatísticas em patentes. Entretanto, como argumentado em Lall (1992), Bell & Pavitt (1995), Figueiredo

(2003) e Costa (2003), há situações em que algumas dessas medidas têm suas próprias limitações e são menos relevantes pelas seguintes razões:

- a) indicadores relativos às atividades de P&D e de patentes são apenas prevalentes em alguns setores industriais de países tecnologicamente avançados, onde certas empresas têm níveis suficientemente profundos em P&D e intensiva produção de patentes internacionais. Logo, a aplicação desses indicadores para empresas em economias emergentes que, em geral, não possuem níveis sofisticados de capacidade tecnológica inovadora para conduzir atividades de P&D e patentes seria irrelevante;
- b) estatísticas de patentes internacionais, particularmente patentes nos EUA, são geralmente aceitas como uma medida superior de capacidade tecnológica. Entretanto, muito embora isso seja verdadeiro, avaliar capacidades tecnológicas tendo como base as estatísticas internacionais de patentes, particularmente as estatísticas de patentes dos EUA, poderia ser limitante e tendencioso para empresas em economias emergentes que não exportam significativamente produtos especializados e de marca própria para o mercado dos EUA;
- c) nas empresas que operam em economias emergentes é rara a incidência de laboratórios de P&D formalmente estruturados conforme aqueles encontrados em empresas de economias industrializadas. Não obstante, atividades tecnológicas inovadoras e complexas são conduzidas através dos departamentos de engenharia, de qualidade e de manutenção. É muitas vezes nessas unidades organizacionais que estão acumuladas grande parte das capacidades tecnológicas inovadoras das empresas;
- d) as abordagens baseadas em indicadores convencionais não captam as características e elementos do tecido organizacional onde a capacidade tecnológica é desenvolvida, acumulada e sustentada;
- e) estudos baseados em estatísticas de indicadores convencionais examinam a capacidade tecnológica em um ponto no tempo (momento atual). Tal abordagem estática não permite esclarecer como empresas desenvolveram progressivamente níveis mais profundos de capacidade tecnológica.

Dado o objetivo deste trabalho de pesquisa de verificar as eventuais relações entre a TIB e a capacidade tecnológica acumulada em empresas do setor metal-mecânico, optou-se por adotar a matriz das capacidades tecnológicas de Lall (1992) para a extração das variáveis e indicadores, os quais serão utilizados no modelo conceitual de pesquisa, conforme definido no capítulo 4 deste trabalho.

2.2 – Tecnologia Industrial Básica – TIB

Nesta segunda parte deste capítulo são abordadas as referências conceituais relacionadas à Tecnologia Industrial Básica – TIB.

Ao contrário do que foi verificado na primeira parte desse capítulo, quando foram encontrados vários estudos sobre o tema capacidade tecnológica, no caso da TIB foram encontradas poucas referências. Ainda a maioria delas estão contidas, principalmente, nos sites do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), da ISO (*International Organization for Standardization*), da OMC (Organização Mundial do Comércio), do MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), do MDIC (Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio) e da CNI (Confederação Nacional da Indústria), entre outras instituições.

Uma revisão da literatura nas áreas de Economia Industrial, Economia da Tecnologia e Gestão de Tecnologia revela uma total desconsideração das questões que dizem respeito à TIB. Não é de se estranhar, então, que praticamente não existam muitos estudos sobre TIB e Políticas Públicas no Brasil.

As funções tecnológicas da Tecnologia Industrial Básica podem ser vistas em três planos distintos: num plano macro, que nessa tese será denominado de global, onde são tratadas as legislações, as dinâmicas do comércio mundial e a conceituação da metrologia, normalização e avaliação da conformidade como ferramentas para superar as barreiras técnicas ao comércio; num plano meso, que denominaremos de local, onde são tratadas as medidas internas tomadas pelo país, em termos de TIB, através de suas organizações metrológicas e normativas, para o atendimento às decisões e legislações globais; e num plano micro, que será chamado de empresarial, onde são tratadas as aplicações específicas da TIB no dia-a-dia de uma empresa.

Portanto, para tornar mais explícita essa idéia, são tratados os seguintes itens em cada plano:

- a) No **plano global**, são vistas as medidas protecionistas ao comércio e as barreiras técnicas, os acordos da OMC, a estrutura metrológica internacional, as divisões da metrologia, a normalização internacional e regional, os acordos de reconhecimento mútuo entre países, o papel da normalização no comércio internacional e os principais fóruns internacionais de avaliação da conformidade, entre outros;

- b) No **plano local**, a conceituação da TIB no Brasil, o Inmetro e a estrutura laboratorial brasileira, as redes brasileiras de calibração e de laboratórios de ensaios – RBC e RBLE, o Sistema Nacional de Metrologia, as Redes Regionais de Metrologia, a ABNT e as normas nacionais, e os organismos certificadores, entre outros;
- c) No **plano empresarial**, entre outros temas, são abordados a metrologia industrial, a presença da metrologia no dia-a-dia da empresa, os fatores metrológicos, os resultados da medição, o processo de calibração de instrumentos, a comprovação metrológica e os diversos tipos de certificação disponíveis.

2.2.1 – A Abordagem no Plano Global

2.2.1.1 – Barreiras Técnicas

Para protegerem seus mercados, os países procuram utilizar vários mecanismos que dificultem o acesso de mercadorias importadas – as barreiras comerciais. A maneira mais comum de proteger os mercados é a utilização de tarifas. Contudo, com as negociações internacionais sobre comércio, que geralmente resultam em reduções nas tarifas que os países podem aplicar, foram sendo desenvolvidos novos artifícios para dificultar as importações, as chamadas barreiras não-tarifárias. Entre essas, têm se destacado as denominadas barreiras técnicas.

Há várias formas de definir barreiras técnicas às exportações. Segundo a OMC, *“Barreiras Técnicas às Exportações são barreiras comerciais derivadas da utilização de normas ou regulamentos técnicos não transparentes ou que não se baseiem em normas internacionalmente aceitas ou, ainda, decorrentes da adoção de procedimentos de avaliação da conformidade não transparentes e/ou demasiadamente dispendiosos, bem como de inspeções excessivamente rigorosas”*.

Segundo Carvalho (2003), a barreira técnica é um empecilho comercial criado a partir do uso de normas ou regulamentos, ou ainda procedimentos de avaliação de conformidade obscuros ou exagerados ou de origem duvidosa, com a finalidade de dificultar ou bloquear o acesso a mercados, isto é, a venda de determinado produto a um determinado país.

Já, Long (2003), define barreiras técnicas como um conjunto de disposições de ordem distinta, administrada por diferentes organismos e que abarcam aspectos tão diversos como a

qualidade dos produtos, os aspectos sanitários, a saúde, a segurança, as condições do meio ambiente em que são produzidos, as condições de trabalho dos operários que os produzem etc. Para um produtor médio de qualquer país, em especial se o país está em vias de desenvolvimento, essas condições se erguem como uma muralha aparentemente intransponível, como um código de difícil compreensão.

Como pode-se notar, todas essas definições são semelhantes e levam em conta diversos aspectos envolvidos na produção de um determinado bem ou serviço, com o propósito de inviabilizar a sua comercialização sob o pretexto de se preservar o meio ambiente, a saúde e a segurança do cidadão usuário final.

Talvez o maior problema da barreira técnica seja o fato de que ela não é previsível e pode, portanto, acarretar sérios prejuízos a um exportador que se preparou para exportar e, repentinamente, vê-se diante de um obstáculo intransponível, algumas vezes com o produto já no porto de destino. Uma barreira técnica é feita, em geral, sob medida, para impedir uma importação.

Os obstáculos impostos ao comércio internacional pela existência de barreiras técnicas fizeram com que fosse firmado, no âmbito da Organização Mundial do Comércio, um acordo internacional sobre barreiras técnicas, o TBT (*Agreement on Technical Barriers to Trade*).

Cabe considerar aqui que, do ponto de vista dos países em desenvolvimento, o enfrentamento de barreiras técnicas é ainda mais complexo. Isto se dá porque, mesmo que determinadas normas e regulamentos estejam de acordo com os propósitos e definições apresentados, esses países têm dificuldade de se adaptar e seguir as regras estipuladas. Os países em desenvolvimento se depararão, desta forma, com “barreiras técnicas” à sua inserção no comércio internacional, em função de se encontrarem em estágio tecnológico ainda incipiente, face aos demais países avançados.

2.2.1.2 – A Organização Mundial do Comércio (OMC) e as Barreiras Técnicas

Atualmente, o fórum mais importante voltado para as negociações comerciais é a OMC. Esta organização, que iniciou suas atividades em 1995, concretizou uma intenção antiga, porém frustrada, dos países recém-saídos da II Guerra Mundial de criar uma organização internacional que regulasse o comércio internacional.

Com a dificuldade de se criar uma organização internacional do comércio, foi estabelecido, em caráter provisório, o Acordo Geral sobre Tarifas e Comércio (GATT, da sigla em inglês), no sentido de impedir a adoção de políticas comerciais protecionistas, características do período entreguerras. O GATT entrou em vigor em janeiro de 1948, com o objetivo primordial de assegurar a previsibilidade nas relações comerciais internacionais e um processo contínuo de liberalização do comércio.

Embora o GATT não fosse uma organização internacional, seu poder pode ser verificado pela realização de oito rodadas de negociação desde a sua criação. As últimas realizadas foram a Rodada Tóquio, de 1973 a 1979, e a Rodada Uruguai, de 1986 a 1994.

Os princípios básicos da OMC são em geral os mesmos do GATT, dentre os quais o princípio da não-discriminação é especialmente importante para compreensão da importância da assinatura do Acordo sobre Barreiras Técnicas e do Acordo sobre Medidas Sanitárias e Fitossanitárias.

O princípio da não-discriminação está refletido em duas cláusulas: a da Nação mais Favorecida e a do Tratamento Nacional. A cláusula da Nação mais Favorecida determina que qualquer vantagem, privilégio ou imunidade garantida a qualquer parte contratante do acordo, seja qual for o produto, deve ser estendida incondicionalmente às outras partes contratantes. Por sua vez, a cláusula do Tratamento Nacional estabelece que produtos importados de países contratantes não podem ser submetidos a impostos internos ou outros encargos que sejam superiores àqueles aplicados direta ou indiretamente aos produtos domésticos.

O Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT)

Inicialmente, foi assinado, no âmbito do GATT, um Acordo sobre Barreiras Técnicas em 1979, o *Standards Code*. Sua meta principal consistia na determinação de regras de preparação, adoção e aplicação de normas e regulamentos técnicos e de procedimentos de avaliação da conformidade.

Ao estabelecerem a OMC, os países negociaram um novo Acordo sobre Barreiras Técnicas, que se denominou de *Technical Barriers to trade Agreement (TBT)*, de 1994. O TBT incorporou praticamente os mesmos princípios do *Standards Code*, proporcionando um aprofundamento do acordo em questão. A partir da criação da OMC, todos os seus signatários são obrigados a aceitá-las, algo que não era compulsório no âmbito do GATT.

As disposições do TBT definem que os órgãos governamentais e não-governamentais não devem produzir regulamentos e normas técnicas que se configurem em obstáculos para o comércio internacional, o mesmo se aplicando a exigências em relação aos testes para a avaliação da conformidade. Em outras palavras, esses instrumentos não podem ser transformados em barreiras técnicas.

Seguindo o princípio da não-discriminação do Acordo, embasado na cláusula do Tratamento Nacional, aos Estados não é permitido exigir que os produtos importados estejam de acordo com regulamentos técnicos mais restritivos do que aqueles exigidos aos produtos domésticos.

Um dos objetivos presentes no TBT é a harmonização das normas, regulamentos técnicos e procedimentos de avaliação da conformidade entre todos os membros. Para tanto, estimula-se a sua elaboração com base em normas internacionais, incentivando também a participação dos países-membros em instituições internacionais de normalização.

De forma a assegurar a transparência nos processos de elaboração de regulamentos técnicos e de procedimentos de avaliação da conformidade, os países-membros devem estabelecer centros de notificação. No Brasil, o centro de notificação de barreiras técnicas é de responsabilidade do Inmetro⁴ e se denomina Ponto Focal de Barreiras Técnicas às Exportações.

O Acordo sobre Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS)

Outro acordo que trata de barreiras técnicas no âmbito da OMC é o chamado Acordo sobre Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS, da sigla em inglês), assinado em 1994, como parte da Rodada Uruguai. Diferentemente do TBT, o SPS não possui antecedentes no âmbito do GATT. O SPS tem como objetivo impedir que medidas que visem a proteção à saúde de pessoas, plantas e animais constituam barreiras ao comércio internacional.

As organizações internacionais de normalização mais importantes para referência ao SPS são o Comitê do *Codex Alimentarius*, o Escritório Internacional de Epizootia e a Secretaria de Proteção às Plantas. O Inmetro coordena as atividades do Comitê *Codex Alimentarius* do Brasil (CCAB), que possui como membros órgãos do governo, indústrias, entidades de classe e órgãos de defesa do consumidor.

⁴ Para maiores detalhes ver: www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas

Nota-se, diante do exposto, que existe toda uma disposição de medidas para que as barreiras técnicas não inviabilizem as relações comerciais entre os países, no entanto a falta de capacitação tecnológica das empresas de países em processo de desenvolvimento dificulta o acompanhamento da evolução das normas técnicas internacionais. Para tanto são necessárias mudanças, por vezes radicais, em métodos e processos de produção.

2.2.1.3 – As Funções Tecnológicas facilitadoras do comércio internacional

Segundo a ISO, a metrologia, a normalização e a avaliação da conformidade são usadas nas transações comerciais e pelos governos para otimizar a produção, para proteger a saúde do cidadão, meio ambiente, prover segurança e qualidade. Sua efetiva implementação apoia o desenvolvimento sustentável e o bem estar social, além de facilitar o comércio.

Com a diminuição e, em alguns casos, eliminação das barreiras tarifárias, consequência do término da Rodada Uruguai do GATT e da criação da OMC, a proteção de mercados (legítima ou não) exercida pelos países no comércio internacional vem sendo substituída pela adoção dos instrumentos de normalização e regulamentação técnica, tendo numa extremidade a avaliação da conformidade (e os consequentes Sistemas de Garantia da Qualidade Certificados e a Certificação de Produtos) e na outra a Metrologia.

A lógica que orienta hoje o processo das transações comerciais baseia-se na qualidade (certificada) de produtos e serviços. Para que isto ocorra existe em funcionamento um aparato de avaliação e certificação da conformidade, com base nos organismos certificadores acreditados que se valem dos laboratórios de ensaios também acreditados. Essa estrutura fundamenta-se em normas e regulamentos técnicos e tem a metrologia como base técnica. Para se ter uma idéia do alcance de decisões tomadas nessas áreas, basta imaginarmos que a exigência de um aumento na exatidão (diminuição do nível de incerteza) das medições por parte de um país comprador (ditadas por razões técnicas ou mesmo políticas) pode alijar um país fornecedor da competição naquele mercado. Essa prática atualmente adotada por importantes blocos econômicos amplia consideravelmente a ameaça potencial aos países com menor infra-estrutura técnica na negociação internacional.

Assim, é natural que, em seu conjunto, os espaços de normalização e avaliação de conformidade constituam uma floresta de difícil sobrevivência para empresas despreparadas (Plonski, 2003).

Ao longo das últimas décadas, especialmente na década de 90, tornou-se crescente a necessidade de apresentar certificação de Sistemas de Gestão (com base nas normas ISO 9000 e ISO 14000, entre outras) e de produtos para viabilizar relações comerciais entre empresas de diferentes países. Em função destas exigências, as exportações de produtos e serviços passaram a impulsionar o crescimento e fortalecimento dos Sistemas Nacionais de Certificação e Acreditação nos mais variados países. Contudo, a necessidade de manutenção da credibilidade associada ao aumento do volume de exportações estimulou a adoção de acordos de reconhecimento entre os Sistemas de Certificação ou de Acreditação.

Os acordos de reconhecimento mútuo podem envolver o trabalho de laboratórios de ensaios, organismos de inspeção, organismos de certificação ou organismos de acreditação. Um dos pré-requisitos destes acordos é a confiança mútua entre os signatários. Contudo, antes de serem celebrados, deve ser demonstrada a competência técnica adequada das entidades envolvidas. Para tal, há que ter em conta a verificação da conformidade com os guia ISO/IEC relevantes. Alguns dos requisitos básicos para acelerar o processo de confiança são:

- harmonização das especificações de ensaio ou método de inspeção;
- harmonização do formato dos relatórios de ensaio, inspeção ou auditoria, bem como do procedimento de avaliação destes relatórios;
- harmonização dos procedimentos de acreditação;
- métodos harmonizados de avaliação de pessoal, das disponibilidades de meios de medição e calibração de equipamentos de ensaios;
- métodos harmonizados de controle das condições ambientais laboratoriais.

Com estas questões em pauta, foram criados importantes Organismos Internacionais⁵ com o objetivo de estabelecer mecanismos para viabilização dos acordos de reconhecimento. São eles: o IAF, o IATCA, o ILAC e a IAAC.

⁵ Mais detalhes sobre estes organismos podem ser encontrados em suas páginas da Internet: IAF (www.iaf.nu), IATCA (www.iatca.com), ILAC (www.ilac.org) e IAAC (www.ibpnetsp.com.br/iaac)

2.2.1.4 – Os Acordos de Reconhecimento Mútuos (MRA's) entre países

Os acordos internacionais de comércio estão cada vez mais necessitando de um reconhecimento mútuo para o conjunto de medições e ensaios realizados entre as nações. A ausência de tal reconhecimento mútuo é considerada uma barreira técnica ao comércio (CNI, 2002b).

Nos últimos anos, acordos de reconhecimento mútuos foram estabelecidos e relacionados aos serviços de ensaios e calibrações e em relação às atividades dos organismos de credenciamento. Estes acordos baseiam-se na suposição da equivalência dos padrões de medição nacionais e na confiabilidade da relação entre os padrões de medição nacionais e os serviços pertinentes às atividades de calibração e ensaios de cada país.

Com a internacionalização dos mercados, torna-se imprescindível que a estrutura de avaliação da conformidade de cada país alcance reconhecimento junto aos fóruns internacionais competentes. Sem essa “ferramenta” em questão, as empresas que desejam se voltar para o mercado externo vão encontrar dificuldades, pois se defrontarão com diferentes exigências em diferentes mercados.

Para os exportadores dos países em desenvolvimento, onde muitas vezes estes reconhecimentos não são conseguidos, estas exigências constituem uma forma de barreira técnica. Estes exportadores incidem em elevados custos extras, associados a múltiplos ensaios e a múltiplas certificações, que reduzem suas margens de competitividade.

De acordo com o Inmetro, segundo dados da OCDE (Organização de Cooperação Econômica e de Desenvolvimento), a adaptação de produtos, realização de ensaios e a obtenção de certificados para os diferentes países oneram a produção das empresas exportadoras numa faixa entre 2 e 10% de seus custos totais. Os Acordos de Reconhecimento Mútuos (*Mutual Recognition Agreement* – MRA) dos procedimentos de avaliação da conformidade, existem com o objetivo de evitar estes custos adicionais, fazendo-se valer a máxima há muito almejada: “testado uma vez, aceito em qualquer lugar”.

Contudo, a obtenção destes reconhecimentos é muito difícil para os países em desenvolvimento. Para alcançá-los é essencial a promoção de programas de cooperação técnica que viabilizem a transferência de tecnologia e a experiência dos países desenvolvidos.

O Inmetro, ao longo de sua história, vem estabelecendo Acordos de Cooperação Técnica com muitos organismos, de relevante importância no desenvolvimento da metrologia, tornando o Brasil capaz de superar eventuais barreiras técnicas às exportações. Os principais

acordos estabelecidos pelo Inmetro nos últimos anos foram com o NIST (*National Institute of Standard and Technology* dos Estados Unidos), o PTB (*Physikalisch Technische Bundesanstalt* da Alemanha) e a BAM (*Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung* da Alemanha).

Esses Acordos de Cooperação Técnica viabilizam a transferência de tecnologia e de experiência dos países envolvidos e com isso consegue-se dotar a infra-estrutura de acreditação de um país do necessário nível de confiança para seus produtos, processos e sistemas, à luz dos requisitos específicos dos fóruns internacionais que promovem tais acordos.

O Inmetro tem perseguido, continuamente, o reconhecimento das suas creditações em vários fóruns internacionais. Alguns reconhecimentos⁶ muito importantes já foram obtidos junto aos fóruns descritos a seguir: IAF (*International Accreditation Fórum*), ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*), BIPM (Agência Internacional de Pesos e Medidas) e EA (*European Accreditation*).

Convém lembrar que todo esse movimento em torno dos acordos de mútuo reconhecimento é fomentado pelo Artigo 6, parágrafo 6.3 do TBT, que a OMC estabeleceu entre os países membros. Os princípios que dão embasamento a este Artigo do TBT são o princípio da harmonização e o da equivalência, já comentados no item 2.2.1.2 deste trabalho.

2.2.1.5 – A Metrologia abordada no Plano Global

Para ficar mais claro o posicionamento da função tecnológica da metrologia nos três planos de análises definidos no item 2.2 deste trabalho, consideremos a linha hierárquica da rastreabilidade dos padrões de medição, desde o padrão internacional até o padrão de trabalho dentro de uma empresa, conforme mostra a **Figura 2.4** a seguir.

⁶ Os textos integrais desses reconhecimentos podem ser obtidos no site do Inmetro: www.inmetro.gov.br

Figura 2.4 – A localização dos planos de abordagem da metrologia na linha hierárquica da rastreabilidade

Fonte: Elaboração própria, a partir de CNI, 2002b

Diante do exposto, nota-se que no plano global a análise recai no relacionamento do Inmetro com órgãos internacionais para a intercomparação dos padrões nacionais e todas as dinâmicas associadas.

A Estrutura Metrológica Internacional é apresentada sob a forma de dois grandes grupos:

1- Metrologia Científica e Industrial, formada pelas seguintes instituições:

- . Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) que tem como missão assegurar a utilização e o aperfeiçoamento do Sistema Internacional de Unidades;
- . Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) que tem como missão convocar a CGPM e preparar as resoluções a serem submetidas à Conferência Geral, além de atuar como autoridade científica internacional;
- . Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM) que tem como missão conservar os protótipos internacionais, efetuar intercomparações de padrões e definir os valores das Constantes Fundamentais da Física. Aqui cumpre salientar que a existência dos novos padrões não materializados e consubstanciados pelas constantes fundamentais, padronização esta facilitada pela metrologia quântica, mexeu na estrutura do BIPM, responsável desde 1875 pela guarda dos padrões materializados. O BIPM atualmente defende novos espaços e novas missões institucionais, uma delas é a coordenação das chamadas “comparações-chave (*key comparisons*)” que haverão de respaldar a declaração de equivalência das estruturas metrológicas dos países.

- . Comitês Consultivos formados por especialistas internacionais ligados aos laboratórios nacionais.

2- Organização Internacional de Metrologia Legal – OIML, formada por:

- . Conferência Internacional de Metrologia Legal que define a política geral e promove a implementação das diretrizes metrológicas da OIML;
- . Comitê Internacional de Metrologia Legal (CIML) que avalia o progresso técnico e as operações administrativas da OIML;
- . Comitês e Subcomitês Técnicos que estabelecem diretrizes para o desempenho metrológico e avaliam os procedimentos de testes dos instrumentos de medição sujeitos a controles legais;
- . Bureau Internacional de Metrologia Legal (BIML) que atua na coordenação das atividades técnicas e na preparação, impressão e distribuição das publicações da OIML;
- . Conselho de Desenvolvimento que coordena as atividades para o desenvolvimento de sistemas metrológicos, treinamento, laboratórios e equipamentos.

De acordo com o *International Vocabulary of Basic and general Terms in Metrology - VIM* (2000), “metrologia é a ciência da medição” e abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos a medições, constituindo-se em um importante instrumento para o desenvolvimento das atividades econômicas, científicas e tecnológicas. Uma base científica forte e confiável e um sistema de medição harmonizado são indispensáveis para prover a eficiência na produção e no comércio de bens e serviços que atendam às necessidades da sociedade.

O VIM (2000) estabelece definições e diferenciações quanto ao uso do termo metrologia, as quais podemos resumir na seqüência:

Metrologia geral ou científica: aquela que lida com problemas gerais teóricos e práticos relacionados às unidades de medida (sistemas de medidas, conversão de unidades em uma fórmula); problemas de erros de medida (incertezas de medição); problemas das propriedades metrológicas dos instrumentos de medição usados, independente da quantidade analisada. Também é usada a expressão metrologia científica nessas situações. Existem várias

especialidades em metrologia: metrologia de massa, dimensional, temperatura, química, entre outras.

Metrologia industrial: esta disciplina se concentra nas medições de produção e controle da qualidade. Entre os exemplos típicos incluem-se os processos e os intervalos de calibração, o controle de processos de medição e o gerenciamento de equipamentos de medição.

Metrologia legal: refere-se aos requisitos técnicos obrigatórios. Um serviço de metrologia legal verifica tais exigências para garantir medições corretas em áreas de interesse público como o comércio, a saúde, o meio ambiente e a segurança.

Como podemos notar, as atividades da metrologia científica e industrial compreendem o desenvolvimento, realização, reprodução, guarda e disseminação dos padrões de medidas, materiais de referência certificados e medidas rastreadas.

Segundo Félix (1995), a falta de metrologia avançada se torna uma forma de subdesenvolvimento e colonização tecnológica, refletindo em barreiras para a exportação de um país.

Assim, *“metrology as the science of measurement, is the backbone of technological infrastructure for a nation-wide integrated quality system”* (UNIDO, 2001).

A certificação de Sistemas de Garantia da Qualidade hoje passa a ter forte base metrológica e essa base em diversas grandezas não se refere mais a padrões materializados, mas naqueles resultantes da realização de experimentos fundamentais em Física e Química. Isto porque a evolução da Ciência da Medição levou a uma profunda mudança no funcionamento do sistema metrológico mundial. Atualmente, no sistema primário, não há mais a comparação e a calibração de padrões físicos. O que se compara são os padrões realizados, ou seja, a capacidade de cada país de realizar, em condições de laboratório, o padrão metrológico (Fleury, 2003).

Assim, o acelerado desenvolvimento científico e tecnológico demanda que cada país tenha um Instituto Nacional de Metrologia que *“disponha de competências e condições de promover, permanente e intensamente, pesquisa científica e tecnológica de ponta. Essa é condição essencial para manter a instituição na fronteira do conhecimento e para ter credibilidade e respeitabilidade nacional e internacional”* (CBM, 2003).

Um sistema de medição único e confiável é essencial para os campos industrial, científico, tecnológico e comercial. Para a indústria os benefícios são claros, pois proporciona um aumento na eficiência da produção e melhora da qualidade dos produtos, processos e serviços, especialmente os que requerem alta tecnologia. Um sistema nacional de medição competente e com credibilidade facilita o acesso e a aceitação de produtos nos mercados externos. A rastreabilidade e o reconhecimento internacional dos sistemas de medição entre diferentes países podem reduzir, ou até eliminar, ensaios e calibrações redundantes no comércio internacional.

Apenas para fins de comparação, a declaração do instituto nacional de metrologia da Alemanha é a seguinte: *“Somente as atividades de pesquisa fundamental, executadas pelo próprio PTB, usando as tecnologias mais recentes, serão capazes de assegurar, a longo prazo, sua competência metrológica reconhecida a nível internacional”* (CBM, 2003).

Na prática, a função desses institutos pode ser ainda mais complexa. Por exemplo, o NIST – *National Institute for Science and Technology*, ligado ao Ministério do Comércio dos Estados Unidos, tem uma relação muito forte com as empresas industriais, promovendo serviços e transferência de alta tecnologia à indústria, oferecendo financiamento e subsídios para P&D de tecnologia avançada nas empresas, especialmente as pequenas e médias. Conta com cerca de 850 pesquisadores em seus laboratórios e está relacionado com um ministério forte, o que lhe dá poder de barganha na busca de recursos orçamentários.

Assim, os acordos de reconhecimento mútuo somente serão viáveis se os países em desenvolvimento puderem dispor de capacitação científica e tecnológica similar à dos países desenvolvidos no campo da Metrologia.

Dessa forma, a função do sistema de medição de um país em termos de apoio ao comércio internacional passa a depender do reconhecimento internacional da capacitação científica e tecnológica de seu instituto nacional de metrologia. Na prática, como a capacitação e o ritmo de evolução dos países desenvolvidos em termos científicos e tecnológicos é significativamente maior, a TIB pode vir a funcionar como um instrumento de pressão unilateral (Fleury, 2003).

Jornada (2005) destaca que um grande desafio para a metrologia, em termos globais, é a ampliação na articulação internacional, com o fortalecimento de organismos regionais e um maior entrosamento com os seus congêneres de avaliação da conformidade e normalização, visando a superação das barreiras técnicas.

Em função de tudo o que foi exposto, podemos concluir que a importância da metrologia assume proporções cada vez mais relevantes, não apenas pela sua interação aos processos industriais, mas também por interferir diretamente em processos políticos e sociais, induzindo a melhoria da qualidade dos padrões de vida do cidadão, do desenvolvimento do comércio interno e externo, da saúde, da segurança, da educação e da proteção ao meio ambiente, constituindo-se inclusive em pré-condição para qualquer atividade de natureza científica, tecnológica e cultural.

2.2.1.6 – A normalização e a regulamentação técnica abordados no plano global

O panorama do comércio em geral, e do comércio exterior em particular, revela uma proliferação de atividades associadas à normalização e avaliação de conformidade. Seu escopo varia bastante – códigos internos a uma empresa, procedimentos setoriais, selos locais, regulamentos nacionais e macrorregionais e normas universais. Essas atividades são associadas a intenções benéficas – tais como redução do custo de transação, proteção do consumidor e preservação do ambiente (Plonski, 2003).

O Acordo de Barreiras Técnicas ao Comércio da OMC (TBT) estabelece uma série de princípios com o objetivo de eliminar entraves desnecessários ao comércio, em particular as barreiras técnicas, que são aquelas relacionadas com normas técnicas, regulamentos técnicos e procedimentos de avaliação da conformidade que podem dificultar o acesso de produtos aos mercados. Nesse Acordo, é adotada a seguinte definição para norma técnica: *“Documento aprovado por uma instituição reconhecida, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para os produtos ou os processos e métodos de produção relacionados e cuja observância não é obrigatória. Também pode incluir prescrições em matéria de terminologia, símbolos, embalagem, marcação ou rotulagem aplicáveis a um produto, processo ou método de produção, ou tratar exclusivamente delas”*.

Um dos pontos essenciais do Acordo é o entendimento de que as normas internacionais (que são aquelas elaboradas pelos organismos internacionais de normalização) constituem a referência para o comércio internacional. O Acordo considera que as normas técnicas internacionais não constituem barreiras técnicas e recomenda que as normas internacionais sejam usadas como referência para os regulamentos técnicos e também adotadas como normas nacionais. No caso do regulamento técnico, o Acordo considera a seguinte definição: *“Documento em que se estabelecem as características de um produto ou*

processos e métodos de produção com elas relacionados, com a inclusão de disposições administrativas aplicáveis, e cuja observância é obrigatória. Também pode incluir prescrições em matéria de terminologia, símbolos, embalagem, marcação ou rotulagem aplicáveis a um produto, processo ou método de produção, ou tratar exclusivamente delas”.

Por esta razão assiste-se a uma forte tendência de cada vez mais os organismos nacionais de normalização adotarem as normas internacionais integralmente como normas nacionais. Assim, é hoje extremamente importante para os agentes econômicos que querem ser competitivos seguirem de perto os trabalhos de normalização internacional, e procurarem que os seus produtos, serviços e sistemas de gestão atendam aos requisitos das normas internacionais. Um exemplo desta tendência são as normas da série ISO 9000 – aquela que teve maior impacto sobre o comércio internacional (CNI, 2002c).

No ano de criação do GATT era inexpressiva a prática de certificação de produtos, exceto para finalidades militares. A edição das normas ISO 9000 deu-se em 1987 e a ISO 14000 em 1993 (ambas para a certificação de sistemas), havendo hoje, no primeiro caso, cerca de 500.000 certificados emitidos no mundo e cerca de 40.000 para o segundo. Além disso, crescem sobremaneira as certificações de produtos (para se ter uma idéia, nos EUA, Europa e Japão, 100% dos produtos elétricos de baixa tensão são certificados) (MCT, 2001).

Um outro ponto a ser lembrado é a crescente participação do setor privado na elaboração de normas, tanto no âmbito global quanto no âmbito específico dos sistemas de produção. O Presidente do LATU-Laboratório de Tecnologia do Uruguai coloca o seguinte: “Durante muito tempo, estas regulamentações vieram de organismos estatais ou para-estatais de caráter oficial, portanto eram até certo ponto negociáveis entre os distintos países. Desde há uma década, no entanto, registra-se, e com crescimento acelerado, a aparição de normas e disposições que tem sua origem basicamente no plano privado” (Long, 2003).

Essa colocação de Long corrobora a posição de Meissner (2002) ao observar que *“These standards [global technical, social, and ecological standards] are developed, set, monitored, certified, and sanctioned mainly in and by transnational networks that brings together firms, NGOs, labour unions, and sometimes international organisations as well”.*

A distinção entre público e privado fica cada vez mais tênue à medida que o público, o privado e as instituições do terceiro setor passam a atuar em conjunto.

Nesse sentido, Nadvi & Wältring (2002) apresentam uma relação de tipos de atores que definem e implementam normas, bem como uma tipologia das normas que atualmente

influenciam a produção e o comércio, assim como as dimensões que as caracterizam, conforme **quadros 2.10 e 2.11** respectivamente.

TIPOS DE ATORES		LOCAL/NÍVEL NACIONAL	NÍVEL GLOBAL
Privados	Negócios	Empresas, associações comerciais e empresas certificadoras locais nacionais	Empresas transnacionais, associações comerciais globais, empresas certificadoras globais
	Sociedade Civil	Organizações não governamentais, grupos de consumidores e Sindicatos locais nacionais	Organizações não governamentais globais, federações internacionais de negócios
Públicos		Organizações governamentais de normalização locais nacionais	Organizações regionais e internacionais

Quadro 2.10 – Tipos de atores que definem e implementam normas

Fonte: Nadvi & Wältring (2002)

FINALIDADE	FORMAS	COBERTURA	FORÇAS MOTRIZES PARA A DIFUSÃO INTERNACIONAL	PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO	APLICAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> - Qualidade - Meio ambiente - Saúde - Trabalho - Social - Ética 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de conduta - Selo - Norma - Regulamento 	<ul style="list-style-type: none"> - Específico de empresa - Específico de setor ou indústria - Específico de cadeia produtiva - Genérico 	<ul style="list-style-type: none"> - Negócios internacionais - ONGs internacionais - Sindicatos internacionais - Organizações internacionais 	<ul style="list-style-type: none"> - Primeira parte (o produtor) - Segunda parte (o cliente) - Terceira parte (auditor externo) - ONGs - Governo - Auditores do setor privado 	<ul style="list-style-type: none"> - Legal (compulsório) - Requisito de competição de mercados - Voluntário

Quadro 2.11 – Tipologias das normas

Fonte: Nadvi & Wältring (2002)

Uma norma técnica também significa a consolidação de um conhecimento e o direcionamento de ações. Por exemplo, a norma ISO 9000 tem sua origem em normas de operação de usinas nucleares que foram adotadas por algumas empresas. Os resultados positivos dessa adoção passaram a se difundir, até se tornarem padrões de uma organização de âmbito global como é a ISO: *International Standards Organisation*.

Complementando as tipologias das normas, lançada por Nadvi & Wältring, a ISO estabelece uma hierarquia dos diversos níveis de abrangência, a saber:

- Normas de Empresa:** são normas preparadas e editadas por uma empresa ou grupo de empresas com a finalidade de orientar as compras, a fabricação, as vendas e outras operações. Ex: Normas Petrobrás, Normas de montadoras de automóveis;

- b) **Normas de Associação:** algumas entidades associativas ou técnicas também estabelecem normas, seja para o uso dos seus associados, seja para uso generalizado. Algumas dessas normas têm uso bastante difundido. Ex: Normas da ASTM – *American Society for Testing and Materials*
- c) **Normas Nacionais:** são normas editadas por um Organismo Nacional de Normalização, reconhecido como autoridade para torná-las públicas, após a verificação de consenso entre os interesses do governo, das indústrias, dos consumidores e da comunidade científica de um país. Ex: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- d) **Normas Regionais:** são normas estabelecidas por um Organismo Regional de Normalização para aplicação num conjunto de países (uma região, como a Europa ou o Mercosul). Ex: os Organismos Regionais de Normalização aos quais o Brasil é associado são a AMN (Mercosul) e a COPANT (Continente Americano). Normas do Comitê Europeu de Normalização (CEN) são outro exemplo.
- e) **Normas Internacionais:** são normas estabelecidas por um Organismo Internacional de Normalização para aplicação em escala mundial. Existem diversos Organismos Internacionais de Normalização, em campos específicos, como a ISO (para a maioria dos setores), a IEC (área elétrica e eletrônica) e a ITU-T (telecomunicações). As normas internacionais são reconhecidas pela Organização Mundial do Comércio (OMC) como a base para o comércio internacional e o atendimento a uma norma internacional significa contar com as melhores condições para ultrapassar eventuais barreiras técnicas.

Segundo Nadvi & Wältring (2002), a globalização da produção tem acelerado a demanda para um maior controle sobre a qualidade assegurada nos processos de produção. Isso é especialmente significativo quando os fornecedores estão geograficamente longe de seus clientes. Portanto, as normas de sistema da qualidade estão diretamente ligadas à administração das cadeias de suprimento. Usando a tipologia apresentada, os autores apresentam, no **quadro 2.12**, que essas normas podem ser diferenciadas em distintas “gerações”, em função do seu uso, utilidade e setor envolvido.

Geração	Exemplos	Atores envolvidos	Forças motrizes	Influência no comércio internacional	Processo de Certificação
1ª geração GENÉRICA	<u>ISO 9000</u>	ISO representada através dos organismos nacionais de normalização e grandes empresas, principalmente dos países desenvolvidos e órgãos certificadores	<u>Indústria</u> (associações, TNCs, órgãos de certificação)	Voluntária, mas cada vez mais se tornando compulsória em alguns mercados europeus, também ganhando influência nos EUA e Japão	3ª parte
2ª geração SETOR ESPECÍFICO	<u>AS 9000, TS 16949</u>	Grandes TNCs, associações de setores industriais e de comércio, órgãos certificadores	TNCs, empresas líderes na cadeia	Grande influência em setores técnicos complexos onde a qualidade certificada é requerida	3ª parte
	<u>HACCP</u> : Health and Safety standards	Instituições públicas internacionais (ex. FAO), representantes governamentais	Governos locais, especialmente de países industrializados	Grande influência nos setores farmacêutico e alimentar com crescimento no processo de gestão da cadeia de alimentos	3ª parte, certificação através de instituições público-privadas
	<u>EUREP-GAP</u> : Food Quality & Crop Management Standards	Varejistas, importadores e fornecedores	Indústria do setor privado	Extremamente importante na cadeia europeia de produtos hortifrutis, adotado por todos os supermercados líderes do UK e importadores de alimentos	3ª parte
3ª geração BASEADO NA EMPRESA	<u>Daimler-Chrysler</u> Supermarket Codes (Tesco/Sainsbury)	Transnacionais (TNCs) com posição de governança no mercado mundial e de liderança nas cadeias de suprimento	TNCs, empresas líderes na cadeia	Grande influência nos setores intensivos de complexidade tecnológica e também no setor de produtos de alimentos	1ª e 3ª partes

Quadro 2.12 – Diferentes gerações das normas globais de gestão da qualidade

Fonte: Nadvi & Wältring (2002)

Com relação aos Regulamentos Técnicos, pode-se dizer que todos os Estados procedem à emissão e os mesmos têm um grande potencial de se constituírem em barreiras técnicas ao comércio. Dessa forma, quando se pretende exportar um produto para um determinado mercado, é imprescindível conhecer se o produto ou serviço a ser exportado está sujeito a um Regulamento Técnico naquele país em particular.

Tanto normas quanto regulamentos técnicos referem-se às características dos produtos, tais como: tamanho, forma, função, desempenho, etiquetagem e embalagem, ou seja, a grande diferença entre eles reside na obrigatoriedade de sua aplicação. As implicações no Comércio Internacional são diversas. Se um produto não cumpre as especificações da regulamentação

técnica pertinente, sua venda não será permitida, no entanto, o não cumprimento de uma norma apesar de não inviabilizar a venda, poderá diminuir sua participação no mercado.

De uma forma geral pode-se notar que não há grandes diferenças entre essas duas definições encontradas na literatura, afora a questão da compulsoriedade.

Os Estados também estabelecem requisitos técnicos para produtos, serviços, processos, sistemas ou pessoas. Os regulamentos técnicos são obrigatórios e, conseqüentemente, tendem a criar restrições que muitas vezes se constituem em obstáculos ao comércio. Classicamente, o foco da regulamentação técnica é a segurança de pessoas e bens, proteção do consumidor, proteção do ambiente, medidas sanitárias e fitossanitárias e a segurança nacional. Objetivamente, trata-se de regulamentar quando há a percepção de que o uso de normas voluntárias não é suficiente para assegurar a proteção esperada pela sociedade.

A relação entre a normalização e a regulamentação técnica tem que ver com o entendimento do papel do estado na economia. Há algumas décadas atrás, não era incomum que a atividade regulatória fosse bastante extensiva, muitas vezes com o propósito de proteger mercados para os fabricantes nacionais. Esta estratégia, decorrente da evolução dos Estados nacionais foi muito presente, por exemplo, nos processos de substituição de importações. Se por um lado essa abordagem realmente preveniu o acesso de fornecedores estrangeiros aos mercados nacionais, por outro teve como conseqüência dificultar o acesso dos produtos nacionais ao mercado internacional pela multiplicidade de regras e regulamentos, resultando numa perda generalizada de competitividade. Os próprios mercados nacionais, na maioria dos casos também se ressentiram, resultando em estagnação tecnológica e ausência de competitividade ao nível interno. Atualmente a tendência é a de eles serem estabelecidos com a finalidade de se assegurarem os chamados objetivos legítimos da intervenção do Estado, como é o caso da segurança e saúde, da proteção do ambiente, proteção do consumidor, entre outros (Abreu, 2005).

Muitas vezes as autoridades regulatórias baseiam os seus regulamentos técnicos nas normas técnicas. A extensão em que o fazem varia de país para país.

A tendência atualmente observada na Europa, e que vem sendo progressivamente consolidada em termos internacionais, é de que Regulamentos Técnicos devem restringir-se a quesitos essenciais, tendo como base as normas técnicas, especialmente as normas internacionais. Nesse contexto, o Acordo de Barreiras Técnicas ao Comércio (TBT), no

âmbito da OMC, estabelece um novo marco para as atividades de normalização e de regulamentação técnica, bem como para os procedimentos de avaliação da conformidade.

Dessa forma, pode-se notar que, segundo as regras da OMC, pressupõe-se que regulamentos técnicos editados com base em normas técnicas internacionais não se constituem em barreiras técnicas.

2.2.1.7 – A Avaliação da Conformidade abordada no Plano Global

Com a edição da norma ISO/IEC 17000, esta passou a ser uma das formas para apresentar o conceito de Avaliação da Conformidade. Segundo esta norma, a Avaliação da Conformidade é a *“demonstração de que requisitos especificados relativos a um produto, processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos”*.

Há milhares de anos, desde que o mundo deu seus primeiros passos no comércio, a atividade avaliação da conformidade vem sendo usada como um importante instrumento nas trocas de mercadorias. Desde os primórdios, as relações comerciais são acompanhadas de verificações dos produtos quanto à conformidade aos padrões e aos pedidos estabelecidos.

Assim, apesar do aumento de complexidade da economia mundial, e, evidentemente, da evolução da atividade do comércio, percebe-se que o conceito de avaliação da conformidade se manteve presente ao longo de todos estes anos.

Entretanto, as questões mais recentes pertinentes à avaliação da conformidade tiveram suas origens na era de livre comércio antes da 1ª Guerra Mundial, quando o “protecionismo” foi uma das formas assumidas pelo nacionalismo econômico, especialmente na década de 1930.

Por meio do “protecionismo” é oferecida uma vantagem aos produtores locais que concorrem com as importações nos mercados domésticos. Alguns países se utilizaram intensamente do protecionismo, gerando dificuldades para os produtores de outros países. Os produtos nacionais, com frequência, eram inaceitáveis em mercados que exigiam diferentes requisitos técnicos.

Durante a 2ª Guerra Mundial, os aliados ocidentais buscaram restabelecer a ordem econômica mundial e para tanto foram criados o Banco Mundial e uma nova ordem monetária supervisionada pelo Fundo Monetário Internacional – FMI. Posteriormente, ainda, foi

estabelecido um acordo para limitar a imposição de restrições ao comércio, no caso o GATT; e em 1995 foi constituída a OMC, como já comentado no item 2.2.1.2 desse trabalho.

Além desses, outros esforços foram efetuados para harmonizar, liberalizar e facilitar o comércio em escala mundial, tais como:

- criação de blocos comerciais, como por exemplo, a Comunidade Econômica Européia (CEE) em 1957, o Mercosul em 1990, entre outros;
- criação de fóruns internacionais voltados para a Avaliação da Conformidade e o Comércio, como por exemplo:
 - . Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization* – ISO);
 - . Comissão Eletrotécnica Internacional (*International Electrotechnical Commission* – IEC);
 - . Fórum Internacional de Credenciamento (*International Accreditation Forum* – IAF);
 - . Cooperação Internacional de Credenciamento de Laboratórios (*International Laboratory Accreditation Cooperation* – ILAC);
 - . Associação Internacional de Treinamento e Certificação de Auditores (*International Auditor and Training Certification Association* – IATCA);
 - . Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas (COPANT);
 - . Cooperação Interamericana de Credenciamento (*Interamerican Accreditation Cooperation* – IAAC);
 - . Associação Mercosul de Normalização (AMN).

O objetivo maior dessas organizações é o de eliminar as barreiras técnicas entre os países e atingir um elevado nível de harmonização de normas e procedimentos de Avaliação da Conformidade.

O cenário internacional da avaliação da conformidade tem evoluído substancialmente nos últimos anos, em decorrência da importância que esses mecanismos adquiriram no comércio internacional. Embora estas ferramentas tenham sido originalmente desenvolvidas para o ambiente industrial, o desenvolvimento recente abrange a sua aplicação a praticamente todas as atividades econômicas, e algumas muito inovadoras, segundo a CNI, 2002a. Pode-se

enumerar vários setores que já aplicam as ferramentas da avaliação da conformidade, tais como:

- o setor de serviços;
- o setor das tecnologias da informação e comunicações;
- o setor de softwares;
- a área ambiental;
- o setor de agronegócios, envolvendo os organismos geneticamente modificados.

Em relação aos sistemas de gestão, o sucesso do conceito de sistemas de gestão normalizados e documentados, que possibilitam, portanto, a sua certificação, tem suscitado a sua aplicabilidade a novos contextos, como são a gestão da segurança da informação ou os sistemas dedicados a gerir o que vem sendo chamado de responsabilidade social das empresas.

Por outro lado, a multiplicação de certificações a que as empresas têm que atender, seja por demanda do mercado, seja por força de legislação específica, tem impulsionado a defesa de mecanismos como o uso mais generalizado da Declaração do Fornecedor, com o intuito de se evitarem obstáculos ou barreiras técnicas ao comércio. As empresas de atuação global têm sido particularmente adeptas desta visão, em virtude dos elevados custos decorrentes da necessidade dos seus produtos terem que apresentar certificações diferentes normalmente com o mesmo objetivo, requeridas pelos diversos mercados em que atuam. Em paralelo com esta dinâmica, há uma aceleração dos processos de reconhecimento mútuo, em especial os multilaterais (MRA), de modo a preservar o valor agregado pela certificação e o seu elevado grau de garantia da conformidade, reconhecida pelo mercado (CNI, 2002a).

2.2.2 – A Abordagem no Plano Local

2.2.2.1 – A criação da Tecnologia Industrial Básica – TIB, no Brasil

O termo TIB foi concebido pela extinta Secretaria de Tecnologia Industrial – STI, do antigo Ministério da Indústria e do Comércio – MIC, no final da década de 70, para expressar em um conceito único as funções básicas do SINMETRO – Metrologia, Normalização e

Qualidade Industrial, às quais se agregou a Gestão da Qualidade. Os alemães denominaram a TIB de MNPQ – *Messen, Normen, Prüfen, Qualitat* (explicitando o encadeamento das funções relativas a Medidas, Normas, Ensaios e Qualidade), nos países de língua inglesa de MSTQ – *Metrology, Standardization, Testing and Quality* e nos EUA usa-se o termo *Infrastructural Technologies*.

Destaca-se que o Brasil foi o primeiro país e é um dos poucos a possuir um sistema integrado de TIB dentro de uma mesma estrutura, o SINMETRO, orientado por um colegiado de nível ministerial, o CONMETRO, tendo o INMETRO como entidade central do Sistema e cujas ações são executadas por diversas entidades que respondem por papéis específicos.

Segundo Souza (2000), a Tecnologia Industrial Básica – TIB, reúne um conjunto de funções tecnológicas de uso indiferenciado pelos diversos setores da economia (indústria, comércio, agricultura e serviços). A TIB compreende, em essência, as funções de metrologia, normalização, regulamentação técnica e avaliação da conformidade (ensaio, inspeção, certificação e outros procedimentos tais como autorização, registro e homologação definidos na ABNT-ISO/IEC – Guia 02). A essas funções básicas agregam-se ainda a informação tecnológica, as tecnologias de gestão e a propriedade intelectual, áreas denominadas genericamente como serviços de infra-estrutura tecnológica.

O **quadro 2.13** a seguir ilustra a organização das funções da TIB.

METROLOGIA NORMALIZAÇÃO AValiação da CONFORMIDADE Inspeção Ensaio Certificação Outros itens do Guia ISO / IEC2 PROPRIEDADE INTELECTUAL Patentes Software Cultivares Topografia de Circuitos Direitos de Autor	Informação Tecnológica	Tecnologias de Gestão Qualidade Meio Ambiente Relações de Trabalho Sistemas Complexos Conhecimento Tecnologia Marketing Design Etc.
---	-------------------------------	---

Quadro 2.13 – A organização das funções da TIB
Fonte: MCT (2001)

Para efeito deste trabalho de tese serão consideradas apenas as funções tecnológicas básicas, tidas como as mais importantes. Hoje é amplamente entendido que as funções da TIB compreendem as chamadas barreiras técnicas ao comércio.

Na realidade, a questão da TIB é muito ampla, sendo difícil traçar suas fronteiras. Estabelecendo uma analogia, a gênese da TIB está na própria Ciência Básica, na criação de conhecimentos que sustentam o avanço tecnológico. Assim, a TIB guarda uma profunda relação com as Políticas de Ciência e Tecnologia e pode vir a se manifestar em Política de Comércio Exterior, que é o que se verifica atualmente.

Na literatura específica de TIB encontra-se autores que têm um enfoque essencialmente técnico-operacional no qual a TIB é vista como “a cozinha da produção”: trata-se dos pesos e medidas que têm que ser utilizados para a consecução do produto em conformidade com os padrões existentes. Num outro extremo, trata-se de reconhecer que o que está em jogo é algo muito maior, mais complexo, a saber o uso objetivado do conhecimento científico e tecnológico para ganhar vantagens competitivas nas diferentes arenas na qual se jogam os jogos de poder, desde o militar até a própria “cozinha” propriamente dita (Fleury, 2003).

Em seus estudos sobre a TIB como condicionante do desenvolvimento industrial na América Latina, Fleury (2003) obteve algumas conclusões que podem ser resumidas em dois planos: teoria e realidade.

- ao nível de retórica, parece haver um consenso da importância estratégica da TIB para o desenvolvimento econômico e o comércio internacional, mas raramente se encontra uma posição fundamentada a partir de uma forte reflexão sobre o tema. De maneira geral, eventuais problemas de comércio internacional rapidamente são rebatidos para o plano econômico; parece que são raras as competências para o correto equacionamento das consequências políticas dos desenvolvimentos em TIB. Conseqüentemente, as discussões sobre TIB raramente estão na agenda das decisões estratégicas dos países da América Latina;
- ao nível do concreto, as relações entre os atores que participam dos diferentes subsistemas, parece ser fraca e superficial, estabelecendo-se muito mais em termos formais e por imposições exógenas ao sistema. Tratam-se de posturas reativas. Ao nível dos processos de decisão em políticas públicas, a TIB não tem um caráter

estratégico, sendo que as informações sobre TIB são incorporadas aos processos decisórios como aspectos operacionais.

Para se pensar em mudanças de acordo com Fleury (2003), é fundamental entender o caráter sistêmico da TIB. A abordagem das questões de TIB envolvem sempre toda a cadeia produtiva incluindo o público e o privado atuando nos campos da qualidade, metrologia, normalização e avaliação de conformidade. De pouco adianta a criação de capacitação em Metrologia se o sistema produtivo não tem capacidade para absorver e aplicar esse conhecimento e se o mercado não sabe ou não pode valorizar os atributos dos produtos e serviços.

Em síntese, pode-se concluir que falta sinergia entre todas as entidades participantes desse sistema e a priorização do tratamento estratégico da TIB por parte do governo.

2.2.2.2 – O Inmetro e a estrutura laboratorial brasileira

O Inmetro é uma autarquia federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), sendo o órgão executivo do SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

O Inmetro tem a responsabilidade de manter as unidades fundamentais de medida no Brasil, rastreá-las a padrões internacionais e disseminá-las, com seus múltiplos e submúltiplos, até às indústrias. No campo da metrologia científica o Inmetro tem como principais objetivos:

- intercomparar periodicamente os padrões nacionais ao internacionais;
- estabelecer metodologias para a intercomparação de padrões, instrumentos de medir e medidas materializadas;
- calibrar padrões de referência dos laboratórios acreditados, rastreando-os aos padrões nacionais;
- efetuar pesquisas visando à obtenção de medições mais exatas e melhor reprodução das unidades de medida do Sistema Internacional;
- dar apoio às áreas de metrologia legal, normalização e qualidade industrial;

- descentralizar serviços metrológicos ao longo do país, acreditando laboratórios que tenham condições adequadas à realização de serviços metrológicos específicos, para faixas de valores e incerteza de medição estabelecidos.

Uma outra área de atuação do Inmetro é a de Credenciamento e Qualidade, a qual está integrada à rede metrológica por meio do conjunto de laboratórios de calibração e laboratórios de ensaios por ela acreditados, que constituem a Rede Brasileira de Calibração – RBC e a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios – RBLE. Esses laboratórios são os responsáveis pela realização das calibrações dos instrumentos utilizados na indústria, de forma geral, e dos ensaios de conformidade nos produtos que possuem certificação compulsória ou voluntária. Para a acreditação e sua manutenção na RBLE, os laboratórios devem manter calibrados pela RBC todos os instrumentos utilizados nos ensaios acreditados, garantindo-lhes dessa forma a confiabilidade metrológica.

O número de laboratórios integrantes da RBC e da RBLE ainda não é suficiente para satisfazer todas as necessidades brasileiras. A formação das Redes Regionais de Metrologia, fruto do esforço integrado de empresas industriais, institutos de pesquisa, universidades e outras organizações interessadas no aprimoramento da metrologia, contribui para o fortalecimento da metrologia em nível nacional e estadual e amplia a oferta de serviços de calibração e de ensaios.

Pela sua capilaridade e poder de ação independente, isto é, sem conflito de interesse com as questões de acreditação, as redes possuem, pelo conhecimento natural das especificidades e demandas regionais, forte poder de sensibilização e de articulação da competência técnica, disponibilizando-a de forma compartilhada para promover e desenvolver a competitividade regional (CNI, 2002b). Atualmente são 9 as redes regionais⁷.

A atual estrutura laboratorial brasileira pode ser considerada em dois grandes grupos: os que estão no ambiente de influência do SINMETRO e os demais, fora desta abrangência. Sob o SINMETRO estão os Laboratórios do Inmetro em Xerém (RJ), os laboratórios da RBC e da RBLE (Rede Brasileira de Calibração e Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios), os laboratórios da RNML – Rede Nacional de Metrologia Legal, os laboratórios das Redes

⁷ São elas: Rede Baiana de Metrologia (www.fieb.org/rbme), Rede de Metrologia de Minas Gerais (www.fiemg.com.br/rmmg), Rede Metrológica de Pernambuco, Sistema Paraná Metrologia, Rede Temática de Metrologia do Rio de Janeiro, Rede Metrológica do Rio Grande do Sul (www.redemetrolologica.com.br), Rede Metrológica de São Paulo (www.remesp.org.br), Sistema Catarinense de Metrologia e Rede Metrologia do Ceará

Regionais de Metrologia, outros laboratórios que operam segundo os requisitos da NBR ISO/IEC 17025, os laboratórios de ensaios que operam segundo as BPL – boas práticas laboratoriais, norma Inmetro NIT-DICLA 028 e os laboratórios clínicos que operam segundo a norma Inmetro NIT-DICLA 083.

Fora do SINMETRO são considerados todos os demais laboratórios que prestam serviços (dentro das próprias instituições ou para terceiros) ou que executam atividades de ensino e P&D, com pouca interação com os requisitos relacionados com os processos de normalização e com práticas fundamentais de metrologia (unidades do SI, incertezas de medição e rastreabilidade).

Nota-se que a criação das Redes Regionais surgiu em função de um subdimensionamento do número de laboratórios acreditados pelo Inmetro diante da demanda nacional. Portanto esse aspecto também pode ser considerado como obstáculo à capacitação tecnológica empresarial.

2.2.2.3 – A metrologia abordada no plano local

O tema principal nesse plano de análise são as redes brasileiras de laboratórios de calibração e de ensaios e as suas interfaces com o Inmetro. A **Figura 2.5** mostra o posicionamento dessa análise junto à linha de rastreabilidade dos padrões metrológicos.

Figura 2.5 – O posicionamento do plano local de análise, junto à função metrologia
 Fonte: Elaboração própria, a partir de CNI, 2002b

A norma ISO/IEC 17025 – Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração, estabelece um mecanismo para evidenciar a competência técnica dos laboratórios na realização de calibrações e de ensaios. Tem como objetivo principal evidenciar que os laboratórios se utilizam de um Sistema da Qualidade e que possuem competência para realizar seus serviços. Dessa forma, a norma assegura aos laboratórios a capacidade de obter resultados de acordo com métodos e técnicas reconhecidos nacional e internacionalmente. Essa norma é adotada por diversos países para o reconhecimento da competência dos laboratórios perante o organismo de acreditação.

No Brasil, denominada NBR ISO/IEC 17025, é utilizada pelo Inmetro na acreditação de laboratórios a serem integrados à **RBC – Rede Brasileira de Calibração** e à **RBLE – Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios**.

A acreditação pela NBR ISO/IEC 17025 é um processo voluntário, mas traz uma série de vantagens ao laboratório e aos usuários dos serviços laboratoriais, tais como:

Para os laboratórios:

- . diferencial competitivo;
- . marketing;
- . confiabilidade dos clientes nos seus resultados;
- . critérios e padrões aceitos internacionalmente;
- . eliminação de múltiplas auditorias;
- . acesso a programas interlaboratoriais.

Para os usuários:

- . confiança nos resultados;
- . ensaios e calibrações segundo critérios reconhecidos internacionalmente;
- . superação de barreiras técnicas à exportação;
- . seleção de fornecedores;
- . atendimento a requisitos legais e/ou comerciais.

Os laboratórios acreditados mantêm seus padrões e instrumentos de medições utilizados nos ensaios e nas calibrações rastreados aos padrões nacionais, segundo a cadeia hierárquica já apresentada anteriormente neste trabalho.

Tanto a Rede Brasileira de Calibração quanto a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios são constituídas por um conjunto de laboratórios aos quais foi concedida a acreditação pelo Inmetro, segundo os critérios e requisitos da NBR ISO/IEC 17025.

Os laboratórios da RBC prestam serviços de calibração, em geral, para empresas produtoras e prestadoras de serviços e para laboratórios de universidades e centros de pesquisas. Os laboratórios acreditados abrangem as seguintes áreas: dimensional, força e dureza, massa, acústica, vazão, viscosidade, pressão, eletricidade, tempo e frequência, temperatura e umidade, volume e massa específica, óptica e radiofrequência.

Os laboratórios da RBLE são utilizados, basicamente, para a realização de ensaios e testes de funcionamento e/ou performance em produtos que possuam certificação compulsória ou voluntária.

Esses laboratórios acreditados, por sua vez, têm que se submeter, obrigatoriamente, aos Programas de Comparação Interlaboratorial de uma ou mais propriedades realizados pelo Inmetro. Esses programas são indispensáveis e permitem aos participantes:

- . acompanhar o desempenho de seus laboratórios;
- . verificar a necessidade de calibração de equipamentos;
- . treinar técnicos;
- . alterar/corrigir os procedimentos e métodos;
- . calcular a incerteza dos resultados emitidos.

Os laboratórios podem participar também de outros programas de comparação interlaboratorial, organizadas por entidades nacionais e estrangeiras (algumas destas obrigatórias para o reconhecimento internacional).

Um outro aspecto que deve ser lembrado é a questão da proximidade com a indústria. Eles devem estar localizados mais próximos da indústria, tanto em termos geográficos quanto em termos organizacionais: os sistemas de metrologia, em todo o mundo, tem na sua base

operacional um conjunto de laboratórios de calibração (e também de ensaios) acreditados⁸ pelo organismo de acreditação nacionalmente reconhecido.

Os referidos laboratórios acreditados estabelecem vínculos com o Sistema Internacional de Unidades através da utilização de padrões de referência metrológica rastreáveis aos padrões nacionais que, por sua vez, são intercomparados aos padrões internacionais.

Em termos de desafios para a metrologia, que cabe nesse plano de análise local, Jornada (2005) cita a necessidade de extensão das metodologias e formalismo metrológico a áreas ainda não totalmente incluídas nele, como por exemplo a biologia e saúde.

2.2.2.4 – A normalização e a regulamentação técnica abordados no plano local

Norma técnica é definida como o “*documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação de um dado contexto*” (Inmetro; Abreu, 2005).

Desta definição, no que difere daquela apresentada no item 2.2.1.6 deste trabalho, vale a pena destacar o requisito de serem consensuais, isto é, decorrentes de um acordo generalizado das partes interessadas, sem com isso querer-se dizer unanimidade, mas que há a existência de um processo que cuida de levar em consideração todos os pontos de vista, ainda que divergentes e de construir uma posição comum, e de serem estabelecidas por um organismo reconhecido, que vem a ser o Organismo de Normalização e que é o responsável justamente pelo processo de consenso.

Tipicamente, as normas técnicas são de uso voluntário, isto é, o seu uso não é resultado de uma obrigação legal, mas sim o resultado de uma decisão racional em que se percebem vantagens objetivas em segui-las.

A norma técnica é comumente associada à expectativa de qualidade de produtos, serviços, processos ou pessoas. Contudo, o seu alcance é substancialmente maior. Por um lado, ela constitui-se num instrumento da sociedade para a sistematização das atividades econômicas, na sua racionalização e otimização, bem como uma ferramenta para a proteção do consumidor, a promoção da concorrência justa, a segurança de pessoas e bens, a proteção

⁸ Para a relação completa de laboratórios pertencentes à RBC e à RBLE, acesse: www.inmetro.gov.br

do ambiente e a facilitação dos negócios. Por outro lado, a norma técnica constitui-se num dos instrumentos que provêm a base tecnológica para as atividades produtivas. Daí se dizer que “a norma técnica é o resultado materializado do estado-da-arte da tecnologia” (Abreu, 2005).

No Brasil, a atividade de normalização é desenvolvida pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, entidade privada que é reconhecida como o Fórum Nacional de Normalização. A ABNT, entidade privada criada em 1940, é organizada em comitês, os Comitês Brasileiros (ABNT/CB), responsáveis pelo planejamento da normalização nos seus respectivos setores. Atualmente existem 54 ABNT/CB e ainda 4 Organismos de Normalização Setorial (são organizações acreditadas pela ABNT para desenvolver a normalização em setores específicos). Para desenvolver os textos das normas os ABNT/CB constituem Comissões de Estudo, abertas à participação de qualquer interessado.

Já em relação aos regulamentos técnicos, adotados por uma autoridade com poder legal para tanto, contém regras de caráter obrigatório e geralmente visam assegurar aspectos relativos à saúde, à segurança, ao meio ambiente, ou à proteção do consumidor. Por vezes um Regulamento Técnico, além de estabelecer as regras e requisitos técnicos para um produto, processo ou serviço, também pode estabelecer procedimentos para a avaliação da conformidade ao Regulamento, inclusive a certificação compulsória.

“Tradicionalmente entende-se por regulamentação a publicação, na Imprensa Oficial, de normas obrigatórias quanto às características técnicas que devem ser cumpridas pelos produtos para que estes possam ser comercializados. A regulamentação deve definir formas de controle dos produtos para verificar esse cumprimento” (Macroplan, 1997).

Os Regulamentos Técnicos podem ser adotados pelos diversos órgãos nos níveis federal, estadual ou municipal, de acordo com as suas competências específicas estabelecidas legalmente. Não existe uma compilação oficial completa da Regulamentação Federal Brasileira, segundo a CNI, 2002c. Assim, os interessados na Regulamentação Técnica para um produto, processo ou serviço específico devem procurar informações nos diversos órgãos do governo com relação ao assunto.

No âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBQP), o Inmetro liderou o projeto de modernização da Regulamentação Técnica Federal, que inclui uma compilação, inédita, dos Regulamentos Técnicos Federais em vigor, bem como o estabelecimento de novas diretrizes para a sua redação. O Inmetro mantém uma base de dados disponível na Internet, contendo a Regulamentação Técnica emitida pelo Ministério do

Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e do próprio Inmetro.

O Acordo TBT da OMC estipula que, sempre que possível, os Governos devem adotar regulamentos técnicos baseados nas normas internacionais. Considera ainda que os Regulamentos Técnicos que seguem normas internacionais não se constituem em barreiras técnicas. Sempre que um Governo decidir adotar um regulamento técnico que não siga uma norma internacional deve notificar formalmente os demais membros da OMC com antecedência mínima de 60 dias, apresentando uma justificativa.. Os demais membros da OMC podem solicitar esclarecimentos e apresentar comentários e sugestões ao regulamento proposto.

Estas informações são veiculadas pelos chamados “pontos focais” (*enquiry points*). Estas organizações, designadas por cada um dos membros da OMC, são as responsáveis por efetuar as notificações da regulamentação a ser adotada por esse país e pelo recebimento da comunicação das notificações efetuadas pelos outros países. O *enquiry point* do Brasil é o Inmetro, onde se podem obter informações sobre as notificações efetuadas à OMC, tanto brasileiras quanto dos demais países da OMC.

2.2.2.5 – A Avaliação da Conformidade abordada no plano local – o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade

O conceito de Avaliação da Conformidade estabelecido pela NBR ISO/IEC 17000 e mencionado no item 2.2.1.7 deste trabalho tem um caráter pontual, pois subentende-se que qualquer avaliação feita para verificar se um objeto atende a requisitos pré-estabelecidos encaixa-se neste conceito. Entretanto, há que se distinguir a avaliação da conformidade feita pontualmente, daquela feita sistematicamente, que é o campo da avaliação da conformidade que nos interessa abordar neste trabalho. Neste sentido, cabe introduzir um conceito de avaliação da conformidade que não é o apresentado na NBR ISO/IEC 17000, mas tem significado semelhante, além de permitir uma análise mais crítica do contexto em que a atividade é exercida no Brasil.

Segundo o Inmetro, “*A Avaliação da Conformidade é um processo sistematizado, com regras pré-estabelecidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou ainda um*

profissional, atende a requisitos pré-estabelecidos por normas ou regulamentos, com o menor custo possível para a sociedade”.

Este conceito preconiza a idéia de tratamento sistêmico, pré-estabelecimento de regras e, como em todo sistema, acompanhamento e avaliação dos seus resultados.

Há ainda a definição estabelecida pela Organização Mundial do Comércio – OMC, onde a Avaliação da Conformidade é “*qualquer atividade com objetivo de determinar, direta ou indiretamente, o atendimento a requisitos aplicáveis*”.

Entende-se por tratamento sistêmico de um objeto qualquer, um conjunto de técnicas de gestão da qualidade que envolve, entre outras ações:

- . selecionar norma ou regulamento;
- . coletar amostras;
- . efetuar análise de tipo;
- . selecionar o laboratório responsável pelos ensaios;
- . realizar ensaios;
- . realizar inspeções;
- . interpretar os resultados dos ensaios ou inspeções;
- . realizar auditorias no sistema de gestão da qualidade do fornecedor;
- . realizar auditorias de acompanhamento;
- . definir sistemática de tratamento das não conformidades eventualmente identificadas;
- . avaliar e acompanhar o produto no mercado.

Portanto, nota-se que um programa de avaliação da conformidade tem um momento de avaliação inicial da conformidade do objeto que é continuado por um conjunto de ações de acompanhamento e controle.

Segundo o Inmetro, a avaliação da conformidade busca atingir dois objetivos fundamentais: em primeiro lugar, deve atender preocupações sociais, estabelecendo com o consumidor uma relação de confiança de que o produto, processo ou serviço está em conformidade com requisitos especificados. Por outro lado, não pode tornar-se um ônus para a produção, isto é, não deve envolver recursos maiores do que aqueles que a sociedade está

disposta a investir. Desta forma, a avaliação da conformidade é duplamente bem sucedida, na medida que proporciona confiança ao consumidor, ao mesmo tempo que requer a menor quantidade possível de recursos para atender à necessidades das partes interessadas.

A atividade de Avaliação da Conformidade começou no Brasil, de forma estruturada, na década de 1980. Transporte de cargas perigosas, segurança veicular e capacetes de motociclistas foram alguns dos primeiros produtos e serviços a terem sua conformidade avaliada. Em sua fase inicial, as certificações eram conduzidas pelo Inmetro. Mas a partir de 1992, passaram a ser conduzidas por organismos e laboratórios acreditados pelo Inmetro. Atualmente já são mais de 250 famílias de produtos e serviços no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade – SBAC.

O SBAC é um subsistema do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Sinmetro. No âmbito do Sinmetro, as atividades de metrologia científica e legal, avaliação da conformidade, acreditação de organismos e de laboratórios e normalização são tratadas integradamente. E o Inmetro é o órgão executivo central do Sinmetro, sendo o gestor dos programas de avaliação da conformidade, bem como o órgão oficial de acreditação brasileiro.

São observados ainda, no desenvolvimento dos programas de avaliação da conformidade de produtos, processos ou serviços, os preceitos do Acordo de Barreiras Técnicas ao Comércio, da OMC. A observância de tais princípios é essencial para que consumidores e setores produtivos tenham confiança nos programas, além de servir para que o Brasil obtenha o reconhecimento de seus programas de avaliação da conformidade junto aos devidos fóruns internacionais.

As atividades de avaliação da conformidade envolvem diversas entidades e organizações, com variadas competências específicas, tais como laboratórios de ensaio, laboratórios de calibração, organismos de inspeção, organismos de certificação, auditores, etc. Surgiu, dessa forma, a necessidade de se dispor de mecanismos que possibilitassem ao mercado identificar os organismos com competência técnica comprovada para desempenhar essas atividades. Assim, desenvolveu-se o conceito de Acreditação para o reconhecimento público da competência técnica das organizações ou pessoas envolvidas com as atividades de Avaliação da Conformidade.

Acreditação é o modo pelo qual um organismo autorizado dá reconhecimento formal de que uma organização ou pessoa é competente para desenvolver tarefas específicas de avaliação da conformidade de terceira parte. Nesse esquema, o órgão acreditador acredita Organismos de Avaliação da Conformidade que, por sua vez, reconhecem a conformidade de um sistema de gestão, produto, processo, serviço ou pessoal. Essa estrutura pode ser visualizada na **Figura 2.6** a seguir.

Figura 2.6 – A estrutura de acreditação para a Avaliação da Conformidade
Fonte: Inmetro

No âmbito do Sinmetro o organismo autorizado para efetuar a acreditação é o Inmetro. O Inmetro acredita, de acordo com o modelo conceitual mundialmente aceito e praticado:

- Organismos de Certificação de Sistemas;
- Organismos de Certificação de Produtos e Serviços;
- Organismos de Certificação de Pessoal;
- Organismos de Treinamento;
- Organismos de Inspeção;

- Laboratórios de Ensaios;
- Laboratórios de Calibração.

O **quadro 2.14** a seguir mostra de forma sintética os conceitos relacionados acima.

Quadro 2.14 – Avaliação da Conformidade e conceitos relacionados
Fonte: MCT, 2001

Além do Sinmetro, que foi originalmente concebido com foco na área industrial, mas cujas estruturas e conceitos são aplicáveis a qualquer setor em consequência do desenvolvimento internacional dos conceitos da avaliação da conformidade, existem ainda outros sistemas oficiais de avaliação da conformidade no Brasil. A existência desses outros sistemas é decorrência da complexidade da estrutura do Estado, com diversos órgãos com mandatos específicos para desenvolver atividades regulatórias, ou, ainda, de aprovação em determinadas áreas ou setores. Muitos desses sistemas dispõem de estruturas de avaliação da conformidade que operam em diferentes níveis de consonância com o preconizado pelo Sinmetro. Esforços vêm sendo feitos no sentido de articular os diversos sistemas oficiais (CNI, 2002a). Seguem alguns exemplos de sistemas oficiais de avaliação da conformidade:

- Avaliação da Conformidade na Saúde desenvolvida pelo Ministério da Saúde;

- Avaliação da Conformidade na Marinha;
- Avaliação da Conformidade no Exército;
- Avaliação da Conformidade na Aeronáutica;
- Avaliação da Conformidade no setor Aeroespacial;
- Avaliação da Conformidade em Alimentos e Bebidas;
- Avaliação da Conformidade nas Telecomunicações;
- Avaliação da Conformidade na área Nuclear;
- Avaliação da Conformidade na área Ambiental – CONTRAN.

Além desses também há outros sistemas de avaliação da conformidade em uso no Brasil tais como:

- Segurança alimentar – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC;
- Boas Práticas de Laboratório – BPL (*Good Laboratory Practices* – GLP);
- Boas Práticas de Laboratórios Clínicos – BPLC (*Good Clinical Practices* – GCP).

Voltando ao âmbito do Sinmetro, dependendo de quem realiza a avaliação e, portanto, tem a responsabilidade de atestar a conformidade, a atividade de avaliação da conformidade pode ser classificada como:

- **De primeira parte:** quando é feita pelo fabricante ou pelo fornecedor;
- **De segunda parte:** quando é feita pelo comprador/cliente;
- **De terceira parte:** quando é feita por uma organização com independência em relação ao fornecedor e ao cliente, não tendo, portanto, interesse na comercialização do produto.

Quando o processo de avaliação da conformidade é realizado por uma terceira parte, o agente econômico, ou seja, a organização que atesta a conformidade, deve ser acreditado.

Está sendo introduzida no Brasil a figura do organismo designado, uma alternativa complementar à acreditação, de uso restrito a situações excepcionais. A designação é poder de Estado, normalmente feita por uma autoridade regulamentadora.

A **Figura 2.7** na seqüência mostra a introdução do organismo designado junto à função Avaliação da Conformidade.

Figura 2.7 – Serviços de Avaliação da Conformidade
Fonte: MCT, 2001

A avaliação da conformidade pode ser utilizada voluntária ou compulsoriamente. A avaliação da conformidade no campo voluntário vem crescendo de importância no mercado internacional, como forma de superar barreiras técnicas ou de acesso a mercados exigentes. Ela agrega valor ao produto, representando uma importante vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Já a avaliação compulsória é obrigatória por meio de um instrumento legal, emitido por um órgão regulador, e se destina, prioritariamente, à defesa do consumidor, no que diz respeito à proteção da vida e da saúde e à preservação do meio ambiente.

No Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, a atividade de avaliação da conformidade possui diferentes mecanismos para verificar a conformidade de um produto, processo ou serviço em relação aos critérios estabelecidos por normas e regulamentos técnicos. Os principais mecanismos de avaliação da conformidade praticados no Brasil são:

- **a certificação;**
- **a declaração da conformidade pelo fornecedor;**
- **a inspeção;**
- **a etiquetagem;**
- **o ensaio.**

Para a seleção do mecanismo é necessário levar em consideração diversos aspectos relacionados às características do produto, processo ou serviço avaliado, como o risco oferecido em um eventual acidente de consumo, o impacto e a frequência da falha, o volume de produção, a velocidade do aperfeiçoamento tecnológico no setor, o porte dos fabricantes envolvidos, o impacto sobre a competitividade do produto, o grau de dificuldade de seu acompanhamento no mercado, entre outros aspectos. Questões ligadas às particularidades do mercado interno e mercado internacional relativas ao objeto a ter a conformidade avaliada também devem ser consideradas. Além dos aspectos técnicos, outros como os sociais, os legais, os políticos e os econômico-financeiros, dentre outros, também são considerados quando da seleção do mecanismo de avaliação da conformidade mais adequado às especificidades do objeto avaliado.

Com base na análise destes aspectos é que se determinará o agente econômico que realizará a avaliação (1ª parte ou 3ª parte), o mecanismo de avaliação da conformidade a ser utilizado (certificação, etiquetagem, etc.) a compulsoriedade ou não da avaliação e as ferramentas a serem utilizadas. Por ferramenta de avaliação da conformidade entende-se todos aqueles instrumentos baseados nos quais o produto, processo ou serviço em questão é submetido no processo de avaliação, para efeito da atestação final de sua conformidade.

Algumas ferramentas freqüentemente utilizadas são:

- . Ensaio de Tipo;
- . Ensaio de Rotina;
- . Avaliação do Sistema da Qualidade de Fabricação;
- . Julgamento de um serviço executado;
- . Amostragem;
- . Auditoria.

Existe a possibilidade de se adotar diferentes mecanismos de Avaliação da Conformidade, em função das especificidades de cada objeto a ter a sua conformidade avaliada. Ainda não é comum no Brasil, mas podem ser utilizados diferentes mecanismos concomitantemente para a avaliação da conformidade de um mesmo objeto. Por exemplo, na avaliação da conformidade de um vaso de pressão, pode-se utilizar a declaração da conformidade para a fase de projeto, a certificação para o processo de fabricação e a inspeção para o produto final.

O **quadro 2.15** mostra, de forma sintética, a utilização da avaliação da conformidade, envolvendo todos os conceitos abordados.

	ABRANGÊNCIA							
	Utilização			Agente Econômico			Campo de Aplicação	
MECANISMOS	Produtos e/ou Serviços	Sistema de Gestão	Pessoal	1ª Parte	2ª Parte	3ª Parte	Voluntária	Compulsória
Declaração da Conformidade pelo Fornecedor	X			X				X
Certificação	X	X	X			X	X	X
Etiquetagem	X			X		X	X	X
Inspeção	X					X	X	X
Ensaaios	X			X	X	X	X	X

Quadro 2.15 – Quadro geral de utilização da Avaliação da Conformidade
Fonte: Inmetro

2.2.3 – A abordagem no plano empresarial

2.2.3.1 – A metrologia abordada no plano empresarial

O tema principal neste plano de análise é a aplicação das funções tecnológicas da TIB no dia-a-dia da empresa. A **Figura 2.8** mostra o posicionamento desta análise junto à linha de rastreabilidade dos padrões metrológicos.

Figura 2.8 – O posicionamento do plano empresarial de análise, junto à função metrologia

Fonte: Elaboração própria, a partir de CNI, 2002b

Na área industrial, um ponto a destacar é o motivo de se correlacionar qualidade com metrologia. Uma razão para se entender a base metrológica da qualidade deve-se ao fato de que a medida, sua exatidão, repetibilidade e rastreabilidade, é uma das formas de percepção do cidadão em relação à qualidade, uma vez que se manifesta na relação comercial cotidiana.

A busca da metrologia como um diferenciador tecnológico e comercial para as empresas é, na verdade, uma questão de sobrevivência. Não há mais espaço para medições sem qualidade, e as empresas deverão investir recursos (humanos, materiais e financeiros) para incorporar e harmonizar as funções básicas da competitividade: normalização, metrologia e avaliação da conformidade. No caso das empresas produtoras de bens, o que é considerada é a metrologia industrial. A metrologia industrial abrange os sistemas de medição responsáveis pelo controle dos processos produtivos e pela garantia da qualidade e segurança dos produtos finais.

A própria norma NBR ISO 9001 estabelece, em seu item 7.6 “**Controle de dispositivos de medição e monitoramento**”, uma série de requisitos que devem ser cumpridos com a finalidade de aprimorar a qualidade da medição. Já a norma NBR ISO 10012-1, com foco no instrumento de medição, estabelece requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição, estabelecendo um sistema de comprovação metrológica para os mesmos.

Portanto, como podemos notar, a citação na ISO 9001 e a criação da ISO 10012 retratam a importância que se dá à metrologia como instrumento de competitividade. É com base nessas duas normas e em mais algumas técnicas estatísticas que se trata o tema metrologia, no dia-a-dia das empresas.

Para se iniciar essa abordagem, considera-se que os fatores metrológicos que interferem diretamente no resultado de uma medição podem ser agrupados nas seguintes categorias: método, amostra, condições ambientais, usuários e equipamentos, conforme mostra a **Figura 2.9**. Desta forma, as medições transformam os fatores metrológicos de um processo qualquer em uma medida. Pode-se entender a medida como o resultado do processo de medição, e, nesse sentido, sua qualidade depende de como tal processo é gerenciado.

Figura 2.9 – O processo de medição e os fatores metrológicos
 Fonte: CNI, 2002b

O **método** de medição é uma seqüência lógica de operações, descritas genericamente, usadas na execução das medições para se obter uma medida adequada, ou seja, de qualidade. Basicamente pode-se agrupar os métodos de medição em duas categorias: método de medição direto, onde se emprega diretamente o equipamento de medição para obtenção do resultado da medida e o método de medição indireto que consiste na comparação de um valor desconhecido com um valor conhecido.

Amostra significa uma determinada quantidade retirada de um conjunto total e que pode ser considerada como representativa deste conjunto.

Entende-se como **condições ambientais** certas características do ambiente onde os instrumentos são utilizados, tais como: a temperatura, umidade, poeira, vibração, tensão de alimentação, etc., e de como elas podem afetar os resultados das medições. Por ex., para se avaliar a composição química de um remédio necessita-se que a temperatura do local seja mantida em 22 graus. Deve-se, então, instalar um sistema de ar-condicionado que permita o controle e manutenção desta temperatura. Se a temperatura sair do valor correto, deve-se interromper as medições.

O **usuário** deve ser treinado e capacitado para a utilização correta do equipamento de medição. Deve também conhecer o método de medição, saber avaliar as condições

ambientais, decidir sobre a realização ou não das medições, selecionar adequadamente a amostra a ser avaliada, registrar e interpretar o resultado das medições.

Qualquer equipamento, utilizado isoladamente ou em conjunto, é chamado de **instrumento de medição**. O conjunto de instrumentos de medição e de outros equipamentos acoplados para execução de uma medida é denominado **sistema de medição**.

Não existe medição 100% exata, isto é, isenta de dúvidas no seu resultado final. Na realidade o que se busca é conhecer a grandeza incerteza. Um processo de medição pode não apresentar erros (ou uma vez existentes e identificados, os erros podem ser corrigidos e/ou eliminados), porém sempre haverá uma incerteza no resultado final da medição. A incerteza nunca será eliminada, e, na melhor das hipóteses, poderá ser reduzida. *“A incerteza de medição é um parâmetro associado ao resultado de uma medição que caracteriza a dispersão dos valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos a um mensurando”* (VIM, 2000).

Quanto mais apurado o processo de medição, ou seja, quanto melhor identificadas, controladas e reduzidas as influências dos fatores metrológicos (método, amostra, condições ambientais, usuários e equipamentos), maior será a confiança no resultado final. Assim, o resultado da medição é expresso da seguinte forma⁹:

$$RM = (R \pm U) \quad [\text{unidade de medição}]$$

RM = resultado da medição

R = resultado encontrado

U = incerteza da medição

Um componente importante na função qualidade do processo produtivo, e exigido pela norma ISO 9001, é a calibração periódica dos equipamentos de medição. Segundo a NBR ISO 10012-1, *calibração é o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas a relação entre valores indicados por um instrumento ou sistema de medição, ou valores representados por um material de referência ou de medição, e os valores correspondentes de uma quantidade concebida por um padrão de referência*. A calibração é uma oportunidade de aprimoramento constante e proporciona vantagens, como:

- redução na variação das especificações técnicas dos produtos. Produtos mais uniformes representam uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes;

⁹ Para maiores detalhes ver: Inmetro & ABNT. Guia Para a Expressão da Incerteza de Medição. Terceira edição brasileira em língua portuguesa – Rio de Janeiro, 2003.

- prevenção dos defeitos. A redução de perdas pela pronta detecção de desvios no processo produtivo evita o desperdício e a produção de rejeitos;
- compatibilidade das medições. Quando as calibrações são referenciadas aos padrões nacionais, ou internacionais, asseguram atendimento aos requisitos de desempenho.

Os padrões de medição podem ser distribuídos e classificados seguindo uma hierarquia, como já identificada na **Figura 2.8**.

A calibração permite avaliar as incertezas do processo de medição, além de identificar os desvios entre os valores indicados por um instrumento e os valores convencionalmente verdadeiros. Além da calibração dos equipamentos, é necessário que se mantenham registros para mostrar qual foi o procedimento de calibração utilizado, o critério de aceitação estabelecido pela empresa, o resultado e se o equipamento foi aceito.

Durante o planejamento de um sistema de avaliação dos instrumentos de medição, uma dúvida freqüente que surge é quais são os instrumentos de medição que merecem calibração. Para essa questão, considera-se a seguinte seqüência:

- a) identificar, com os responsáveis pela engenharia, produção e manutenção, quais são as variáveis do processo que afetam a qualidade do produto em questão;
- b) estabelecer quais são os limites especificados para cada uma destas variáveis, em todos os níveis e etapas do processo produtivo;
- c) identificar os instrumentos que são utilizados para medir estas variáveis.

Sabe-se que nos processos industriais a metodologia MSA – *Measurement Systems Analysis* – 3ª Edição – é utilizada por algumas empresas para solucionar problemas no processo produtivo. A análise do sistema de medição (MSA) é uma metodologia estatística desenvolvida para estudar e analisar o comportamento do sistema de medição e proporcionar o aumento de confiança e certeza na leitura obtida nos instrumentos. Um sistema de medição que não propicia a certeza ou confiança na medição pode levar a empresa a realizar grandes investimentos na aquisição de instrumentos e outros meios de medição. É importante identificar o que pode causar esta deficiência, antes de se tomar a decisão. Estudos mal elaborados podem fazer com que a empresa direcione seus recursos para o lugar errado ou, talvez, que não precisem ser realizados. Ou seja, a empresa pode estar comprando

instrumentos mais caros ou com mais recursos do que realmente é necessário. Ou ainda, pode estar utilizando o instrumento errado.

Segundo Couto e Monteiro (2000), aquelas empresas que utilizam os serviços de metrologia apenas como um aspecto administrativo legal, estão duplamente equivocadas. Primeiro, não é porque um instrumento tem um certificado de calibração que ele possui as características metrológicas adequadas à tolerância do processo. Segundo, o certificado de calibração por si só não garante absolutamente nada sobre a confiabilidade da medição.

A especificação de um instrumento, sem a prévia análise da tolerância do processo, pode levar a uma relação custo benefício bastante elevada. Em outras palavras, a tolerância de um processo geralmente não justifica a aquisição de determinados instrumentos. Em consequência deste fato é muito comum ser encontrado nas empresas um conjunto de instrumentos de um bom nível de exatidão sendo subutilizados e sucateados, o que contribui de certa forma para o desperdício e elevação do custo. Tomemos como exemplo uma balança de pressão que tem uma incerteza média aproximada de 0,01% e um custo médio elevado em relação aos instrumentos gerais de medição de pressão. A utilização adequada de um instrumento deste tipo sem o conhecimento da aceleração da gravidade local é impossível. E se isto ocorre, além do custo do equipamento, há também um superdimensionamento das características metrológicas do instrumento em relação às tolerâncias do processo.

Por outro lado, a especificação de um instrumento com um índice de exatidão grosseiro em relação às tolerâncias de um determinado processo pode levar a resultados que comprovam um grande desperdício. Como exemplo desta situação, pode-se citar o processo de enchimento de cilindros de gás em alta pressão.

Um estudo conduzido nessa área, pelos autores acima mencionados, concluiu que o erro na medição de pressão de 2% acarreta dúvidas na comercialização da ordem de 49% da produção diária a cada 20 dias. Direcionando este modelo de análise para outras áreas como por exemplo: comercialização de energia elétrica, petróleo, aço etc, é ratificado mais uma vez a comprovação que o aspecto metrológico se estabelece como uma fonte elevada de desperdício.

Não existe um sistema de medição ideal. O sistema de medição ideal seria aquele que produziria somente medidas “corretas” todas as vezes que fosse utilizado. A medida coincidiria sempre com o padrão de referência. Um sistema de medição deste tipo diz-se que possui propriedades estatísticas de variância zero, tendência zero e probabilidade zero de

classificação errônea em qualquer produto que medisse. Portanto, como o sistema ideal não existe é atribuição dos gerentes adequar seus sistemas de medição para obter as propriedades estatísticas adequadas ao trabalho executado e às necessidades do produto. Há de se identificar as propriedades estatísticas mais importantes para o uso dos dados. Tais propriedades são a base para escolher o sistema de medição.

As propriedades estatísticas mais comumente usadas para caracterizar a qualidade dos dados provenientes de medições estão associadas à medição da **variação da localização** (exatidão, tendência, estabilidade e linearidade), aquelas relacionadas com medição da **variação da dispersão** (precisão, repetitividade, reprodutibilidade, capacidade, desempenho, sensibilidade, consistência e uniformidade) e aquelas associadas a **variação do sistema** (capabilidade, desempenho e incerteza).

Os procedimentos utilizados para a verificação do sistema de medição devem responder a três questões: o sistema de medição tem a especificação adequada ?; o sistema de medição é estável ao longo do tempo ? e as propriedades estatísticas são consistentes sobre a faixa esperada e aceitável para análises e controle do processo ?

Tais estudos podem proporcionar:

- um critério para aceitar novos equipamentos de medição;
- uma comparação entre dispositivos de medição;
- uma base para avaliar um dispositivo de medição suspeito de deficiências;
- uma comparação para equipamentos de medição antes e depois de reparado;
- um componente para o cálculo da variação do processo, e o nível de aceitação para um processo produtivo;

O manual de MSA está na 3ª edição, publicado em 2002. E esta foi elaborada pelo M.S.A Workgroup, uma força-tarefa com apoio da ASQ – *American Society for Quality* e do AIAG – *Automotive Industry Action Group* e foi sancionado pelas Big Three (Ford, GM e DaimlerChrysler) – através do *Supplier Quality Requirements Task Force*. Nessa terceira edição há uma referência muito forte quanto ao uso de FMEA com a finalidade de definir os riscos e adotar o instrumento de medição adequado à real necessidade. Para um bom resultado também há a necessidade de bons conhecimentos de estatística e noções de GD&T (tolerância geométrica).

Nem sempre o produto e as características do processo necessitam sistemas de medição cujo desenvolvimento inclua uma análise minuciosa. Os instrumentos de medição mais simples podem não requerer uma estratégia tão ampla nem um planejamento tão profundo. Uma regra prática é verificar se a característica a medir está identificada no plano de controle ou é importante para determinar a aceitação do produto ou processo. Outra orientação é verificar o nível de tolerância designada para aquela dimensão específica. “Em qualquer caso, a regra geral é o bom-senso” (MSA 3ª edição capítulo I).

Como podemos notar, esta metodologia foi criada a partir das necessidades da indústria automobilística, no entanto pode e em muitas vezes é adotada por outros segmentos industriais, além de não ser necessária a sua utilização quando o sistema de medição for muito simples.

Uma vez estabelecido um sistema de medição adequado, há a necessidade de mantê-lo estável, e para se garantir a confiabilidade dos dados referentes ao controle das características que determinam a qualidade do produto usa-se a chamada comprovação metrológica. Sua ausência, portanto, é por si só razão suficiente para gerar descrédito no sistema de informação da qualidade da organização. A NBR ISO 10012 define comprovação metrológica como: *“conjunto de operações necessárias para assegurar-se de que um dado equipamento de medição está em condições de conformidade com os requisitos para o uso pretendido. Normalmente inclui, entre outras atividades, calibração, qualquer ajuste e/ou reparo, as recalibrações subseqüentes, assim como qualquer lacração ou etiquetagem necessária”*.

Um ciclo convencional de gerenciamento das atividades que compõe um Sistema da Qualidade é conhecido como “**ciclo PDCA**”, onde as letras significam: **Plan** – planejar/desenvolver; **Do** – fazer/implementar; **Check** – verificar; **Act** – corrigir/prevenir. Para a implementação de um sistema de comprovação metrológica, seguindo as diretrizes do PDCA, sugere-se o seguinte roteiro (CNI, 2002b):

Planejamento:

- identificar as variáveis e a capacidade requerida de cada medida;
- determinar a incerteza de cada instrumento;
- verificar a necessidade de compra de padrões e selecionar fornecedores.

Desenvolvimento:

- identificar e definir os critérios de aceitabilidade de cada instrumento e padrão;
- definir a frequência de calibração de cada instrumento e padrão;
- definir as condições ambientais e correções necessárias;
- definir os métodos de manuseio, identificação, armazenamento e embalagem de instrumentos;
- avaliar os métodos e registros de calibração e procedimentos.

Implementação:

- realizar a calibração e registrar os resultados;
- avaliar os resultados contra o critério de aceitação estabelecido;
- identificar, segregar e proceder ações corretivas aos instrumentos e/ou padrões não-conforme. Após a correção, proceder a nova calibração;
- arquivar o registro de calibração e identificar o instrumento e/ou padrão aprovado.

Verificação:

- realizar auditorias internas;
- avaliar os relatórios das auditorias e verificar a existência de não-conformidades;
- identificar causas, definir soluções, implementar as ações corretivas e avaliar a eficácia das ações;
- estabelecer controles para impedir novas ocorrências das não-conformidades.

Tratamento de Instrumentos e/ou Padrões Não-Conformes:

- analisar o histórico de registros e verificar a necessidade de reduzir o intervalo de calibração;
- identificar e segregar instrumento e/ou padrão;
- proceder a manutenção e recalibração. Se o instrumento e/ou padrão não tiver como ser reparado, providenciar a substituição e efetuar a calibração do substituto;
- Rastrear os produtos e/ou instrumentos medidos desde a última calibração.

Todos os itens desse roteiro são contemplados pela norma NBR ISO 10012-1, que trata especificamente do tema “comprovação metrológica para equipamento de medição”.

Em termos de desafios para a metrologia, segundo Jornada (2005), o futuro exigirá uma grande ampliação das atividades metrológicas nesse plano, como:

- a) necessidade de que conhecimentos metrológicos básicos sejam dominados pela maioria da população, em especial por profissionais ligados a áreas técnicas;
- b) medições ligadas a novas tecnologias, como nanotecnologia por exemplo;
- c) melhoria na exatidão das atuais medidas, com novos métodos de se medir.

Em função de tudo o que foi apresentado, podemos concluir também que, além dos serviços rotineiros de medições e calibrações, um laboratório de metrologia deve assumir as seguintes atividades:

- avaliar o impacto das incertezas das grandezas que interferem em um processo, de acordo com a sua tolerância;
- auxiliar na especificação adequada da instrumentação de um determinado processo com o objetivo de adequá-la ao uso, reduzindo assim o subdimensionamento ou superdimensionamento dos instrumentos.

2.2.3.2 – A normalização e a regulamentação técnica abordados no plano empresarial

Nesse plano, observa-se a utilização cada vez mais intensa das normas técnicas como uma ferramenta na organização de redes e cadeias de empresas, especialmente nas chamadas cadeias globais de valor, as chamadas *global value chains*.

O exemplo clássico é o da indústria automobilística. No início da década de 1990 as Big Three (GM, Ford e Chrysler) se uniram para criar normas a serem aplicadas ao processo de fornecimento de partes e componentes. Surgiu assim a QS 9000. Imediatamente os outros grupos de interesse passaram a criar o seu conjunto de normas. Na indústria brasileira houve um tempo no qual os fornecedores tinham que atuar de acordo com a QS 9000, de acordo com as normas Volkswagen e de acordo com as normas da FIAT. Hoje se observa a consolidação dessas diversas normas para uma única norma global na indústria automobilística, a TS 16949.

Para as empresas, a normalização traz uma série de vantagens, entre as quais, os impactos sobre a produção, através da:

- eliminação de desperdícios;
- padronização da documentação técnica;
- redução de custos;
- aumento da produtividade;
- base clara para a concorrência, evitando assim a concorrência desleal.

Os benefícios podem ser tanto qualitativos como quantitativos. São exemplos de benefícios qualitativos:

- utilização adequada de recursos;
- disciplina da produção;
- uniformidade do trabalho;
- registro do conhecimento tecnológico;
- melhora do nível de capacitação do pessoal;
- controle dos produtos e processos;
- segurança do pessoal e dos equipamentos;
- racionalização do uso do tempo

E os quantitativos:

- redução do consumo e do desperdício;
- especificação e uniformização de matérias-primas;
- padronização de componentes e equipamentos;
- redução de variedades de produtos;
- procedimentos para cálculos e projetos;
- aumento da produtividade;
- melhoria da qualidade de produtos e serviços.

Vale destacar que os benefícios da normalização serão alcançados na medida em que ela de fato traduzir as expectativas da sociedade. Para tanto é fundamental o envolvimento e a participação das empresas no processo de normalização. Quanto mais elas participarem, tanto mais a normalização beneficiará as empresas e a sociedade.

As normas são uma das ferramentas que possibilitam a internacionalização efetiva das economias no processo de globalização, em que uma das faces mais visíveis é a disseminação da norma ISO 9000. A tendência mais importante é a da crescente utilização das normas internacionais como referência para os mercados e as estratégias das empresas.

Como decorrência, os diversos organismos nacionais de normalização procuram cada vez mais adotar as normas internacionais como normas nacionais. Adotar não basta, é fundamental participar do processo de normalização internacional para se assegurar que os interesses nacionais serão levados em conta. Assim, esses organismos buscam influenciar mais diretamente no processo de normalização regional e internacional.

De acordo com Abreu (2005), as tendências que se podem perceber atualmente no processo de normalização, podem ser sintetizados como segue:

- a) a disseminação da abordagem de sistemas de gestão como uma ferramenta eficaz para tratar diferentes tipos de questões. O sucesso da normalização dos sistemas de gestão da qualidade motivou a aplicação para tratar de outras questões como as relações das empresas com o ambiente, a segurança e saúde ocupacional, a segurança dos alimentos ou a responsabilidade social. Essa abordagem deve se disseminar por diversos outros setores, o que representa a oportunidade para aumentar a competitividade das organizações;
- b) a mudança das atividades de normalização do nível nacional para o internacional. O novo papel da normalização torna lógico procurar-se atuar fortemente no nível internacional e adotar as normas internacionais como normas nacionais. Esta mudança de estratégia ocorreu de forma pronunciada na Europa e em outros países desenvolvidos. Pode-se mencionar como exemplo a Suécia, em que apenas 1% das normas adotadas são de desenvolvimento exclusivamente sueco. Esta estratégia tem benefícios evidentes do ponto de vista de competitividade das empresas e na absorção de novas tecnologias. As empresas nacionais passam a atuar tendo o mercado mundial como referência, estando mais capazes de ter acesso a novos mercados e de serem mais competitivas no mercado nacional;

- c) a normalização em atividades e setores novos, como os serviços, competências de pessoas, temas sociais, a sustentabilidade, o turismo, etc. Esses novos temas, em que bons exemplos são a gestão da segurança e saúde ocupacional, a gestão sustentável ou a responsabilidade social, representam um novo conjunto de questões que pressupõe tanto novas abordagens do ponto de vista tecnológico quanto no próprio processo de desenvolvimento das normas. Por um lado, as normas tendem a ser cada vez mais complexas e sofisticadas. Por outro, surgem novos atores e é requerida a contribuição de especialistas tradicionalmente fora do âmbito industrial;
- d) a disseminação de processos de certificação e outros mecanismos de avaliação da conformidade nos mercados, demandando novas normas para os suportarem. O sucesso nos anos 90 da certificação segundo as normas ISO 9000 e o papel importante que a certificação de produtos e sistemas vem tendo deflagraram o surgimento de diversas iniciativas de certificação em novos setores, como estratégia de estimular a competitividade das empresas. Se antes, a certificação era uma consequência da normalização, agora as necessidades de certificação é que têm como consequência a necessidade de novas normas;
- e) normalização de tecnologias em desenvolvimento. Se no passado eram objeto de normalização essencialmente as tecnologias já consolidadas, atualmente tem vindo a se intensificar a normalização de tecnologias que ainda estão em desenvolvimento, justamente como estratégia de estruturar e balizar esse desenvolvimento. O que se procura é evitar situações como a que ocorreu nos mercados de videocassete nos anos 80 (VHS e Betamax). Desta maneira, a normalização passa a ter um impacto importante nos processos de inovação das empresas. Por outro lado, a tendência é de se normalizar o desempenho dos produtos e não as suas características, isto em todos os campos. Esta abordagem tem o propósito de a normalização não constranger os processos de inovação nas empresas. Um exemplo: em vez de se normalizarem tubos de aço para vasos de pressão, passa-se a normalizar recipientes para vasos de pressão. Dessa forma os materiais e formas que atenderem aos requisitos da norma são aceitáveis, estimulando o desenvolvimento tecnológico em vez de o congelar numa solução pontual;
- f) as normas passaram a ser peça central das discussões de acesso a mercados. Assim, o tema das normas é discutido no âmbito das negociações regionais, bilaterais e bi-regionais. Essas discussões tendem a reforçar o papel da normalização internacional como denominador comum para facilitar o acesso aos mercados.

Diante de tudo o que foi exposto sobre normalização, podemos concluir que:

- a certificação de sistemas e produtos deve ser procurada, como estratégia de aumentar a competitividade das empresas;
- deve haver, por parte das empresas, um monitoramento constante sobre a evolução das tecnologias, via normalização internacional. Isso permite que as empresas possam centralizar os esforços no sentido de acompanhar a tecnologia que representa o estado-da-arte no seu segmento de atuação;
- a adoção, por parte das empresas, de normas internacionais modernas, tendo o mercado mundial como referência. Dessa forma as empresas estarão mais capacitadas a novos mercados e de serem mais competitivas no mercado nacional. A título de exemplo, vale a pena mencionar que o número de normas exclusivamente nacionais, publicadas pelos principais organismos de normalização dos países desenvolvidos da Europa, não ultrapassa hoje 5%, sendo as restantes normas internacionais. A participação ativa na normalização internacional e a sua posterior adoção como normas européias ou nacionais é uma estratégia de inserção internacional que os europeus aplicaram pioneiramente, com visível sucesso (MCT, 2001);
- muito embora existam poucas empresas nacionais líderes e de porte – sejam elas privadas ou estatais – capazes de suportar economicamente a participação voluntária nos processos de confecção de normas técnicas (Plonski, 2003), é interessante que as empresas participem ativamente nos programas de trabalho dos comitês normativos. A influência que uma empresa ou um setor da economia pode exercer, por ocasião da concepção de uma norma, pode representar vantagens posteriores como a *governance* nas redes globais, ou até mesmo criar um espaço reservado para as suas *core-competences*. Uma empresa ausente deste processo será levada a ser simples seguidora de padrões tecnológicos ditados pelos atores mais ativos no contexto da normalização internacional, que tendem a ser os líderes do esforço de desenvolvimento tecnológico.

2.2.3.3 – A Avaliação da Conformidade abordada no plano empresarial

A empresa, para produzir com qualidade, precisa ter capacitação em Sistemas de Gestão da Qualidade. Os insumos que utiliza tem que ter qualidade e para isso dependem de Declarações de Procedência. Além disso, o Sistema de Gestão de Qualidade e os produtos

devem ser certificados, o que exige a participação de uma OCC – Organização Certificadora de Conformidade (Fleury, 2003).

Os testes e ensaios para verificar a qualidade dos produtos podem ser feitos pela própria empresa, se tiver laboratórios acreditados, ou podem ser feitos em outros laboratórios certificados que vendem serviços de TIB. Por sua vez, os testes e ensaios devem ser realizados de acordo com um certo procedimento. Estes procedimentos são ditados por Regulamentos Técnicos, se o produto estiver na esfera das responsabilidades do Estado, e então os regulamentos são compulsórios, ou por Normas Técnicas que são estabelecidas em outros foros e, então, o atendimento da norma é voluntária.

Vale lembrar que tanto as Normas como Regulamentos dependem essencialmente do conhecimento desenvolvido e das ferramentas disponíveis no campo da Metrologia.

Os procedimentos de avaliação da conformidade são considerados legítimos em regulamentações relacionadas à saúde, segurança e meio ambiente e, contribuem para a melhoria da produtividade e a eficiência na economia de mercado (Figueiredo, R.B., 2005).

Um das modalidades mais comuns da Avaliação da Conformidade é a submissão de amostras de um produto a ensaios no momento do seu recebimento, por parte do comprador. Por vezes, o comprador aceita os resultados de ensaios efetuados nos laboratórios do fornecedor, mas é possível que solicite que amostras dos produtos sejam ensaiados em laboratórios independentes. Este pode até solicitar que o laboratório independente tenha, por sua vez, a sua competência técnica reconhecida, caso em que exigirá que este laboratório seja acreditado.

Há ainda a possibilidade da avaliação da conformidade ser feita pela própria empresa (possibilidade remota, porém admitida em alguns casos). Este processo é conhecido por Declaração de Conformidade pelo Fornecedor (*Supplier Declaration of Conformity*) – DCF (Carvalho, 2003).

A acreditação de laboratórios de ensaios surge, portanto, para agregar valor aos resultados dos ensaios. No Brasil, a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) reúne os laboratórios de ensaios acreditados.

Outra modalidade muito utilizada da Avaliação da Conformidade é a Certificação da Conformidade. Esta consiste no ato de uma entidade independente, dita de terceira parte, atestar que um produto, processo ou serviço cumpre os requisitos de uma Norma Técnica ou de um Regulamento Técnico. Desta maneira, em vez de múltiplos exames da conformidade,

ensaios, inspeções e auditorias conduzidos por tantos quantos forem os seus clientes, o fornecedor tem a conformidade do seu produto, processo ou serviço verificada e atestada publicamente de uma só vez por um único organismo reconhecido pelos agentes econômicos. Da mesma forma, os organismos de certificação devem ter a sua competência técnica reconhecida mediante acreditação, no caso do Brasil, pelo Inmetro. Assim, a atuação dos Organismos de Certificação Credenciados (OCC), segue um conjunto de normas e procedimentos definidos.

Como já visto neste trabalho, há vários mecanismos de avaliação da conformidade disponíveis para as empresas, no Brasil. Discorrendo com mais detalhes sobre eles e a forma como as empresas podem e fazem para utilizá-los, temos:

a) Certificação de Produtos, Processos ou Serviços

Dependendo do produto, do processo produtivo, das características da matéria-prima, de aspectos econômicos e do nível de confiança necessário, entre outros fatores, determina-se o modelo de certificação a ser utilizado. Há oito modelos disponíveis e cada qual com uma determinada característica sobre os tipos de ensaios a serem realizados, de onde se colhe as amostras (fabricante ou comércio), existência de auditorias periódicas, entre outros aspectos.

b) Certificação de Sistemas de Gestão

É aquela que atesta a conformidade do modelo de gestão das empresas em relação a requisitos normativos. Os sistemas clássicos são os sistemas de gestão da qualidade, certificados com base em critérios estabelecidos pela norma NBR ISO 9001 e os sistemas de gestão ambiental, certificados conforme as normas da série NBR ISO 14001. Há, no entanto, outros sistemas de gestão, também passíveis de certificação, oriundos de iniciativas setoriais, como os sistemas baseados em normas do setor automobilístico ou de telecomunicações.

c) Certificação de Pessoal

A certificação de pessoal avalia as habilidades, os conhecimentos e as competências de algumas ocupações profissionais. No Brasil, são certificados, de forma voluntária, os inspetores de soldagem, os inspetores de ensaios não destrutivos e os auditores de sistemas de gestão da qualidade e ambiental.

d) Declaração da Conformidade pelo Fornecedor

É o processo pelo qual um fornecedor, sob condições pré-estabelecidas, dá garantia escrita de que um produto, processo ou serviço está em conformidade com requisitos especificados, ou seja, trata-se de um modelo de Avaliação da Conformidade de 1ª parte. No Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, a declaração da conformidade pelo fornecedor é um mecanismo aplicado a produtos, processos ou serviços que ofereçam de médio a baixo risco à saúde e segurança do consumidor e do meio ambiente. Trata-se de uma intervenção mais branda e menos onerosa nas relações de consumo, já que a interferência externa (da terceira parte) é eliminada. O conteúdo mínimo que deve constar na declaração é estabelecido conforme a norma ISO 17050.

e) Inspeção

É definida como: “Avaliação da Conformidade pela observação e julgamento, acompanhada, conforme apropriado, por medições, ensaios ou uso de calibres”. É um mecanismo muito utilizado para avaliar serviços, após sua execução. No Brasil, as questões ligadas à segurança veicular, em particular aquelas que implicam em alterações das características originais dos veículos, utilizam largamente os Programas de Avaliação da Conformidade que lançam mão do mecanismo de inspeção.

f) Etiquetagem

Trata-se de um mecanismo em que, através de ensaios, é determinada e informada ao consumidor uma característica do produto, especialmente relacionada ao seu desempenho. O uso da etiqueta para destacar o desempenho de produtos vem sendo cada vez mais freqüente, sendo um poderoso mecanismo de conscientização dos consumidores. No Brasil, a etiquetagem tem se destacado como instrumento para redução do consumo de energia elétrica em eletrodomésticos da chamada linha branca (refrigeradores, congeladores, etc.).

g) Ensaio

Consiste na determinação de uma ou mais características de uma amostra do produto, processo ou serviço. É a modalidade de avaliação mais utilizada, porque, normalmente, está

associada a outros mecanismos de avaliação da conformidade, sobretudo à inspeção e à certificação.

A empresa que tenha decidido certificar seu produto necessita contatar um organismo certificador acreditado e efetuar a escolha do modelo de certificação adequado às suas pretensões, entre os permitidos pela regra específica de certificação. Em linhas gerais um processo de certificação de produtos ocorre em cinco fases, com as seguintes atividades por parte da empresa e do organismo certificador:

Fase 1: Solicitação da Certificação

- Escolha do Organismo Acreditado de Certificação e envio da solicitação de certificação;
- Encaminhamento da documentação do Sistema de Gestão da Qualidade para avaliação pelo Organismo Acreditado de Certificação;
- Definição das normas técnicas aplicáveis ao produto em questão;
- Definição do modelo de certificação.

Fase 2: Análise do Processo pelo Organismo Acreditado de Certificação

- Análise da documentação pelo Organismo Acreditado de Certificação;
- Emissão, caso exista, dos Relatórios de Não Conformidade da documentação.

Fase 3: Auditoria, Ensaios e Emissão de Relatórios

- Planejamento e realização da Auditoria na empresa solicitante pelo Organismo Acreditado de Certificação, envolvendo:
 - . controle de processo dos produtos;
 - . calibração dos equipamentos utilizados no processo produtivo;
 - . inspeção de processo e inspeção final;
 - . registros da qualidade referentes aos ensaios de rotina;
 - . meios utilizados no tratamento de não-conformidades de produtos.
- Emissão, caso existam, dos Relatórios de Não-Conformidade da auditoria;
- Definição e implementação das ações corretivas;

Fase 4: Concessão do Certificado

- Encaminhamento da recomendação de certificação para a comissão de certificação do Organismo Acreditado de Certificação;
- Emissão do Certificado de Conformidade e um contrato para uso da Marca de Conformidade.

Fase 5: Acompanhamento

- Desenvolvimento de ações de acompanhamento e controle do processo de certificação previstas no Programa de Avaliação da Conformidade do Inmetro, através de ensaios e auditorias realizadas dentro de prazos máximos estabelecidos.

Diante do exposto podemos concluir que o processo de certificação, como qualquer outro processo de avaliação da conformidade sistematizado, não é pontual, contemplando a certificação inicial e as ações de acompanhamento e controle, que irão definir quanto a permanência ou não da licença para o uso do selo de identificação da conformidade.

A lógica e a transparência de um sistema de certificação é condição indispensável para o reconhecimento mútuo das atividades dele decorrentes, entre os países. Destaque-se que o reconhecimento mútuo permite que atividades usadas para a emissão de certificados por organismos de certificação de um país possam ser aceitas por organismos de certificação em outro, ampliando, assim, o significado do estímulo dessa função da TIB.

Nesse contexto, prosseguindo no rastro da confiabilidade, o órgão acreditador de um país tem que ter reconhecimento internacional formal, isto é, ser aceito por seus pares como confiável, devendo para tanto submeter-se a auditorias técnicas regulares. O reconhecimento internacional é, portanto, a etapa mais avançada do processo de qualidade, digamos, globalizado e, se essa etapa não se concretizar, o produto a ser exportado terá, necessariamente, que ser submetido a ensaios de qualidade antes de qualquer transação comercial com empresa de outro país. Tais exames são, em geral, exigidos pela empresa importadora.

Os processos de reconhecimento são realizados, atualmente, por órgãos internacionais que coordenam os processos de auditoria e acordos multilaterais, merecendo destaque o ILAC (*International Laboratory Accreditation Co-operation*) e o IAF (*International Accreditation Fórum*).

Abordamos portanto, pela ordem:

- a) Normas ou regulamentos técnicos;
- b) Procedimentos de avaliação da conformidade;
- c) Organismos certificadores;
- d) Laboratórios de ensaios;
- e) Órgãos acreditadores e
- f) Órgãos internacionais de reconhecimento.

Em função de tudo o que foi colocado podemos concluir que, no contexto da globalização das relações econômicas, a certificação da conformidade teve a sua importância aumentada, tornando-se uma condição indispensável para o comércio internacional. Para as empresas que investem no desenvolvimento de produtos, a função avaliação da conformidade deve ser considerada para que seus produtos possam atender não somente a requisitos definidos em regulamentos e normas, mas também procurar exceder as expectativas do consumidor, tendo assim produtos competitivos no mercado global.

As empresas industriais e de serviços que buscam a garantia da conformidade de seus produtos, processos e serviços, dela se beneficiam, tanto pelo aspecto mercadológico como pelo aumento de competitividade, através da redução de custos e de desperdícios.

Muito embora a certificação de sistemas da qualidade (ISO 9000) e a certificação de sistemas de gestão ambiental (ISO 14000) tenham evoluído ao longo dos últimos anos no Brasil, a certificação de produtos e processos ainda é incipiente, representando uma vulnerabilidade das empresas nacionais com relação à competitividade.

CAPÍTULO 3

CAPACIDADE EM TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA

Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento de um referencial analítico de capacitação em TIB voltado para empresas do setor metal-mecânico – unidade de análise deste trabalho de pesquisa.

3.1 – Considerações Iniciais

A necessidade de se criar um referencial analítico que permitisse avaliar o nível de capacidade em TIB de uma empresa surgiu a partir da constatação da não existência de referências na literatura especializada.

Sem o qual torna-se mais difícil a tarefa de se criar um modelo conceitual de pesquisa que relacione os temas TIB e capacidade tecnológica e a partir daí então extrair variáveis e indicadores.

A partir de uma série de informações encontradas na literatura sobre metrologia, normalização e avaliação da conformidade, este autor as reuniu e propôs um referencial que serve para avaliar os níveis de capacidade em TIB das empresas e também revelar os processos e os mecanismos de aprendizagem para a formação e acumulação dessas capacidades.

3.1.1 – Premissas básicas consideradas

Para a elaboração desse referencial analítico foram consideradas as seguintes premissas:

- ter uma perspectiva evolucionista. Essa perspectiva leva em conta que a acumulação das competências se processa das categorias mais simples para as mais complexas, caracterizando assim diversos níveis de capacidade, sendo considerada a mais apropriada para empresas em economias emergentes de industrialização tardia. Foram considerados 6 níveis de capacidade: primário, básico, extra-básico, intermediário, intermediário superior e avançado.

- a caracterização das capacidades em TIB em três perfis distintos: metrológico, normativo e de avaliação da conformidade.

3.2 – Desenvolvimento do Modelo Proposto

3.2.1 – Levantamento do perfil metrológico

Nível de capacidade – **Primário**:

Nesse nível, a empresa é considerada como iniciante no seu negócio. Empresas em economias emergentes, ou de industrialização tardia, geralmente iniciam em condição de não-competitividade no mercado mundial. Elas estão na chamada fase de “infância industrial” e ao iniciarem as suas atividades muitas vezes não dispõem sequer das capacidades tecnológicas básicas. Para se tornarem competitivas, elas têm que se engajar em um processo de aprendizagem para construir e acumular suas capacidades tecnológicas.

Em termos metrológicos, nesse nível de competência considerado, as empresas se caracterizam por:

- realizar medições de baixa complexidade utilizando-se de instrumentos simples e convencionais, por vezes até inadequados às medições em questão e não rastreados a padrões nacionais e/ou internacionais;
- ausência de procedimentos metrológicos padronizados;
- realizar medições em ambientes inapropriados e não controlados;
- ausência de treinamentos internos e/ou externos na área metrológica.

As medições são realizadas, mas não existe confiabilidade metrológica com relação aos valores obtidos. Nesse estágio a empresa ainda não conhece e não faz uso de nenhuma técnica de comprovação metrológica.

Nível de capacidade – **Básico**:

Já nesse nível, a empresa implanta e conquista a certificação do seu Sistema de Gestão da Qualidade segundo a norma ISO 9001. Para tanto ela teve que aprender a tratar com as questões metrológicas exigidas no item 7.6 da ISO 9001 e também da ISO 10012 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição: Sistema de comprovação metrológica para equipamento de medição e diretrizes para controle de processos de medição.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- identificar as medições a serem realizadas e a capacidade requerida de cada medida;
- determinar a incerteza de medição de cada instrumento;
- adquirir instrumentos/padrões apropriados;
- qualificar fornecedores de instrumentos/padrões;
- definir as condições ambientais ideais para as medições bem como as correções necessárias;
- treinar os técnicos de metrologia;
- estabelecer procedimentos padronizados de medição;
- definir a frequência de calibração dos instrumentos de medição;
- qualificar os fornecedores de calibração;
- definir os critérios de aceitabilidade de cada instrumento/padrão;
- realizar a calibração, registrar os resultados e avaliar os resultados contra os critérios de aceitabilidade.

Nível de capacidade – Extradomínio:

Uma vez que os elementos básicos da norma ISO 9001 estejam devidamente consolidados e incorporados ao dia-a-dia da empresa, torna-se possível para a empresa avançar em direção a fornecimentos mais específicos e complexos, cumprindo com requisitos mais rígidos de normas de segunda geração.

Nesse nível de capacidade a empresa se especializa em fornecimentos específicos para um determinado segmento de mercado, de característica técnica complexa e onde a qualidade certificada é requerida; conseguindo atendê-lo mediante o cumprimento de requisitos mais

severos em relação àqueles estabelecidos pela ISO 9001. É o caso, por exemplo, do atendimento ao setor automobilístico, onde faz-se necessário o conhecimento da norma TS 16949 (QS 9000).

No atendimento à essa norma, o foco da metrologia reside na avaliação da qualidade de um sistema de medição, através do uso do manual MSA - *Measurement Systems Analysis*, que faz parte dos manuais relacionados pela norma específica do setor.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- identificar as propriedades estatísticas mais importantes para o uso dos dados;
- implantar técnicas estatísticas;
- analisar o comportamento do sistema de medição através das técnicas de MSA;
- verificar a adequação ao uso dos instrumentos de medição.

Nível de capacidade – Intermediário:

Estando a empresa já capacitada para o atendimento de requisitos metrológicos rígidos e específicos, nesse estágio ela tem plenas condições técnicas de assumir uma nova responsabilidade que é a de criar um laboratório de metrologia acreditado pelo Inmetro, pertencente à Rede Brasileira de Calibração (RBC), podendo ou não prestar serviços externos de calibração de instrumentos.

A Volkswagen do Brasil, a Mitutoyo Sul Americana, a CIA Siderúrgica de Tubarão, a Siemens do Brasil S/A, a Sharp do Brasil S/A, a Asea Brown Boveri Service LTDA, a Starret Ind. e Com. LTDA e a Usiminas são apenas alguns poucos exemplos de empresas que seguiram essa opção.

Para tanto a empresa terá que implantar a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

Esta norma é mais abrangente que a ISO 9001, de tal forma que um laboratório que opera somente com os requisitos da ISO 9001 por si só não demonstra a competência do laboratório para produzir dados e resultados tecnicamente válidos. No entanto os laboratórios de calibração e ensaio que atendem à ISO 17025, operam também de acordo com a ISO 9001.

Para a acreditação do laboratório, a empresa teve que aprender a tratar com os itens estabelecidos na seção 5 da ISO 17025, que especifica os requisitos para a competência técnica nos serviços de calibrações que o laboratório realiza. Portanto ela passa a acumular mais algumas competências metrológicas, através dos seguintes mecanismos de aprendizagens:

- criar uma política de treinamento em metrologia para os técnicos do laboratório;
- monitorar as condições ambientais, por ex., a esterilidade biológica, poeira, distúrbios eletromagnéticos, radiação, umidade, alimentação elétrica, temperatura e níveis sonoro e de vibração, conforme apropriado para as atividades em questão;
- validar métodos de calibração;
- estimar incertezas de medição do sistema;
- estabelecer programas de calibração dos instrumentos e padrões do laboratório com rastreabilidade a padrões primários do Inmetro ou internacionais;
- estabelecer procedimentos padronizados de calibração;
- estabelecer procedimentos para o transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção e/ou remoção dos itens de calibração;
- estabelecer procedimentos de controle da qualidade para monitorar a validade das calibrações realizadas;
- participar de programas de comparações interlaboratoriais;
- realizar auditorias internas a intervalos periódicos.

Nível de capacidade – Intermediário Superior:

Nesse estágio a empresa já consolidou todos os seus processos e passa a ter o foco na automação dos mesmos. A empresa procura automatizar a sua área metrológica, quando cabível, tanto em medições na linha produtiva como em calibrações de seus instrumentos e padrões.

Nesse nível de competência uma empresa do setor metal-mecânico passa a utilizar máquinas de medição de coordenadas (MMC) com sistemas multisensoriais flexíveis de alta velocidade de resposta para dimensionamentos tridimensionais complexos. A flexibilidade de uma MMC pode substituir diversos dispositivos de controle, permitindo o dimensionamento

geométrico, a digitalização para engenharia reversa, a análise de perfis e a comparação de superfícies. A integração de uma MMC com o centro de usinagem, além de permitir a automação de resultados, melhora a performance no equipamento de medição e contribui para uma redução substancial no tempo de inspeção.

A adição de uma MMC à uma célula flexível de manufatura não deve ser vista apenas sob os aspectos de comunicação e sincronismo de atividades. O que se espera de uma MMC é a informação rápida e precisa com um sistema de retroalimentação que transmite os dados obtidos na medição por coordenadas para o centro de usinagem, corrigindo a programação e melhorando a exatidão do produto.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- interagir com fornecedores para o desenvolvimento de projetos de automação/integração de máquinas de medir ao centro de usinagem;
- apresentar atividades de P&D para o desenvolvimento de *softwares* de medição;
- visitar fábricas automatizadas no Brasil ou exterior;
- participar em Congressos/Seminários na área de metrologia.

Nível de capacidade – **Avançado**:

Nesse nível a empresa passa a desenvolver processos especiais de medição para novas tecnologias, utilizando equipamentos de medição de última geração. Conforme Vás (2005), a tendência da metrologia, na área dimensional, é avançar nas pesquisas em torno da nanometria. Atualmente estão em desenvolvimento no Japão, as máquinas de medir mais exatas do mundo com resolução nanométrica, automáticas, com velocidade de medição de 200 mm/s e aceleração de até 1000 mm/s². São exemplos de novas tecnologias: nanousinagem, nanoeletrônica, biomecânica, ciência dos materiais/novos desenvolvimentos e as nanopartículas. Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- interagir com universidades nacionais/internacionais para o desenvolvimento de novas tecnologias de medição;

- interagir com fornecedores para o desenvolvimento de projetos de equipamentos de medição de última geração;
- apresentar atividades de P&D para o estabelecimento de novos sistemas de medição.

No **Quadro 3.1** sintetizamos o perfil metrológico de uma empresa, conforme as características acima detalhadas.

Nível de capacidade	Função: Metrologia
Primário	Medições de baixa complexidade técnica, realizadas sem procedimentos padronizados, em ambientes não controlados e utilizando-se de instrumentos não rastreados a padrões de medidas nacionais e/ou internacionais. Ausência de confiabilidade metrológica.
Básico	Medições realizadas com procedimentos padronizados, em ambiente controlado, por técnicos treinados, utilizando-se de instrumentos/sistemas de medição calibrados periodicamente frente a padrões nacionais/internacionais adequados e considerados como aceitos frente aos critérios de aceitabilidade definidos previamente. Atendimento ao item 7.6 da norma ISO 9001.
Extrabásico	Utilização da metodologia MSA (Análise do Sistema de Medição) para proporcionar o aumento de confiança nas leituras obtidas e verificação de adequação ao uso dos instrumentos de medir, através de técnicas estatísticas.
Intermediário	Criação de um laboratório de metrologia acreditado, com possibilidade de prestar serviços externos, pertencente à Rede Brasileira de Calibração.
Interm. Superior	Automação de equipamentos de medição, tanto na linha de produção como no laboratório de metrologia.
Avançado	Desenvolvimento de procedimentos de medição para novas tecnologias utilizando equipamentos de medição de última geração. Ex.: nanousinagem, biomecânica, ciência dos materiais/novos desenvolvimentos, nanoeletrônica, etc.

Quadro 3.1 – Perfil metrológico de uma empresa

Fonte: elaboração própria

Em termos dos principais processos de aprendizagem, para se atingir as capacidades descritas acima, estamos relacionando-os no **Quadro 3.2**. Entendemos aqui por processos de aprendizagem tecnológica os vários processos pelos quais as pessoas e, por meio delas, as organizações adquirem aptidões e conhecimentos técnicos (Bell, 1984). Para este trabalho estamos considerando, para os processos de aprendizagem, o modelo proposto por Figueiredo (2003), que desagrega a aprendizagem em processos de aquisição de conhecimentos e

processos de conversão de conhecimentos. Os primeiros são ainda desagregados em externos e internos e os últimos em socialização e codificação do saber.

Estão indicados também os mecanismos de aprendizagem e os estágios onde eles ocorrem. Para efeito de interpretação da tabela: P = nível primário; B = nível básico; E = nível extrabásico; I = nível intermediário; IS = nível intermediário superior e A = nível avançado.

PROCESSOS E MECANISMOS DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA	Estágio
Aquisição externa do conhecimento	
1. TREINAMENTO EXTERNO (<i>learning by training</i>)	
. Incertezas de medição	P → B
. Técnicas estatísticas	P → B
. Operação dos equipamentos de medição	P → B
. Metodologia MSA	B → E
. Calibração de instrumentos	P → B
2. INTERAÇÃO COM FORNECEDORES (<i>learning by interacting</i>)	
. Aquisição de instrumentos/padrões	P → B
. Desenvolvimento de projetos de automação de equipamentos de medir	I → IS
. Desenvolvimento de projetos de equipamentos de medição de última geração	IS → A
3. INTERAÇÃO COM O INMETRO (<i>learning by interacting</i>)	
. Determinação das incertezas de medição	E → I
. Comparações interlaboratoriais	E → I
. Definição das condições ambientais dos labs. de metrologia e de ensaios	E → I
4. INTERAÇÃO COM UNIV. / INST. DE PESQ. (<i>learning by advances in science and technology</i>)	
. Desenvolvimento de novas tecnologias de medição	IS → A
. Cursos de pós-graduação em metrologia	B → E
. Respostas técnicas a problemas metrológicos	B → E
5. CONTRATAÇÃO DE ESPECIALISTAS (<i>learning by hiring</i>)	
. Desenvolvimento de competências em metrologia através de consultores externos	P → B
. Definição de critérios de aceitabilidade de instrumentos de medição	P → B
. Identificar as técnicas estatísticas apropriadas para o uso dos dados	B → E
6. CONGRESSOS E SEMINÁRIOS (<i>learning by interacting</i>)	
. Participação em Congressos/Seminários nacionais e internacionais de metrologia	I → IS
Aquisição interna do conhecimento	
1. TREINAMENTO INTERNO DOS FUNCIONÁRIOS (<i>learning by training</i>)	
. Treinamentos “ <i>on the job</i> ” relativos à metrologia: medições e calibrações	P → B
2. ATIV. DE ROTINA, MECANISMOS DO TIPO “APRENDER-FAZENDO” (<i>learning by doing</i>)	
. Desenvolvimento de metodologias de medição	P → B
. Implantação de técnicas estatísticas	B → E
. Desenvolvimento e validação de metodologias de calibração	E → I
. Validação de <i>softwares</i> de medição	E → I
. Controle da qualidade para monitorar a validade das calibrações	E → I
3. ATIVIDADES DE P&D (<i>learning by searching</i>)	
. Desenvolvimento de softwares de medição	I → IS
. Desenvolvimento de novos sistemas de medição (estado-da-arte)	IS → A
. Aprimoramento contínuo das atividades metrológicas	I → IS

Continua.

Socialização do conhecimento	
1. SOLUÇÃO COMPARTILHADA DE PROBLEMAS	
. Comitê da Qualidade	P → B
. Análises e decisões acerca do comportamento do sistema de medição	B → E
. Definições de projeto para implantação de lab. acreditado pelo Inmetro	E → I
. Definições das metodologias de validação dos métodos de calibração	E → I
. Estabelecer programas de treinamentos em metrologia	E → I
. Estabelecer programas de calibrações dos instrumentos de medição e padrões	E → I
2. VISITAS A FÁBRICAS NO BRASIL OU EXTERIOR	
. Visitas a fábricas e/ou laboratórios automatizados no Brasil ou exterior	I → IS
Codificação do conhecimento	
1. ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	
. Qualificação de fornecedores de: instrumentos/padrões e de calibração	P → B
. Medições	P → B
. Frequência de calibração dos instrumentos de medição	P → B
. Critérios de aceitabilidade de instrumentos e/ou padrões	P → B
. Adequação ao uso dos instrumentos de medição	B → E
. Política de treinamento em metrologia para os técnicos da área	E → I
. Cálculos de incertezas de medição	E → I
. Calibrações	E → I
. Transporte, recebimento, manuseio, proteção e armazenamento de itens de calibração	E → I
. Monitoramento das condições ambientais do laboratório de metrologia	E → I
2. PATENTEAMENTO	
. Depósitos de patentes no Brasil e no exterior	IS → A

Quadro 3.2 – Processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil metrológico

Fonte: elaboração própria

3.2.2 – Levantamento do perfil normativo

Nível de capacidade – Primário:

Como já comentado, esse nível de capacitação é caracterizado pela chamada fase de “infância industrial” e as empresas ainda estão em fase de estruturação e início de formação de suas capacitações tecnológicas. Em termos normativos, nesse nível de capacitação considerado, as empresas se caracterizam pelas seguintes ações:

- ausência de infra-estrutura de apoio à utilização de normas técnicas;
- não utilização voluntária de normas técnicas;
- inexistência de acervo de normas e/ou regulamentos técnicos;
- eventual utilização apenas de normas técnicas de características de produtos;
- ausência de interação com a ABNT e outros órgãos oficiais para a aquisição de normas.

Nível de capacidade – Básico:

Nesse nível a empresa já começa a dar os seus primeiros passos em direção à utilização de normas técnicas para o enquadramento de seus produtos e também para a certificação de seus sistemas. A empresa inicia com a utilização de normas de 1ª geração (as chamadas normas genéricas). No nível dessa competência, a empresa conquista a certificação de seu Sistema de Gestão da Qualidade segundo a norma NBR ISO 9001 e incorpora ao seu dia-a-dia um mecanismo de controle e atualização do seu acervo de normas técnicas. Esse mecanismo deve possibilitar o controle do acervo de normas da empresa, bem como pesquisar o catálogo de normas técnicas nacionais e regionais com a finalidade de aquisição das mesmas.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- utilizar voluntariamente as normas de 1ª geração (por ex. a ISO 9001) e a cumprir com todos os requisitos da mesma;
- utilizar as normas técnicas relativas à performance de seus produtos;
- constituir um acervo técnico de normas e/ou regulamentos técnicos.

Nível de capacidade – Extradomínio:

Com a acumulação de capacidades e a certificação de seu Sistema de Gestão da Qualidade, a empresa passa a ter condições de fornecer para setores específicos. Nesse contexto ela é obrigada a utilizar normas de 2ª geração (setor específico) e de 3ª geração (normas de empresa). Como exemplos temos a TS 16949 (antiga QS 9000) para o setor automotivo, a AS 9000 para o setor aeroespacial, a TS 22000 para o setor de alimentos, normas Petrobrás, normas Daimler Chrysler, entre tantas outras. Nos casos específicos da AS 9000 e QS 9000 (incorporada pela TS 16949) elas contêm a ISO 9000 na sua integridade e mais requisitos específicos adicionais dos setores aos quais se aplicam, conforme Nadvi & Wältring (2002).

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- conhecer e utilizar normas de setores específicos, de grande influência em setores técnicos complexos específicos, como por exemplo a TS 16949, de grande utilização no setor automobilístico metal-mecânico;
- conhecer e aplicar as seguintes técnicas, entre outras:
 - (i) FMEA: Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial;
 - (ii) APQP¹⁰: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle;
 - (iii) PPAP¹¹: Processo de Aprovação de Peça de Produção.
- Conhecer e utilizar a norma ISO 17050, no caso da empresa optar pela Declaração de Conformidade pelo Fornecedor para alguns de seus produtos.

Nível de capacidade – Intermediário:

Nesse nível de capacitação a empresa já consolidou a utilização das normas de 2ª e 3ª gerações e passa a adotar voluntariamente a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Com ela surge a necessidade de se implantar, também, todas as normas específicas do Inmetro que tratam sobre o tema e que são objeto de auditorias periódicas por parte dessa entidade. A implantação dessa norma marca o início do relacionamento da empresa com o Inmetro.

Para tanto, a empresa teve que aprender a tratar, também, com os itens estabelecidos na seção 4 da ISO 17025, que especifica os requisitos para um gerenciamento sólido nas suas atividades laboratoriais. Além disso, passa também a utilizar de forma antecipada, voluntariamente, as normas técnicas internacionais pertinentes aos seus produtos e/ou serviços, tendo o mercado mundial como referência.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- implantar um sistema de gestão para o laboratório conforme a ISO 17025;

¹⁰ Manual estabelecido pelas montadoras de veículos GM, Chrysler e Ford e que fornece diretrizes projetadas para desenvolver um plano de qualidade que dê suporte ao desenvolvimento de um produto ou serviço, visando atender aos requisitos do cliente.

¹¹ Manual que tem como propósito determinar se todos os registros de projeto de engenharia e requisitos de especificação do cliente são corretamente compreendidos pelo fornecedor e que o processo tem o potencial para produzir produtos que satisfazem de forma constante estas exigências durante um período de produção real à uma taxa de produção cotada. Define requisitos genéricos para a aprovação de peças de produção.

- estabelecer procedimentos para aquisição de suprimentos e de avaliação de fornecedores;
- aprimorar continuamente a eficácia do seu sistema de gestão por meio do uso da política da qualidade específica para o laboratório;
- estabelecer mecanismos de antecipação a requisitos normativos.

Nível de capacidade – Intermediário Superior:

Esse nível de competência se caracteriza, sob o ponto de vista normativo, pela capacidade da empresa em disseminar a abordagem de sistemas de gestão para as áreas ambiental e social – como por exemplo o Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14000), o Sistema de Gestão para Segurança e Saúde Ocupacional (OHSAS 18001), Sistema de Gestão da Responsabilidade Social (NBR 16001), entre outros.

Nesta tese estamos enfatizando, nesse nível de capacitação, a ISO 14000 – Sistemas de Gestão Ambiental, pelo crescimento em importância que os aspectos ambientais assumem hoje em dia e pelo crescente número de certificações.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- conhecer e utilizar normas de caráter ambiental e/ou social, como a ISO 14001, OHSAS 18001 e a NBR 16001;
- estabelecer um mecanismo para se antecipar e se preparar para novos requisitos ambientais legais, conforme recomenda o item 4.3.2 da norma ISO 14001;
- apresentar um Sistema de Gestão Ambiental conforme a ISO 14001;

Como consequência, a empresa agrega novas capacitações que permitem:

- melhorar os seus processos de produção, através de:
 - (i) sistemas de gestão ambiental (ISO 14001 e 14004);
 - (ii) auditorias ambientais (Série ISO 14010);
 - (iii) avaliação do desempenho ambiental (Série ISO 14030).

- melhorar o projeto e desenvolvimento de seus produtos, através de:
 - (i) avaliação de ciclo de vida (Série ISO 14040);
 - (ii) *Ecodesign* (ISO TR 14062);
 - (iii) rotulagem ambiental (Série ISO 14020).

A Sadia, a Cia. Sid. de Tubarão, a Votorantim Celulose e Papel, a Cia Energética Santa Elisa, a Petrobrás, a Onix Sasa, a Plantar Reflorestamento e a Nova Gerar Ecoenergia são alguns exemplos de empresas que apresentam estratégias visando à redução de gases de efeito estufa, utilizando-se do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e outros mecanismos de mercado, configurando assim um empreendedorismo sustentável e um ambientalismo de resultados, conforme Marcovitch (2006).

Segundo Lemos (2007), apenas como exemplo de benefícios que a ISO 14000 proporcionou para uma empresa do setor metal-mecânico, podemos citar o caso da Mahle Metal Leve que implantou Sistemas de Gestão Ambiental em suas nove unidades brasileiras, obtendo:

- redução das emissões de CO₂ em 118 m³/ano na atmosfera, através da utilização de ar comprimido na usinagem dos eixos de comando;
- redução do lançamento de 3 ton/ano de níquel para reuso em processos galvânicos;
- redução de 3% no consumo de água e energia elétrica;
- ganhos anuais de cerca de R\$ 1 milhão desde 2000.

De acordo com Vasconcelos (2007), através da compilação dos dados do documento lançado pelo MCT/Finep e CNI/IEL (2006) – *Brasil Inovador. O Desafio Empreendedor – 40 histórias de sucesso de empresas que investem em inovação*, podemos chegar a algumas conclusões interessantes. São elas:

- em 33% das empresas amostradas, a inovação de produtos ou processos foi motivada por aspectos ambientais ou teve sua inclusão como principal característica da inovação;
- em 17% das empresas amostradas, mencionam-se melhorias nos aspectos ambientais, com redução de impactos ambientais, seja na fase de produção e/ou uso do produto, advindos da inovação tecnológica no produto ou no processo;

- em 8% dos casos, há aspectos ambientais, com redução de impactos ambientais seja na fase de produção e/ou uso do produto, advindos da inovação tecnológica no produto ou no processo, mas não são sequer focados ou valorizados pelas empresas inovadoras;
- em quase 60% dos casos amostrados de empresas que aumentaram de forma significativa a produtividade, lucratividade e competitividade há, direta ou indiretamente, aspectos ambientais positivos envolvidos, geradores de benefícios ambientais passíveis de identificação e quantificação. Nesses, em pouco mais da metade, aspectos e ganhos ambientais foram legitimados/validados pelo mecanismo de patente, uma vez que caracterizaram a inovação. No restante, não há o uso de nenhum mecanismo de reconhecimento e validação de aspectos ambientais positivos geradores de benefícios ambientais de alcance até global. Esse mecanismo pode vir a ser uma norma técnica, no futuro;
- os aspectos e benefícios ambientais, associados a produtos e seus processos, serão cada vez mais parâmetros de inovação em produtos e processos e objetos de reconhecimento e validação por patentes ou normas técnicas.

Isso tudo demonstra a preocupação que as empresas, em especial as consideradas inovadoras, têm atualmente com os aspectos pertinentes às questões ambientais. Portanto não podemos deixar de considerar a gestão ambiental como um quesito a ser levado em conta na acumulação das capacitações tecnológicas de uma empresa.

Nível de capacidade – Avançado:

Esse nível é caracterizado como sendo o mais alto que uma empresa pode conquistar, apresentando as seguintes competências no âmbito normativo:

- participar e influenciar tecnologicamente junto aos Comitês Normativos (da ISO, IEC ou ITU) para que a sua tecnologia torne-se um padrão global, com condição de acesso aos mercados em geral;
- criar espaço reservado para as suas “*core-competences*”, protegendo-as de possíveis avanços locais em suas operações internacionais;
- participar na criação de normas ambientais e sociais.

Um exemplo de empresa que seguiu uma linha evolutiva de capacidade normativa é a Embraer S.A.. Se analisarmos a trajetória normativa dessa empresa ao longo dos últimos 40 anos, notaremos uma linha de coerência entre os tipos de normas e a utilização temporal das mesmas, conforme abordado por Nadvi & Wältring (2002) e o modelo proposto nesta tese.

De acordo com Villela (2005), da década de 1970 até o final dos anos 80's, basicamente a empresa se utilizou das normas da OTAN – AQAP-1 (*Allied Quality Assurance*) – Controle da Qualidade e também da MIL-Q-9858 – Requisitos do Programa da Qualidade, uma das primeiras normas da qualidade que surgiu nos Estados Unidos para aplicação na área militar. Essa fase inicial caracterizou-se simplesmente como de controle da qualidade.

Já nos anos 90's a empresa passou a usar a ISO 9001:1994, a AS 9000, a D1-9000 Boeing: Sistema Avançado da Qualidade e a CQAR – McDonnell Douglas, ou seja, normas genéricas, específicas do setor aeroespacial e de empresas. Essa fase se caracterizou como sendo de garantia da qualidade.

E nesses últimos anos a empresa obteve a certificação segundo a ISO 14001, a OHSAS 18001, a ISO 9001:2000, a AS 9100:2000, a SA 8000 que trata dos requisitos referentes às práticas sociais do emprego por fabricantes e seus fornecedores (em toda a cadeia de fornecimento) e a ISO 17799 que abrange a área de segurança da informação. Essa última fase pode ser caracterizada como de gerenciamento de todos esses sistemas normativos.

No **Quadro 3.3** sintetizamos o perfil normativo de uma empresa, conforme as características acima detalhadas.

Nível de capacidade	Função: Normalização
Primário	Ausência de infra-estrutura de apoio à utilização de normas técnicas na empresa; não utilização voluntária de normas; inexistência de acervo de normas e/ou regulamentos técnicos; eventual utilização somente de normas técnicas de características de produtos.
Básico	Capacidade para utilização voluntária de normas de 1ª geração (genéricas), p.ex.: ISO 9000.
Extrabásico	Capacidade para utilização das normas de 2ª geração (setor específico) e de 3ª geração (normas de empresas), de grande influência em setores técnicos complexos específicos, p.ex.: TS 16949 (QS 9000); utilização das técnicas de FMEA, APQP e PPAP; utilização da norma ISO 17050.
Intermediário	Capacidade para utilização voluntária da norma NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos para a competência de laboratórios de ensaio e calibração; Capacidade para utilização antecipada de normas técnicas internacionais para os seus produtos/processos, tendo o mercado mundial como referência.
Interm. Superior	Capacidade para utilização voluntária das normas ambientais e/ou sociais, p. ex.: ambiental ISO 14000, segurança/saúde ocupacional (OHSAS 18001), responsabilidade social (NBR 16001), entre outras.
Avançado	Capacidade para influenciar tecnicamente as instâncias de definição de políticas para normas e padrões globais; Participação efetiva no processo de normalização regional e internacional.

Quadro 3.3 – Perfil normativo de uma empresa

Fonte: elaboração própria

Os principais processos de aprendizagem utilizados para se atingir as capacidades descritas acima estão relacionados no **Quadro 3.4**. Estão listados também os principais mecanismos e os estágios onde eles ocorrem.

PROCESSOS E MECANISMOS DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA		Estágio
Aquisição externa do conhecimento		
1. TREINAMENTO EXTERNO (<i>learning by training</i>)		
. Norma ISO 9000		P → B
. Norma ISO 17025		E → I
. Norma ISO 14000		I → IS
. Técnica de FMEA, APQP e PPAP		B → E
. Norma QS 9000/TS 16949		B → E
2. INTERAÇÃO COM ÓRGÃOS NORMATIVOS E INST. DE PESQUISAS (<i>learning by interacting</i>)		
. Aquisição e atualização de normas técnicas		P → B
3. APRENDIZAGEM POR BUSCA (<i>learning by searching</i>)		
. Novos requisitos ambientais legais		I → IS
. Normas técnicas internacionais pertinentes aos produtos e/ou serviços da empresa		E → I
4. INTERAÇÃO COM OS COMITÊS NORMATIVOS (<i>learning by interacting</i>)		
. Participação nos Comitês de órgãos normativos internacionais para a edição de normas tecnológicas/ambientais/sociais		IS → A
Aquisição interna do conhecimento		
1. ATIV. DE ROTINA, MECANISMOS DO TIPO “APRENDER-FAZENDO” (<i>learning by doing</i>)		
. Constituição de mecanismo de controle e atualização do acervo de normas técnicas		P → B
. Aplicação das técnicas de FMEA, APQP e PPAP		B → E
. Atendimento à norma ISO 17050 (DCF)		B → E
. Utilização de normas técnicas internacionais para seus produtos/processos		E → I
. Cumprimento com os requisitos da ISO 9000		P → B
. Cumprimento com os requisitos da ISO 17025		E → I
. Cumprimento com os requisitos da ISO 14000		I → IS
Socialização do conhecimento		
1. SOLUÇÃO COMPARTILHADA DE PROBLEMAS (<i>learning by doing</i>)		
. Comitê da Qualidade do Sistema de Gestão do Lab. Acreditado – ISO 17025		E → I
. Comitê do Sistema de Garantia da Qualidade – ISO 9000		P → B
. Comitê do Sistema de Gestão Ambiental – ISO 14000		I → IS
Codificação do conhecimento		
1. ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E ADMINISTRATIVOS		
. Procedimento para aquisição de suprimentos e de avaliação de fornecedores		E → I
. Manual do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9000		P → B
. Manual do Sistema de Gestão do Laboratório ISO 17025		E → I
. Manual do Sistema de Gestão Ambiental ISO 14000		I → IS
. Estabelecimento de um mecanismo de antecipação a requisitos normativos		E → I

Quadro 3.4 – Processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil normativo

Fonte: elaboração própria

3.2.3 – Levantamento do perfil de avaliação da conformidade

Nível de capacidade – Primário:

Nesse nível de capacitação a empresa apenas executa testes do principal requisito a ser atendido pelo produto, não realizando nenhum ensaio para se avaliar o nível de desempenho do mesmo ao longo do tempo. A garantia é dada somente sobre falhas evidentes.

Portanto, nesse contexto, a empresa se caracteriza pela seguinte competência:

- avaliação pontual da conformidade, de 1^a parte, com verificação básica de requisitos mínimos de funcionamento de seu produto.

Nível de capacidade – Básico:

Com a conquista da certificação de seu sistema de gestão da qualidade, segundo a ISO 9001, a empresa passa a dispensar um tratamento sistêmico à avaliação da conformidade de seus produtos e processos. Esse tratamento sistêmico, que segue as premissas e requisitos da ISO 9000, adota o modelo PDCA (*Plan/Do/Check/Act*), estabelecendo ações que contemplam desde a seleção da norma técnica adequada até o acompanhamento do produto no mercado ao longo do tempo, de acordo com o Inmetro.

Segundo o *survey* disponibilizado pela ISO em seu site, com dados obtidos até dez/2005, foram contabilizadas 8533 empresas brasileiras certificadas ISO 9001.

Para conquistar esse nível de competência a empresa deve apresentar os seguintes mecanismos de aprendizagem:

- tratar sistemicamente a avaliação da conformidade, o que envolve:
 - (i) seleção da norma técnica ou regulamento técnico adequado ao seu produto;
 - (ii) coletar amostras;
 - . selecionar o laboratório responsável pelos ensaios.
 - (iii) realizar os ensaios/inspeções;
 - . verificar, validar, monitorar e inspecionar as atividades de ensaios requeridos, específicos para o produto, bem como definir os critérios para a aceitação do produto;
 - . interpretar os resultados dos ensaios/inspeções.
 - (iv) realizar auditorias no Sistema de Garantia de Qualidade do fornecedor;
 - . realizar auditorias de acompanhamento;
 - . definir sistemática de tratamento das não conformidades identificadas.
 - (v) avaliar e acompanhar o produto no mercado.

Nível de capacidade – Extrad básico:

Nesse nível a empresa já apresenta algumas capacitações que permitem orientá-la no sentido de certificar os seus produtos e/ou processos. Num primeiro momento ela tem condições de emitir a *Declaração da Conformidade pelo Fornecedor* (DCF), que é a forma mais branda, simples e menos onerosa de todos os mecanismos de avaliação da conformidade, já que a interferência externa (da terceira parte) é eliminada. Esse mecanismo, de primeira parte, oferece de médio a baixo risco à saúde e segurança do consumidor e do meio ambiente, ou seja, não é um mecanismo substituto da certificação, já que eles possuem campos de aplicação diferentes. A DCF vem sendo largamente utilizada em produtos de rápida obsolescência tecnológica.

Para conseguir o licenciamento de uso do selo de identificação da conformidade, os principais mecanismos de aprendizagem estão relacionados a:

- selecionar um laboratório acreditado;
- ensaiar o produto;
- preencher a Declaração, com conteúdo mínimo conforme o norma ISO 17050 e enviar, juntamente com os resultados dos ensaios e mais o certificado do Sistema da Qualidade (ISO 9000) para a obtenção da aprovação do Inmetro;
- ser auditado pelo Inmetro em suas instalações;
- ser auditado por um agente de terceira parte no caso da TS 16949.

É também nesse nível que a empresa conquista a certificação ISO TS 16949, no caso de fornecimentos à indústria automobilística.

Segundo o *survey* disponibilizado pela ISO em seu site, com dados obtidos até dez/2005, foram contabilizadas 480 empresas brasileiras certificadas ISO/TS 16949.

Nível de capacidade – Intermediário:

Da mesma forma que do ponto de vista metrológico foi possível a criação de um laboratório de metrologia acreditado pelo Inmetro, portanto pertencente à RBC; também pode-se considerar a criação, sob o ponto de vista de avaliação da conformidade, de um laboratório de ensaios, também acreditado pelo Inmetro e portanto pertencente à RBLE. Em

ambos os casos os mecanismos de aprendizagem são os mesmos, como já especificados no item 3.2.1 deste trabalho.

Além da criação de um laboratório pertencente à RBLE, considera-se também que a acumulação de competências já permite à empresa conseguir a certificação de seus produtos, processos ou serviços por um agente de terceira parte. Segundo o Inmetro, o processo de certificação, como qualquer outro processo de avaliação da conformidade, não é pontual, contemplando a certificação inicial e as ações de acompanhamento e controle, que irão definir quanto a permanência ou não da licença para o uso do selo de identificação da conformidade.

Já com relação à certificação de produtos, os principais mecanismos de aprendizagem relacionados, são:

- selecionar o Organismo Acreditado de Certificação (OAC);
- elaborar a documentação pertinente, incluindo-se a do Sistema de Gestão da Qualidade, para avaliação pelo OAC;
- ser auditado pelo OAC em suas instalações;
- definir e implementar ações corretivas, se existirem;
- desenvolver ações de acompanhamento e controle do processo de certificação, durante o período de vigência do instrumento contratual que concede a licença para o uso do selo de identificação da conformidade.

Nível de capacidade – Intermediário Superior:

Nesse nível a empresa reúne competências para conseguir a certificação de seu Sistema de Gestão Ambiental, segundo as normas da série ISO 14000 e/ou outras certificações segundo normas de caráter social. Como já salientado no item 3.2.2 deste trabalho, focaremos a gestão ambiental.

Um processo de identificação de não-conformidade no sistema de gestão ambiental e de tomada de ação corretiva ou preventiva auxilia a organização a operar e manter o sistema conforme pretendido. As medições, os monitoramentos e a manutenção de registros proporcionam à organização uma fonte confiável de informações sobre a operação e os resultados do sistema de gestão ambiental. Auditorias periódicas do sistema auxiliam a organização a verificar se o mesmo está projetado e operando de acordo com o planejado.

Todas essas ferramentas dão suporte à avaliação de conformidade/desempenho, conforme o item 4.5 da norma ISO 14001.

Portanto, os principais mecanismos de aprendizagem relacionadas com a certificação do sistema de gestão ambiental, são:

- medir e monitorar os aspectos ambientais identificados como significativos;
- treinar funcionários cujo trabalho esteja relacionado a aspectos ambientais significativos;
- estabelecer procedimento para a avaliação do atendimento a requisitos legais, periodicamente;
- determinar os registros requeridos para gerenciar eficazmente as questões ambientais;
- realizar auditorias internas a intervalos planejados;
- ser auditado pela entidade certificadora periodicamente.

Segundo o *survey* disponibilizado pela ISO em seu site, com dados obtidos até dez/2005, foram contabilizadas 2061 empresas brasileiras certificadas ISO 14001.

Nível de capacidade – **Avançado**:

Sendo esse o nível mais alto que uma empresa pode conquistar, sob o ponto de vista de avaliação da conformidade ela obtém a certificação de seus sistemas, produtos e/ou serviços que estejam na fronteira tecnológica internacional. Como competência tecnológica consideramos a capacidade de influenciar tecnicamente e interagir com o Inmetro no auxílio às questões ligadas à atividade de avaliação da conformidade junto ao Comitê da ISO – *Conformity Assesment Commitee* – ISO/Casco.

No **Quadro 3.5** sintetizamos o perfil de avaliação da conformidade de uma empresa, conforme as características acima detalhadas.

Nível de capacidade	Função: Avaliação da Conformidade
Primário	Avaliação pontual da conformidade, de 1ª parte, com teste de funcionamento apenas do principal requisito a ser atendido pelo produto.
Básico	Certificação do Sistema de Gestão da Qualidade segundo a ISO 9000; e avaliação da conformidade com tratamento sistêmico – envolvendo testes de performance do produto, de 1ª ou 2ª parte.
Extrabásico	Capacidade de utilização do mecanismo “Declaração da Conformidade pelo Fornecedor” de avaliação da conformidade, de 1ª parte; Certificação ISO TS 16949 ou de outro setor específico.
Intermediário	Acreditação de um laboratório de ensaios, prestador de serviços externos e pertencente à RBLE; certificação voluntária de produto, por um agente de 3ª parte.
Interm. Superior	Certificação do(s) Sistema(s) de Gestão Ambiental segundo a ISO 14000 e/ou de Segurança e Saúde Ocupacional (OHSAS 18001) e/ou de Responsabilidade Social (NBR 16001).
Avançado	Certificação de sistemas, produtos e/ou serviços que estejam na fronteira tecnológica internacional; capacidade de influenciar tecnicamente e interagir com o Inmetro e o comitê de avaliação da conformidade da ISO – ISO/Casco.

Quadro 3.5 – Perfil de avaliação da conformidade de uma empresa

Fonte: elaboração própria

Com relação aos principais processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil de avaliação da conformidade de uma empresa, podemos relacioná-los no **Quadro 3.6** a seguir.

PROCESSOS E MECANISMOS DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA		Estágio
Aquisição externa do conhecimento		
1. TREINAMENTO EXTERNO (<i>learning by training</i>)		
. Auditoria ISO 9000		P → B
. Auditoria ISO 17025		E → I
. Auditoria ISO 14000		I → IS
2. APRENDIZAGEM POR BUSCA (<i>learning by searching</i>)		
. Norma técnica ou regulamento técnico adequado ao produto		P → B
3. INTERAÇÃO COM INST. DE PESQUISAS E LAB. DE ENSAIOS (<i>learning by interacting</i>)		
. Seleção de laboratório responsável por ensaios/testes		P → B → E
. Realização de ensaios/testes		P → B → E
4. INTERAÇÃO COM O INMETRO (<i>learning by interacting</i>)		
. Auditorias periódicas do Inmetro (DCF)		B → E
. Auditorias periódicas do Inmetro (ISO 17025)		E → I
. Influência técnica e auxílio às questões ligadas à atividade de avaliação da conformidade junto ao Comitê da ISSO		IS → A
5. INTERAÇÃO COM ORGANISMO DE AVAL. DA CONFORMIDADE (<i>learning by interacting</i>)		
. Auditorias periódicas pelo OAC		E → I
. Definição e implementação de ações corretivas		E → I
Aquisição interna do conhecimento		
1. TREINAMENTO INTERNO DOS FUNCIONÁRIOS (<i>learning by training</i>)		
. Treinamentos “on the job” relativos aos aspectos ambientais significativos		I → IS
2. ATIV. DE ROTINA, MECANISMOS DO TIPO “APRENDER-FAZENDO” (<i>learning by doing</i>)		
. Medição e monitoramento dos aspectos ambientais significativos		I → IS
Socialização do conhecimento		
1. SOLUÇÃO COMPARTILHADA DE PROBLEMAS		
. Definição de critérios para a seleção de laboratório responsável por ensaios/testes		P → B
. Desenvolver ações de acompanhamento e controle do processo de certif. de produtos		E → I
. Determinar os registros necessários para o gerenciamento das questões ambientais		I → IS
. Auditorias e ações corretivas segundo a ISO 9000		P → B
. Auditorias e ações corretivas segundo a ISO 17025		E → I
. Auditorias e ações corretivas segundo a ISO 14000		I → IS
Codificação do conhecimento		
1. ELABORAÇÃO DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS		
. Mecanismo de avaliação e acompanhamento do produto no mercado		P → B
. Sistemática de tratamento das não conformidades		P → B
. Sistemática para seleção de laboratórios de ensaios/testes		P → B
. Procedimento para avaliação do atendimento a requisitos legais ambientais		I → IS
2. CERTIFICAÇÕES		
. Certificação do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9000		P → B
. Emissão da Declaração da Conformidade pelo Fornecedor (DCF)		B → E
. Acreditação de laboratórios de Metrologia e/ou Ensaios (RBC e/ou RBLE) pelo Inmetro		E → I
. Certificação de produtos por um OAC		E → I
. Certificação do Sistema de Gestão Ambiental ISO 14000		I → IS
. Certificação por setores específicos (ex. ISO TS 16949)		B → E
. Registros de treinamentos dos funcionários envolvidos		P → B

Quadro 3.6 – Processos e mecanismos de aprendizagem tecnológica para o perfil de avaliação da conformidade

Fonte: elaboração própria

A partir daqui, por uma questão de simplificação, estaremos abreviando os níveis de capacidade em TIB da seguinte forma:

- nível básico: PF5
- nível extrabásico: PF4
- nível intermediário: PF3
- nível intermediário superior: PF2
- nível avançado: PF1

Finalizando esse capítulo, na **Fig.3.1** sintetizamos, numa única sequência evolutiva, os principais mecanismos de aprendizagem responsáveis pela formação e acumulação das capacidades em TIB.

Figura 3.1 – Principais mecanismos de aprendizagem para a formação e acumulação de competências em TIB
Fonte: elaboração própria

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia pode ser vista como conhecimento geral e habilidade que são necessárias ao pesquisador para se orientar no processo de investigação, tomar decisões oportunas, seleccionar conceitos, hipóteses, técnicas e dados adequados (Fleury e Nakano, 1996).

Neste capítulo são apresentados os principais aspectos metodológicos que conduzirão este trabalho de pesquisa.

4.1 – Os Métodos de Pesquisa na Engenharia de Produção

Em 2002, o *International Journal of Operations & Production Management* (IJOPM) dedicou uma de suas edições àqueles métodos que os editores da revista entenderam ser os quatro mais relevantes métodos da pesquisa da área de gestão de operações, campo do conhecimento no qual a engenharia de produção se inclui: *survey* (Forza, 2002), pesquisa ação (Coughlan; Coughlan, 2002), estudo de caso (Voss; Tsikriktsis; Frohlich, 2002) e modelagem e simulação (Bertrand; Fransoo, 2002), em que para cada um desses métodos os autores apresentaram as linhas gerais que devem orientar um pesquisador na sua utilização.

O estudo de caso tem como objetivo o exame detalhado de um ou mais objetos (casos) de pesquisa, a fim de permitir o seu amplo e detalhado conhecimento. A unidade de análise, geralmente, é a organização, mas também podem ser os departamentos ou as seções de uma organização, ou mesmo um conjunto de organizações (Bryman, 1989).

Na pesquisa ação o pesquisador envolve-se de forma cooperativa ou participativa, juntamente com os membros de uma organização, para analisar um problema reconhecido por ambas as partes e com o objetivo de solucionar o problema e contribuir com a ciência (Coughlan; Coughlan, 2002).

Um survey tem como objetivo contribuir para o conhecimento de uma área particular de interesse por meio da coleta de dados sobre indivíduos ou sobre os ambientes destes indivíduos (Forza, 2002), feita normalmente por questionário ou entrevistas com um grande número de indivíduos, sem que os pesquisadores intervenham em nenhum momento (Bryman, 1989).

Por fim, o método de modelagem e simulação é um caso particular de pesquisa experimental, acrescentado de um rigor da modelagem matemática aos problemas reais, por meio de técnicas da pesquisa operacional. Em geral, é utilizado em problemas mais complexos e busca soluções em heurística e modelos otimizantes (Bertrand; Fransoo, 2002).

4.2 – A Escolha do Método de Pesquisa

Para auxiliar nesta escolha, Yin (2001) efetua uma comparação entre alguns dos principais métodos de pesquisa, que julga serem os mais relevantes e sugere três condições para que um pesquisador, após a sua análise, possua subsídios para a escolha do método mais apropriado à sua pesquisa. Estas três condições são:

- a) o tipo de questão de pesquisa proposto;
- b) a extensão do controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais efetivos e
- c) o grau de enfoque em acontecimentos históricos em oposição a acontecimentos contemporâneos.

O **quadro 4.1** apresenta estas três condições e mostra como cada uma delas relaciona-se às estratégias de pesquisa sugeridas pelo autor.

Estratégia	Forma da Questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais ?	Focaliza acontecimentos contemporâneos ?
Experimento	Como? Por quê?	Sim	Sim
<i>Survey</i>	Quem? O quê? Onde? Quantos? Quando?	Não	Sim
Teórico-conceitual	Quem? O quê? Onde? Quantos? Quando?	Não	Sim/Não
História	Como? Por quê?	Não	Não
Estudo de caso	Como? Por quê?	Não	Sim

Quadro 4.1 – Estratégias de Pesquisa

Fonte: Yin, 2001

Preliminarmente, a estratégia de história sugerida por Yin (2001) é descartada, pois não é referenciada como uma das principais da engenharia de produção pelo IJOPM (2002).

Segundo Yin (2001), a estratégia teórico-conceitual consiste em discussões conceituais ou em sólidas revisões bibliográficas, mas seu escopo principal é o de fornecer modelagens conceituais que resultem em novas teorias.

As três perguntas sugeridas por Yin (2001) serão usadas como ponto de partida para analisar as estratégias de pesquisa por ele colocadas e também aquelas destacadas pelos editores do IJOPM (2002). Destas três perguntas, duas delas são dicotômicas e exigem uma resposta única que, quando dada, exclui alguns métodos de pesquisa sugeridos.

A primeira pergunta dicotômica questiona se a estratégia de pesquisa a ser adotada exige controle sobre eventos comportamentais. Para esta pesquisa, a resposta é não, pois o objetivo é apurar a contribuição da TIB na formação e acumulação da capacidade tecnológica das empresas e não acompanhar, controlar ou monitorar essa contribuição. A resposta desta pergunta elimina como possíveis métodos de pesquisa o experimento (Yin, 2001) e a pesquisa ação (Coughlan; Coghlan, 2002).

A segunda pergunta dicotômica questiona se a estratégia de pesquisa a ser adotada focaliza acontecimentos contemporâneos. A resposta a esta pergunta é sim, pois esta pesquisa estará investigando a relação entre a TIB e a capacidade tecnológica no momento em que ela for realizada.

Excluídos estes métodos supracitados e analisando os demais referenciais (IJOPM, 2002; Yin 2001) restam como possíveis métodos os seguintes: teórico-conceitual, estudo de caso, *survey* e modelagem e simulação.

O método de modelagem e simulação é um método matemático bastante específico de pesquisa experimental avançada, normalmente utilizado em problemas muito complexos. Este método não se aplica a esta tese, pois não se busca soluções em heurística e modelos otimizantes.

Uma pesquisa teórico-conceitual será realizada, como ferramenta auxiliar desta tese, por meio de uma revisão bibliográfica, com o objetivo de apresentar os conceitos de capacidade tecnológica, aprendizagem tecnológica e de Tecnologia Industrial Básica, bem como identificar modelos usados para examinar a acumulação de capacidades tecnológicas de empresas.

Especificamente, para a área de engenharia de produção, restam dois métodos que, a princípio, poderiam se utilizar: estudo de caso ou *survey*. Estudo de caso é um método qualitativo e é mais indicado para o estudo de um pequeno número de casos, em que a unidade de análise, geralmente, é a organização ou um setor dela, ou até mesmo um conjunto de organizações. *Survey* é um método quantitativo e é mais indicado quando o objetivo é a descrição de eventos por meio de coleta de dados estruturada, seja por questionário ou entrevistas, permitindo a participação de um grande número de pessoas.

A análise da primeira pergunta por Yin (2001) permite diferentes interpretações, pois não é tão objetiva quanto as outras duas, que eram questões dicotômicas. Por outro lado, os tipos de perguntas de pesquisa desta tese apontam a estratégica do *survey* como o método mais adequado. Mas, seria realmente o caso ?

Bryman (1989) afirma que enquanto a pesquisa quantitativa é impulsionada por um conjunto de considerações prévias, derivadas de teorias ou da literatura, possibilitando assim a formação mais rigorosa do quadro teórico e das hipóteses, na pesquisa qualitativa existe maior ênfase na interpretação do entrevistado. E essa interpretação pode possibilitar o surgimento de vieses.

Este mesmo autor faz um comparativo entre a abordagem quantitativa e a qualitativa segundo sete características, conforme mostrado no **quadro 4.2**.

Características	Abordagem Quantitativa	Abordagem Qualitativa
Ênfase na interpretação do entrevistado em relação à pesquisa	Menor	Maior
Importância do contexto da organização pesquisada	Menor	Maior
Proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados	Menor	Maior
Alcance do estudo no tempo	Instantâneo	Intervalo maior
Número de fontes de dados	Uma	Várias
Ponto de vista do pesquisador	Externo à organização	Interno à organização
Quadro teórico e hipóteses	Definido rigorosamente	Menos estruturados

Quadro 4.2 – Quadro comparativo entre as abordagens quantitativa e qualitativa

Fonte: Bryman (1989)

Diante do exposto e dado o caráter de pesquisa confirmatória da relação de causa e efeito entre TIB e capacidade tecnológica, entendemos que as respostas serão obtidas com muito maior precisão por meio de um método quantitativo aplicado em várias empresas do que qualitativo e, sendo assim, o método de pesquisa mais adequado para esta tese. Portanto,

o método escolhido é o *survey* para a obtenção das evidências empíricas que sustentem, parcial ou totalmente, a relação de causa e efeito entre TIB e capacidade tecnológica.

Outras razões que apontam para a superioridade deste método para esta tese são:

- a) ele permite atingir uma população de pesquisa bem maior do que aquela que seria atingida pelo método de estudo de caso;
- b) ele permite que a abrangência geográfica do estudo possa ser ampla, incluindo empresas de várias regiões do País;
- c) ele apresenta uma visão mais abrangente da amostra pesquisada, identificação de tendências e tem validade estatística.

Um *survey* pode utilizar como ferramenta de pesquisa um questionário ou entrevistas estruturadas. A ferramenta escolhida foi um questionário, pelas seguintes razões:

- a) ele permite atingir uma população de respondentes bem maior, pois pode ser enviado em grande quantidade ao mesmo tempo para várias pessoas, enquanto entrevistas precisam ser previamente agendadas e ocorrem em momentos diferentes e em locais diferentes;
- b) ele permite uma abrangência geográfica maior, principalmente em função da enorme diferença de custo do envio de questionários *versus* o deslocamento do pesquisador para a realização de entrevistas.

Portanto, o método de pesquisa principal utilizado nesta tese é o *survey* por meio de um questionário.

4.3 – O Método de Pesquisa Escolhido: *SURVEY*

A metodologia *survey* (abordagem quantitativa) tem por objetivo a coleta de dados por entrevista, internet, telefonema ou questionário projetados para esse fim, mas ao contrário do que ocorre na pesquisa de caráter qualitativo, o pesquisador não intervém em nenhum momento (Bryman, 1989). O termo quantitativo ilustra bem este método, pois a análise dos dados exige tratamento estatístico.

Freqüentemente os pesquisadores distinguem a metodologia *survey* entre pesquisas exploratórias, confirmatórias (também chamadas de testes de teorias) e descritivas, de acordo com Forza (2002):

-Pesquisas exploratórias são aquelas que ocorrem durante os estágios iniciais de pesquisas de um determinado fenômeno, quando o objetivo é adquirir visões preliminares sobre um determinado tópico e prover a base para uma pesquisa *survey* em maior profundidade. Geralmente não existe um modelo e conceitos de interesse necessários para serem melhor compreendidos e medidos. Nos estágios preliminares, a metodologia de pesquisa *survey* pode auxiliar a determinar os conceitos a serem medidos em relação ao fenômeno de interesse, como melhor medi-los e como descobrir novas facetas do fenômeno em estudo. Na sequência pode auxiliar a descobrir ou prover evidências preliminares de associação entre conceitos. Algumas vezes este tipo de metodologia é realizado usando dados coletados em estudos prévios.

-Pesquisas confirmatórias (ou também denominadas de explanatórias) são aquelas que ocorrem quando o conhecimento de um fenômeno tem sido articulado em uma forma teórica usando conceitos bem definidos, modelos e proposições. Neste caso, a coleta de dados é realizada com o propósito específico de testar a adequação dos conceitos desenvolvidos em relação ao fenômeno, as ligações hipotéticas entre os conceitos e a validade dos limites dos modelos.

-Pesquisas descritivas têm o propósito de entendimento da relevância de um fenômeno e descrever a distribuição deste fenômeno na população. Seu propósito primário não é o desenvolvimento de uma teoria, mesmo assim por meio dos fatos descritos pode-se conseguir dados tanto para a elaboração de uma teoria como para o refinamento de uma já existente.

Para Forza (2002), um *survey*, quando usado com objetivos explanatórios, possui um grande rigor metodológico e consiste em um longo processo que pressupõe a pré-existência de um modelo teórico ou de uma estrutura conceitual e consiste em seis etapas distintas.

Etapas 1: A tradução de uma teoria dentro de um domínio empírico, com o objetivo de esclarecer definições relevantes, estabelecer os conceitos teóricos relativos e apresentar as relações entre variáveis e estabelecer hipóteses/proposições, se for o caso.

Etapas 2: A montagem de um projeto da pesquisa, que inclui todas as atividades que precedem a coleta de dados e quando devem ser analisadas as possíveis dificuldades

encontradas pelos respondentes. Nesta etapa, define-se a amostra desejada de respondentes e desenvolvem-se os instrumentos de pesquisa.

Etapa 3: A realização de testes piloto para verificar se o instrumento de pesquisa projetado na etapa anterior, normalmente um questionário, está adequado ao propósito da pesquisa. Este teste piloto consiste na aplicação do instrumento de pesquisa em um pequeno grupo de pessoas, constituído de integrantes da amostra a ser pesquisada, em que o principal objetivo é a revisão do questionário com o intuito de aprimorá-lo, aumentando assim as chances de sucesso na etapa posterior.

Etapa 4: A execução da coleta de dados, que consiste na aplicação do questionário em uma amostra maior.

Etapa 5: A realização da análise de dados com o objetivo de fornecer alguma informação que complete a revisão do modelo conceitual existente. Esta etapa pode ser dividida em duas fases: análise preliminar dos dados e teste de hipóteses, quando houver. A análise preliminar é realizada pela apresentação da distribuição de frequências, média, variâncias e desvio padrão das variáveis quantitativas e a correlação entre elas. A análise das hipóteses segue rigor da estatística aplicada e é uma ferramenta poderosa para auxiliar o processo de interpretação dos dados.

Etapa 6: A interpretação dos resultados e a elaboração das conclusões, cujo objetivo é entender o que foi feito, avaliar o trabalho realizado e comparar com outras pesquisas similares, se for o caso. Um resumo destas seis etapas encontra-se na **Figura 4.1**.

Figura 4.1 – Processo de pesquisa baseada em *survey*
Fonte: Forza (2002)

Este forte rigor metodológico proposto por Forza (2002), deve ser executado fielmente em pesquisas com fins explanatórios (teste de teorias).

A modelagem proposta por Forza (2002), na **Figura 4.1**, é utilizada como referencial para a estruturação desta tese nas suas próximas etapas.

No item 4.4, partindo-se do modelo conceitual da pesquisa, estabelecem-se as proposições a serem testadas e define-se a unidade de análise desta tese (Etapa 1).

O item 4.5 é dedicado à definição da amostra da pesquisa e ao desenvolvimento do instrumento de pesquisa (Etapa 2).

O item 4.6 trata da realização de teste piloto do instrumento de pesquisa e a avaliação da qualidade do questionário (Etapa 3).

O capítulo 5 apresenta a coleta de dados definitiva e efetua a análise deles (Etapas 4 e 5).

O capítulo 6 enfatiza as principais conclusões da pesquisa (Etapa 6).

4.4 – O Modelo Conceitual, as Proposições e a Unidade de Análise da Pesquisa

4.4.1 – O modelo conceitual, as variáveis de pesquisa e os indicadores

O modelo conceitual deste estudo, conforme **Figura 4.2**, consiste na análise da relação entre a variável independente *tecnologia industrial básica* e a variável dependente *capacidade tecnológica*.

Figura 4.2 – Modelo conceitual da pesquisa
Fonte: elaboração própria

Este item do trabalho tem como objetivo detalhar as variáveis, e em seguida os indicadores que serão utilizados nesta pesquisa. A primeira variável a ser definida é a que diz respeito à capacidade tecnológica, considerada aqui como variável dependente.

4.4.1.1 – Variável dependente

A capacidade tecnológica, considerada nesse trabalho como variável dependente, está sendo desdobrada em subvariáveis, cuja idéia surgiu a partir da leitura do trabalho de pesquisa de Marzani (2004), que criou uma metodologia para a avaliação de capacidades dos fornecedores do segmento de bens de capital na área de petróleo e gás. A opção pelo desdobramento foi feita para auxiliar na identificação e organização das subvariáveis, bem como na criação posterior de seus indicadores.

A seleção dessas subvariáveis para a avaliação das capacidades tecnológicas teve como base principal o modelo desenvolvido por Lall (1992), apresentado no capítulo 2 deste trabalho (**quadro 2.6**). Desse modelo são extraídas as subvariáveis de maior relevância (**quadro 4.3**), considerando o seu grau de complexidade (básica, intermediária e avançada). Essas subvariáveis são reagrupadas, originando subcapacidades na estrutura das capacidades tecnológicas. Somente a partir dessas subcapacidades é que são criados indicadores para medir o nível alcançado de capacidade tecnológica das empresas. O **quadro 4.3** mostra as subcapacidades formadas.

Nota-se, neste quadro, que não foram selecionadas subvariáveis referentes à dimensão funcional de investimento. O motivo desta não consideração é que a mesma é mais apropriada aos grandes complexos empresariais, como por exemplo uma usina siderúrgica, uma empresa do ramo petroquímico, uma empresa de papel e celulose, entre outras. Desta forma, estamos considerando somente as dimensões funcionais de produção e de ligação com outros agentes, já que as mesmas estão presentes em todos os tipos de empresas.

			DIMENSÕES FUNCIONAIS					
			Investimento		Produção			Ligações com outros agentes
			Pré-Investimento	Execução de Projeto	Engenharia de Produto	Engenharia de Processo	Engenharia Industrial	
Grau de complexidade	Básica	Simple Rotina (baseada em experiência)	Estudos de viabilidade técnico-econômica; Seleção do local; Cronograma de investimentos.	Construção civil; Serviços auxiliares; Instalação de equiptos; Comissionamento.	Engenharia reversa; Pequenas adaptações às necessidades do mercado.	Controle da qualidade; Manutenção preventiva; Assimilação de tecnologia de processo.	Estudo dos métodos e dos tempos de trabalho; Controle de estoque.	Obtenção local de bens e serviços; Troca de informações com fornecedores.
		Adaptável Duplicável (baseada na busca)	Busca de fonte tecnológica; Negociação de contratos com fornecedores; Sistemas de informação	Obtenção de equipamentos; Detalhamento, recrutamento e treinamento de pessoal.	Melhoria da qualidade dos produtos; Modificação de produtos adquiridos por licenciamento.	Licenciamento de novas tecnologias; Adaptação de processos e redução de custos.	Monitoramento da produtividade; Melhorias na coordenação dos processos.	Transferência de tecnologia de fornecedores locais; Relações com instituições de C&T.
	Avançada	Inovador (baseada na pesquisa)		Design de processo básico; Design de equiptos.	Inovação de produto <i>in-house</i> ; Pesquisa básica.	Inovação de processo <i>in-house</i> ; Pesquisa básica.		Licenciamento de tecnologias próprias para outros.

Legenda: Subcapacidades

	Equipamentos
	Processo produtivo
	Engenharia do produto
	Fornecedores
	Relação com instituições de C&T
	Estrutura organizacional
	Pesquisa & Desenvolvimento

Quadro 4.3 – Reagrupamento das subvariáveis e classificação das subcapacidades

Fonte: Marzani (2004) a partir de Lall (1992)

As subcapacidades e as suas variáveis que compõem a estrutura de capacidades tecnológicas são apresentadas no **quadro 4.4** e descritas a seguir.

Equipamentos

Esta subcapacidade está inserida na dimensão funcional de engenharia de processo, no grau de complexidade básico e tem o seu foco voltado à verificação da consolidação das capacidades básicas necessárias para a eficiência na operacionalização da planta. Avalia os esforços em aprimorar os equipamentos, incluindo o desenvolvimento de novos equipamentos, peças de reposição pela própria empresa, o sistema de manutenção dos equipamentos, bem como o treinamento de recursos humanos ao adquirir novos equipamentos.

Processo produtivo

No processo produtivo é verificado, no nível de complexidade intermediário, a existência de adaptações incrementais nos processos, as reduções de custos e o licenciamento de novas tecnologias. Já no nível avançado é verificada a realização endógena de inovações radicais nos processos.

Engenharia do produto

Na engenharia do produto são abordados, no nível básico, a existência da prática da engenharia reversa bem como a das pequenas adaptações às necessidades do mercado. No nível intermediário é avaliada a melhoria da qualidade dos produtos por meio das inovações incrementais e as modificações nos produtos adquiridos por licenciamento. Já no nível avançado é verificada a realização endógena de inovações radicais nos produtos.

Fornecedores

Nesta sub-capacidade são abordadas as relações das empresas com os seus fornecedores de matérias-primas e equipamentos. No nível básico é verificado se a empresa qualifica seus principais fornecedores; se existe um cadastro atualizado de seus fornecedores e se é feito controle de qualidade dos mesmos. Já a partir do nível intermediário é verificado se

a empresa transfere tecnologia de seus fornecedores por meio de co-desenvolvimento em seus produtos e/ou processos.

Relações com Instituições de Ciência & Tecnologia (C&T)

Esta subcapacidade verifica a existência ou não de relações de cooperação, convênios e parcerias com entidades ligadas à C&T, como Universidades e Institutos de Pesquisas do Brasil e/ou do exterior.

Estrutura organizacional

A subcapacidade estrutura organizacional abrange questões organizacionais da empresa. No nível básico é verificado se a empresa apresenta algum sistema de controle da qualidade e se realiza estudo dos métodos e dos tempos de trabalho. Já no nível intermediário é verificada a utilização ou não do sistema *just in time*; a utilização de ferramentas pelas empresas com o intuito de melhorar continuamente suas operações e as atividades exercidas pelos seus funcionários, podendo ser assim denominado de *Kaizen*; a adoção do TQC e/ou TQM; o arranjo físico de produção da empresa; e os sistemas de informação integrada adotados pela mesma. Essas variáveis traçam o perfil da empresa de forma sucinta no que tange à sua composição organizacional em relação aos métodos e processos utilizados.

Pesquisa e Desenvolvimento

Esta subcapacidade tem o objetivo de avaliar a presença das atividades de P&D na empresa. No nível avançado é verificado se a empresa licencia suas próprias tecnologias para terceiros; a obtenção de patentes; e se existe um departamento próprio de P&D. De uma forma geral, com esta sub-capacidade busca-se mapear o esforço efetivo em P&D das empresas.

EQUIPAMENTOS Nível básico: <ul style="list-style-type: none"> . desenvolvimento de equipamentos pela empresa para a utilização na planta industrial; . fabricação de peças de reposição pela empresa para seus equipamentos; . treinamento aos funcionários na ocasião de aquisição de novos equipamentos; . sistema de manutenção preventiva.
PROCESSO PRODUTIVO Nível intermediário: <ul style="list-style-type: none"> . adaptações incrementais no processo; . licenciamento de novas tecnologias. Nível avançado: <ul style="list-style-type: none"> . realização de inovações radicais no processo
ENGENHARIA DO PRODUTO Nível básico: <ul style="list-style-type: none"> . realização de engenharia reversa; . pequenas adaptações às necessidades do mercado; Nível intermediário: <ul style="list-style-type: none"> . realização de inovações incrementais nos produtos da empresa e/ou nos licenciados; Nível avançado: <ul style="list-style-type: none"> . realização de inovações radicais no produto.
FORNECEDORES Nível básico: <ul style="list-style-type: none"> . processo de qualificação dos fornecedores; . cadastro atualizado dos fornecedores da empresa; . controle de qualidade dos fornecedores Nível intermediário: <ul style="list-style-type: none"> . realização de co-desenvolvimentos de produtos/processos.
RELAÇÕES COM INSTITUIÇÕES DE C&T Nível intermediário: <ul style="list-style-type: none"> . realização de parcerias e de convênios de cooperação científica e tecnológica com Universidades e/ou Institutos de Pesquisas do Brasil ou do exterior.
ESTRUTURA ORGANIZACIONAL Nível básico: <ul style="list-style-type: none"> . sistema de controle da qualidade. Nível intermediário: <ul style="list-style-type: none"> . sistema <i>Just in time</i>; . práticas de <i>Kaizen</i>; . adoção do TQC ou TQM; . arranjo físico utilizado na produção; . sistemas integrados de informação.
PESQUISA & DESENVOLVIMENTO Nível avançado: <ul style="list-style-type: none"> . obtenção de patentes no Brasil e no exterior; . departamento próprio de P&D; . licenciamento de suas próprias tecnologias para terceiros.

Quadro 4.4 – Síntese das variáveis das sub-capacidades

Fonte: elaboração própria

Na sequência são apresentados os indicadores criados para mensurar o nível de capacidade tecnológica das empresas. Esses indicadores foram concebidos a partir das variáveis de cada subcapacidade. Cabe ressaltar que os indicadores construídos levam em consideração a maior parte das variáveis de cada subcapacidade, sendo consideradas aquelas de maior relevância para mensurar a capacidade tecnológica.

INDICADORES PARA CAPACIDADE TECNOLÓGICA				
NÍVEL	Sub-capacidades	Indicadores	Definição do indicador	Escala
NÍVEL BÁSICO	Engenharia do Produto	Engenharia Reversa (IND1)	Indica se a empresa realiza ou não engenharia reversa.	0 ou 1 <i>dummy</i>
		Adaptações às necessidades do mercado (IND2)	Indica se a empresa realiza pequenas adaptações nos seus produtos em função das necessidades do mercado, quando solicitada.	0 ou 1 <i>dummy</i>
	Equipamentos	Esforços em equipamentos (IND3)	O indicador mensura a realização pela empresa das seguintes atividades: desenvolvimento de equipamentos para a utilização na planta; fabricação de peças de reposição quando necessário; treinamento de recursos humanos pela empresa na ocasião da aquisição de novos equipamentos; e sistema de manutenção preventiva.	0-100% métrica
	Fornecedores	Relação com fornecedores (IND4)	Mede a interação da empresa com fornecedores, nas seguintes questões: se a empresa possui um cadastro atualizado dos fornecedores; qualificação dos mesmos e controle de qualidade dos fornecedores efetuado pela empresa.	0-100% métrica
	Estrutura organizacional	Controle da Qualidade (IND5)	Indica se a empresa possui ou não um sistema de controle da qualidade.	0 ou 1 <i>dummy</i>
NÍVEL INTERMEDIÁRIO	Engenharia do Produto	Inovações incrementais (IND6)	Indica se a empresa realiza ou não inovações incrementais nos seus produtos próprios ou licenciados.	0 ou 1 <i>dummy</i>
	Processo Produtivo	Adapt. increm. processos (IND7)	Indica se a empresa realiza ou não adaptações incrementais em seus processos.	0 ou 1 <i>dummy</i>
		Licenciamento de tecnologias (IND8)	Indica se a empresa realiza ou não licenciamento de tecnologias de terceiros para seus processos.	0 ou 1 <i>dummy</i>
	Fornecedores	Co-desenvolvimentos (IND9)	Indica se a empresa realiza ou não co-desenvolvimentos de produtos/processos com seus fornecedores.	0 ou 1 <i>dummy</i>
	Estrutura organizacional	Competências Organizacionais (IND10)	Esse indicador mensura se a empresa faz uso de: <i>just in time</i> ; <i>Kaizen</i> ; TQC ou TQM; arranjos físicos adaptáveis à linha de produção e sistemas integrados de informação.	0-100% métrica
	Relacionamentos com Instituições de C&T	Cooperação em C&T (IND11)	Indica se a empresa realiza ou não convênios de cooperação científica e tecnológica com Universidades e/ou Institutos de Pesquisas.	0 ou 1 <i>dummy</i>

Continua

NÍVEL AVANÇADO	Processo Produtivo	Inovações radicais no processo (IND12)	Indica se a empresa realiza ou não inovações radicais no processo produtivo.	0 ou 1 <i>dummy</i>
	Engenharia do Produto	Inovações radicais no produto (IND13)	Indica se a empresa realiza ou não inovações radicais na engenharia do produto.	0 ou 1 <i>dummy</i>
	P & D	Esforços em P&D (IND14)	Esse indicador mensura os esforços realizados pela empresa nas seguintes questões: requerimento de patentes no Brasil e no exterior; se possui depto próprio de P&D; e se licencia suas próprias tecnologias para terceiros	0-100% métrica

Quadro 4.5 – Indicadores criados para capacidade tecnológica

Fonte: elaboração própria

A metodologia de criação da escala dos indicadores está detalhada no **APÊNDICE A** deste trabalho.

No **quadro 4.6**, a seguir, estão sintetizados os indicadores de capacidade tecnológica definidos.

IND1	Engenharia reversa
IND2	Adaptações às necessidades do mercado
IND3	Esforços em equipamentos
IND4	Relação com fornecedores
IND5	Controle da Qualidade
IND6	Inovações incrementais
IND7	Adaptações incrementais nos processos
IND8	Licenciamento de tecnologias
IND9	Co-desenvolvimentos com fornecedores
IND10	Competências organizacionais
IND11	Cooperação em C&T
IND12	Inovações radicais no processo
IND13	Inovações radicais no produto
IND14	Esforços em P&D

Quadro 4.6 – Indicadores de capacidade tecnológica

Fonte: elaboração própria

4.4.1.2 – Variável independente

A variável independente, considerada neste trabalho como a Tecnologia Industrial Básica, é apresentada em vários níveis de competência, conforme referencial analítico desenvolvido no capítulo 3 deste trabalho. A partir desse referencial analítico foram definidos os principais indicadores para cada nível de competência, conforme **quadro 4.7**.

INDICADORES PARA TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA (TIB)			
NÍVEL	INDICADOR	DEFINIÇÃO DO INDICADOR	REFERÊNCIAS
BÁSICO (PF5)	Certificação ISO 9001	A empresa atende a um Sistema de Gestão da Qualidade segundo norma de 1ª geração (ISO 9001), certificado por um agente de terceira parte.	Nadvi & Wältring (2002)
	Certificação TS 16949 e/ou por setor específico/empresa	A empresa atende a um Sistema de Gestão da Qualidade segundo normas de setores específicos e/ou de empresas (2ª e/ou 3ª gerações) de grande influência em setores técnicos complexos específicos, (Ex.: TS 16949, NBR 15100, Petrobrás, General Motors, Daimler-Chrysler, entre outras), certificado por um agente de segunda ou terceira parte.	
EXTRA-BÁSICO (PF4)	Certificação ISO 17025	A empresa possui laboratório próprio de metrologia e/ou de ensaios acreditado pelo Inmetro, atendendo à norma ISO 17025, pertencente à RBC e/ou RBLE.	Inmetro
	Certificação de produto	A empresa apresenta produto(s) certificado(s), segundo normas técnicas internacionais, por um agente de terceira parte.	
INTERMEDIÁRIO (PF3)	Certificação ISO 14001 e/ou social	A empresa atende a um Sistema de Gestão Ambiental e/ou social, segundo as normas ISO 14001, OHSAS 18001 e NBR 16001, certificado por um agente de terceira parte.	Nadvi & Wältring (2002); Marcovitch (2006); Lemos (2007); Vasconcelos (2007)
	Automação de medições	A empresa apresenta automação dos equipamentos de medição na linha de produção e/ou no laboratório de metrologia.	
INTERMEDIÁRIO SUPERIOR (PF2)	Participação em comitês normativos internacionais	A empresa participa e influencia tecnologicamente junto aos Comitês normativos da ISO.	Vás (2005)
	Sistemas inovadores de medição	A empresa desenvolve procedimentos de medição para novas tecnologias utilizando equipamentos de medição de última geração.	
AVANÇADO (PF1)	Participação em comitês normativos internacionais	A empresa participa e influencia tecnologicamente junto aos Comitês normativos da ISO.	Messner (2002)
	Sistemas inovadores de medição	A empresa desenvolve procedimentos de medição para novas tecnologias utilizando equipamentos de medição de última geração.	

Quadro 4.7 – Relação de indicadores de TIB considerados para esta tese

Fonte: elaboração própria

4.4.2 – Proposições

Após as definições do problema, da questão, do modelo conceitual da pesquisa e das variáveis e indicadores envolvidos, o próximo passo é a construção das proposições. Proposições são sentenças declarativas que relacionam de alguma forma variáveis a variáveis, sendo colocadas à prova para determinar sua validade. Neste sentido, proposição é uma suposta resposta ao problema a ser investigado. É a afirmação que se forma e que será aceita ou rejeitada somente depois de devidamente testada. O papel fundamental da proposição na pesquisa é sugerir explicações para os fatos. Podem ser verdadeiras ou falsas, mas sempre que bem elaboradas conduzem à verificação empírica, que é o propósito da pesquisa científica.

Neste trabalho interessa verificar se uma variável interfere na outra, ou em outras palavras, se uma variável é causa da outra. Estudos como este exigem, pois, a construção de proposições que se caracterizam por envolver uma variável independente e outra dependente.

Com base na revisão da literatura e no modelo conceitual da pesquisa mostrado na **Figura 4.2**, três proposições foram formuladas. A formulação dessas proposições foi feita em consonância com o objetivo principal do trabalho, ou seja, o estabelecimento de relações entre a variável independente (TIB) e a variável dependente (Capacidade Tecnológica), por meio de seus indicadores mais representativos, nos três níveis de competência, visando responder à primeira questão da pesquisa. Na sequência são relatadas as três proposições consideradas neste trabalho de pesquisa.

Proposição para a relação TIB *versus* Capacidade Tecnológica no nível básico

Relação estudada (por indicadores)	Proposição
<ul style="list-style-type: none"> - Certificação ISO 9001 (PF5) e/ou - Certificação TS 16949 (PF4) <p style="text-align: center;">X</p> <ul style="list-style-type: none"> - Engenharia reversa (IND1); - Adaptações prod. ao mercado (IND2); - Esforços em equipamentos (IND3); - Relações com fornecedores (IND4); - Controle de qualidade (IND5). 	<p>P1: As empresas de níveis básico e extra-básico, que são certificadas ISO 9001 e TS 16949 respectivamente, são empresas que executam as atividades de: aprimoramento de seus equipamentos voltados à eficiência da planta; engenharia reversa; pequenas adaptações de seus produtos às necessidades do mercado; seleção de fornecedores por critérios de qualificação, realiza controle de qualidade nos mesmos e apresenta sistema interno de controle de qualidade.</p>

Quadro 4.8 – A formulação da Proposição P1
Fonte: elaboração própria

Proposição para a relação TIB *versus* Cap. Tecnológica no nível intermediário

Relação estudada (por indicadores)	Proposição
<ul style="list-style-type: none"> - Certificação ISO 17025 e/ou - Certificação de produtos (PF3) e/ou - Certificação ISO 14001 e/ou - Automação de seus processos de medição (PF2) <p style="text-align: center;">X</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inovações incrementais nos produtos (IND6); - Adaptações incrementais nos processos (IND7); - Licenciamento de tecnologias (IND8); - Co-desenvolvimentos com fornecedores (IND9); - Competências organizacionais (IND10); - Cooperação em C&T (IND11); 	<p>P2: As empresas de nível intermediário, que são certificadas ISO 17025 e/ou têm produtos certificados; e/ou as empresas de nível intermediário superior, que são certificadas ISO 14001 e/ou têm seus processos de medição automatizados, são empresas que executam as atividades de: adaptações incrementais nos seus processos; licenciamento de novas tecnologias; inovações incrementais tanto nos seus produtos como naqueles adquiridos por licenciamento; co-desenvolvimentos de seus produtos e/ou processos com seus fornecedores; cooperação científica e tecnológica com Universidades e/ou Institutos de Pesquisas; utilizam sistema <i>Just in time</i>, técnicas de <i>Kaizen</i>, TQC ou TQM, adaptam o arranjo físico à linha de produção e utilizam sistemas integrados de informação.</p>

Quadro 4.9 – A formulação da Proposição P2

Fonte: elaboração própria

Proposição para a relação TIB *versus* Capacidade Tecnológica no nível avançado

Relação estudada (por indicadores)	Proposição
<ul style="list-style-type: none"> - Participação em comitês normativos internacionais e/ou - Sistemas inovadores de medição (PF1) <p style="text-align: center;">X</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inovações radicais nos processos (IND12); - Inovações radicais nos produtos (IND13); - Esforços em P&D (IND14). 	<p>P3: As empresas de nível avançado, que apresentam sistemas inovadores de medição e/ou participam de comitês normativos internacionais, são empresas que executam atividades de: inovações radicais em seus processos; inovações radicais em seus produtos; requerem patentes no Brasil e no exterior, têm departamento próprio de P&D e licenciam suas próprias tecnologias para terceiros.</p>

Quadro 4.10 – A formulação da Proposição P3

Fonte: elaboração própria

E com o intuito de se responder à segunda questão de pesquisa, está sendo formulada a quarta proposição (P4), da seguinte forma:

P4: Os mecanismos de aprendizagem em TIB, utilizados pelas empresas, variam ao longo dos diversos estágios de formação e acumulação de suas capacidades.

Quadro 4.11 – A formulação da proposição P4

Fonte: elaboração própria

4.4.3 – Definição da unidade de análise

De acordo com Forza (2002), a unidade de análise refere-se ao nível em que ocorre a agregação de dados. A unidade de análise em estudos na área de *Operations Management* pode ser constituída por pessoas, grupos, fábricas, divisões, empresas, projetos, sistemas, etc. No caso desta tese, a unidade de análise será considerada a empresa do setor metal-mecânico.

4.5 – A Amostragem e o Instrumento da Pesquisa

4.5.1 – A definição da amostragem da pesquisa

Amostragem é o processo de selecionar um número suficiente de elementos a partir de uma população. No caso desta tese, empresas, e do estudo dessas empresas e do entendimento de suas características ser possível generalizar as propriedades ou características para todos os elementos da população (Forza, 2002). A amostragem supera as dificuldades de coleta de dados da população inteira o que muitas vezes é impossível ou proibitivo em termos de tempo, custos e de recursos humanos.

Esta tese pretende verificar a contribuição da TIB na formação e acumulação da capacidade tecnológica de empresas. Este levantamento será feito a partir de um segmento da economia – o setor metal-mecânico.

Neste trabalho, considera-se o setor metal-mecânico definido e classificado como no **Quadro 4.12**, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) a 3 dígitos, de acordo com o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:

Setor	Divisão (CNAE 2)	Grupo (CNAE 3)
Mecânica	Fabricação de máquinas e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> -Fab. de armas, munições e equiptos militares; -Fab. de eletrodomésticos; -Fab. de máquinas e equipamentos de uso geral; -Fab. de máquinas e equiptos para as indústrias de extração mineral e construção; -Fab. de máquinas-ferramenta; -Fab. de motores, bombas, compressores e equiptos de transmissão; -Fab. de outras máquinas e equiptos de uso específico; -Fab. de tratores e de máquinas e equiptos para a agricultura, avicultura e obtenção de produtos animais.
Metalurgia	Fabricação de produtos de metal – exclusive máquinas e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> -Fab. de artigos de cutelaria, de serralheria e ferramentas manuais; -Fab. de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada; -Fab. de produtos diversos de metal; -Fab. de tanques, caldeiras e reservatórios metálicos; -Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais.

Quadro 4.12 – Classificação do setor metal-mecânico

Fonte: Kupfer e Rocha (2005), a partir da base de dados do IBGE

A escolha do setor metal-mecânico deu-se pelas seguintes razões:

- a) dentre as empresas brasileiras que inovam e diferenciam produtos, o setor em questão ocupa a liderança com 31,6% do total das empresas industriais, seguido do setor químico com 22,5% e do eletrônico com 12,9%, segundo Kupfer e Rocha (2005);
- b) juntamente com os setores de material de transporte, químico, agroindústria, eletrônico e combustíveis, concentra a maior parte da geração de comércio exterior da indústria brasileira (Kupfer e Rocha, 2005).
- c) A experiência de aproximadamente 15 anos deste autor no relacionamento com empresas desse segmento em questões pertinentes à Tecnologia Industrial Básica; a coordenação técnica de laboratório prestador de serviços de metrologia acreditado pelo Inmetro; e também de laboratório de ensaios mecânicos e metalúrgicos.

Diante do exposto, trata-se de um setor relativamente dinâmico e que proporciona um terreno fértil para a prospecção de dados visando alcançar o objetivo final deste trabalho de pesquisa.

Apenas as empresas do setor metal-mecânico que tenham, no mínimo, a certificação ISO 9001, é que se constituem nas empresas de interesse desta tese, pois esse é o indicador do primeiro nível de competência, definido no constructo da capacitação em TIB.

Pode-se perceber, portanto, que a definição da população a ser pesquisada exige uma análise das restrições apropriadas a este trabalho de pesquisa. Como esta pesquisa abrangerá três níveis de competência, teremos uma população típica para cada nível, com as seguintes características e restrições:

- a) **nível básico:** empresas com certificação ISO 9001, TS 16949 ou NBR 15100;
- b) **nível intermediário:** empresas com certificação ISO 17025, certificação de produtos, certificação ambiental ou social e automação de sistemas de medição;
- c) **nível avançado:** empresas que participam em comitês normativos internacionais ou apresentam sistemas metrológicos inovadores.

Para a definição da amostra de empresas desta pesquisa, recorreremos basicamente, porém não somente, à base de dados da entidade certificadora **FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI**, de onde será obtida uma relação de empresas certificadas a partir dos códigos do *International Accreditation Forum* IAF 17/18/19/20/21/22 – os quais correspondem ao setor metal-mecânico, de interesse desta pesquisa. Também serão obtidas empresas a partir da base de dados do **INMETRO** e também do **IPEI** – Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais do Centro Universitário da FEI.

Desta amostra selecionaremos apenas aquelas empresas em que consta, no escopo de sua certificação, atividades como desenvolvimento, projeto, fabricação/produção de produtos. Desta forma, excluiremos os comerciantes, prestadores de serviços, representantes comerciais e outras atividades que não são configuradas como atividades de produção.

4.5.2 – O instrumento de pesquisa

Definido o modelo de pesquisa e a amostra no qual ele será aplicado, o passo seguinte é o que se refere ao instrumento de pesquisa.

O instrumento de pesquisa deste *survey* consiste em um questionário, escolha esta baseada nos seguintes critérios: o grande número de respondentes, a sua distribuição em várias regiões do estado de SP e do País e a facilidade de levantamento de seus dados.

4.5.2.1 – O formato do instrumento de pesquisa

Forza (2002) aponta como sendo relevantes quatro tarefas que um pesquisador deve fazer no projeto do instrumento de pesquisa:

- a) a escolha da linguagem usada que deve ser consistente com o nível de compreensão dos respondentes para evitar dupla ou dúbia interpretação de sua parte;
- b) a escolha da escala, que depende de dois fatores principais: a facilidade para o respondente responder e a facilidade para a análise posterior do pesquisador;
- c) a identificação dos respondentes, pois isto é relevante quando os entrevistados possuem níveis hierárquicos diferentes e, portanto, têm acesso e conhecimento de informações, provavelmente, diferentes e
- d) o agrupamento no questionário de questões afins, pois isto facilita e motiva os respondentes a responder.

Além destas quatro tarefas, algumas outras recomendações básicas de Forza (2002) para montagem do instrumento de pesquisa são: a) possuir apresentação agradável e amigável; b) possuir uma introdução muito clara e motivadora e c) possuir instruções claras e objetivas para o respondente.

Bryman (1989) sugere que alguns cuidados devem ser tomados na elaboração do questionário: a) formular questões claras, simples, curtas e sem ambigüidade; b) enfocar uma idéia de cada vez, sem sugerir respostas e c) orientar os respondentes sobre o objetivo e a importância do resultado. Neste sentido, está sendo enviada uma carta, junto com o questionário, que explica o contexto e a importância de se respondê-lo. A carta está no **APÊNDICE B** deste trabalho.

Para aumentar a probabilidade de sucesso na coleta de dados, Forza (2002) sugere que o pesquisador planeje cuidadosamente a execução do *survey* e possuir informações detalhadas sobre: a) como abordar os respondentes e b) como os questionários serão aplicados e administrados. Ele sugere que para aumentar o número de respondentes, o questionário deva ser apresentado como uma troca social.

Acolhendo as sugestões de Bryman (1989) e de Forza (2002), elaborou-se então um questionário constituído de quatro partes:

a Parte I, que contém a identificação do entrevistado/respondente, convidando-o a preencher seus dados básicos (nome/cargo/e-mail/telefone), mais o nome da empresa, a sua linha de produtos e a capacidade da mesma em TIB, por meio das suas certificações;

a Parte II, que contém um questionário com 25 questões fechadas e cujo objetivo é obter o nível de capacidade tecnológica da empresa para verificar as proposições P1/2/3;

a Parte III, que contém 5 perfis típicos de empresas quanto ao uso de mecanismos de aprendizagem em TIB, e solicita que o respondente assinale apenas aquele que mais se aproxima ao da sua empresa, cujo objetivo é verificar a proposição P4;

a Parte IV, que contém um espaço destinado ao respondente para fazer comentários livres sobre o assunto, o agradecimento deste autor pela colaboração e a informação de que cada respondente receberá os resultados da pesquisa após a defesa da tese. Esta garantia dada a cada respondente que após a defesa da tese ela lhe será enviada corresponde àquilo que Forza (2002) propôs como troca social, com vistas a aumentar a taxa de retorno do *survey*.

O questionário foi elaborado para ser respondido por profissionais que tenham grande envolvimento com as áreas de qualidade, de engenharia e que tenham participado dos processos de certificação de sistemas da qualidade e de produtos nas empresas estudadas. Para tanto, procurar-se-á os responsáveis pelas áreas da Gerência da Qualidade, Gerência técnica da metrologia e Gerência do departamento de engenharia, preferencialmente.

O questionário está apresentado no **APÊNDICE C** deste trabalho.

4.6 – O Teste Piloto

O teste piloto, também denominado de pré-teste de um questionário, é uma atividade absolutamente essencial de um *survey*, com os seguintes objetivos, de acordo com Forza (2002):

- a) esclarecer se as instruções fornecidas estão claras e objetivas;
- b) verificar se as questões estão objetivas e sem dubiedade de interpretações;
- c) apurar eventuais problemas de compreensão por parte dos respondentes de quais seriam as respostas esperadas.

Baseado na sua experiência pessoal, Forza (2002) propõe que o melhor caminho para o pré-teste é realizá-lo em etapas. Ele sugere que em uma primeira etapa, o pesquisador aplique o questionário em um pequeno grupo de respondentes, estando o pesquisador presente para observar como os respondentes o preenchem e obter um *feedback* de cada um deles. Em uma segunda etapa, o pesquisador deve enviar o questionário para um grupo um pouco maior de respondentes com o objetivo de avaliar a qualidade do questionário e das respostas. Nesta segunda fase, o pesquisador deve realizar uma análise complementar dos dados com o objetivo de apurar:

- a) se as respostas para determinadas questões estão muito concentradas, em função da escolha da escala;
- b) se o conteúdo das respostas difere do que era esperado;
- c) se o conteúdo das respostas modifica o significado da questão;
- d) avaliar o efeito das respostas em branco e um eventual viés de pesquisa que possa existir em função disso.

Este trabalho seguiu as recomendações de Forza (2002) e efetuou dois pré-testes.

O primeiro pré-teste foi realizado com dois respondentes, sendo eles acompanhados *in loco* por este autor, tendo sido solicitada, a cada um deles, uma análise bem crítica.

Os comentários e resultados deste primeiro pré-teste conduziram a duas mudanças significativas no questionário, que foram: (a) a redução do número de questões, pois foi

colocado pelos respondentes que o questionário estava cansativo e repetitivo em alguns pontos e (b) a alteração da forma de se questionar sobre os mecanismos de aprendizagem, na parte III, de várias pequenas assertivas em que o respondente assinalava o que executava na empresa, para uma frase única e representativa de tudo aquilo que a empresa executa, da forma mais estereotipada possível.

Após a análise e a incorporação desses comentários, o questionário foi remodelado e submetido, desta feita por e-mail, para mais dois respondentes, porém muito qualificados e experientes. A contribuição desses respondentes a esta segunda versão do questionário ocorreu em pontos específicos. Alguns foram acolhidos após análise, tendo, assim, contribuído para aprimorar o questionário, ao eliminar algumas dubiedades que foram detectadas.

Encerrada a análise desta segunda versão, foi então elaborado o questionário definitivo, cuja estrutura já foi especificada.

4.7 – A Coleta de Dados

Um dos maiores problemas de pesquisas do tipo *survey* é a baixa taxa de retorno dos questionários. Quando uma população é pesquisada, as conclusões são referentes a essa população, mas se as taxas de retorno dos respondentes são muito baixas, as conclusões devem possuir ressalvas quanto à sua generalização, já que uma grande parte dos não respondentes pode mudar os resultados, de acordo com Forza (2002).

Com o objetivo de aumentar a taxa de retorno, as seguintes ações foram executadas na coleta de dados:

A primeira delas foi um telefonema para cada futuro respondente explicando o contexto da pesquisa, os seus objetivos maiores e questionando se haveria interesse em participar da mesma. Nessa fase apenas duas empresas se negaram de imediato a participar – uma delas alegou que trabalhava com alta tecnologia e que por isso não queria responder nada sobre as competências específicas da empresa; e a outra simplesmente alegou falta de tempo e interesse em responder a um questionário. Para todas as demais o questionário foi enviado, por e-mail, junto com uma carta de apresentação da pesquisa e afirmando que todos os respondentes receberiam os resultados da pesquisa após a defesa da tese. Nessa oportunidade também foi dado um prazo de 10 dias para o retorno das respostas.

Decorrido esse período, para aquelas empresas que não retornaram, um novo e-mail foi enviado e dado um novo prazo de mais cinco dias para o retorno do questionário respondido. Um cuidado extra que se teve no envio de todos os e-mails, visando aumentar a taxa de respostas, foi o de enviar os e-mails um a um para cada um dos respondentes, no qual o mesmo era identificado nominalmente na carta de apresentação.

Para aquelas empresas que mesmo assim não responderam, um contato telefônico foi feito com o objetivo de convencer os respondentes a participarem da pesquisa e acertado, de comum acordo com eles, um novo prazo.

Uma ação complementar que foi utilizada, em alguns pouquíssimos casos, após o recebimento do questionário, foi o de efetuar um contato telefônico para esclarecer dúvidas sobre o preenchimento com os respondentes.

Os questionários, à medida que chegavam, eram salvos no computador e recebiam um código numérico específico para a sua identificação.

Os dados foram digitados em uma única planilha do Microsoft Excel, que ao final da coleta de dados foram adequadamente manipulados e divididos em duas planilhas – uma para cada técnica estatística a ser utilizada.

Estas planilhas foram então exportadas para o software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) release 13, onde foram realizadas as análises estatísticas, cujos resultados são apresentados no próximo capítulo.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta os resultados e a análise dos dados da pesquisa quantitativa. Inicia-se pela apresentação das informações básicas, uma síntese dos dados levantados e a explicação da técnica estatística utilizada. Finaliza com a análise dos dados e os resultados das proposições levantadas.

5.1 – Informações Básicas

5.1.1 – Taxa de respostas

Taxa de respostas é, formalmente, definida como sendo o número de questionários utilizados, dividido pela população total pesquisada, de acordo com Frolich (2002).

Segundo esse mesmo autor, um dos fatores primários para a avaliação do sucesso de um *survey* é a sua taxa de resposta, devido a três fatores: a) quando a porcentagem de não respondentes é alta, existe um alto risco dos resultados da pesquisa embutirem um alto viés; b) muitos testes estatísticos requerem um grande número de respondentes para serem adequadamente utilizados e c) uma alta taxa de resposta revela, indiretamente, a relevância e o rigor do estudo realizado aos olhos da comunidade acadêmica e empresarial de uma forma geral.

Pesquisadores da área de *Operations Management* divergem sobre qual seria o número ideal de índice de respostas. Para Malhotra e Grover (1998), este mínimo deveria ser de 20%, enquanto Forza (2002) sugere que, especificamente para *surveys* com caráter descritivo e explanatório, este mínimo deveria ser de 50%.

Neste *survey*, foram enviados 221 questionários e respondidos e efetivamente validados 103 destes, o que corresponde a uma taxa de respostas de 46,6%, considerada adequada para este estudo.

5.1.2 – A distribuição dos respondentes por indicador em TIB

A distribuição dos respondentes desta pesquisa, por indicador em TIB, é apresentada no **quadro 5.1** a seguir.

Retomando a nomenclatura estabelecida no Capítulo 3:

PF5: empresas de perfil TIB básico;

PF4: empresas de perfil TIB extra-básico;

PF3: empresas de perfil TIB intermediário;

PF2: empresas de perfil TIB intermediário-superior;

PF1: empresas de perfil TIB avançado.

ISO 9001 (PF5)	TS 16949 ou NBR 15100 (PF4)	ISO 17025 e/ou produtos certificados (PF3)	ISO 14001 e/ou processos de medição automatizados (PF2)	Sistemas inovadores de medição e/ou participam de Comitês Normativos Internacionais (PF1)	Número de empresas
x					25
	x				10
x	x				06
		x			02
x		x			07
x	x	x			02
	x	x	x		01
		x	x		05
x	x	x	x		03
			x		01
	x		x		12
x			x		08
x	x		x		12
x		x	x	x	04
	x	x	x	x	01
	x		x	x	01
x		x		x	01
x	x	x	x	x	01
x			x	x	01
Total: 103					

Quadro 5.1 – Distribuição das empresas pesquisadas por indicadores em TIB

Fonte: elaboração própria

Na **tabela 5.1** encontra-se a distribuição das empresas conforme o indicador mais avançado – critério adotado neste trabalho de pesquisa para classificar as empresas que têm mais de uma certificação.

Por exemplo, uma empresa que tem a certificação ISO 9001 (PF5) e também a certificação TS 16949 (PF4), será considerada como TS 16949 (perfil PF4 – extra-básico).

Perfil	Indicadores	No de empresas
PF5	Empresas certificadas ISO 9001	25 (24,3%)
PF4	Empresas certificadas TS 16949 ou NBR 15100 (setor específico)	16 (15,5%)
PF3	Empresas certificadas ISO 17025 e/ou com produtos certificados	11 (10,7%)
PF2	Empresas certificadas ISO 14001 e/ou com processos de medição automatizados	42 (40,8%)
PF1	Empresas participantes de Comitês Normativos internacionais e/ou que apresentam sistemas inovadores de medição	09 (8,7%)
		103 (100%)

Tabela 5.1 – Distribuição das empresas pesquisadas por indicador em TIB
Fonte: elaboração própria

5.1.3 – Dados ausentes

Forza (2002) lembra que a administração de dados ausentes é uma questão chave em um *survey* e que não pode ser desprezada. Este mesmo autor propõe que, para minimizar a presença de dados ausentes, deve-se projetar muito bem o questionário e fornecer informações claras aos respondentes, com o objetivo de aumentar o envolvimento deles, mas alerta que mesmo assim, inevitavelmente, alguns dados estarão ausentes.

Para Hair et al. (2005) dados ausentes são uma informação não disponível a respeito de um caso sobre o qual outras informações estão disponíveis. Como isso é quase que um fato consumado em *surveys*, esses mesmos autores informam que o pesquisador dispõe de três opções: a) utilizar a abordagem de caso completo, que consiste na eliminação completa de todos os respondentes que possuem pelo menos um dado ausente; b) analisar caso a caso os dados ausentes e eliminar somente os casos e/ou variáveis que se revelarem problemáticos de fato e c) utilizar métodos de atribuição para estimar os valores perdidos com base em valores válidos de outras variáveis e/ou casos da amostra.

O número total de questionários respondidos foi de 103 e quatro deles apresentaram dados ausentes (duas ou três questões sem respostas de um total de 25 questões por questionário). Como o número de empresas foi pequeno, este autor, por meio de telefonemas, verificou os motivos do não preenchimento (esquecimento, não entendimento do que estava sendo perguntado, entre outros motivos menores) e, por meio de esclarecimentos, conseguiu as respostas ausentes. Nenhum questionário se revelou problemático e nem tão pouco foi eliminado por completo.

5.1.4 – Dados extremos

Dados extremos são aqueles que destoam significativamente dos demais e podem influenciar excessivamente o resultado de qualquer análise e, em função disto, o seu grau de influência merece ser analisado.

Neste trabalho de pesquisa já foi feita uma triagem inicial de alguns perfis de empresas certificadas que poderiam destoar muito das demais, e que por consequência poderiam influenciar muito o resultado da pesquisa. São alguns exemplos: exclusão de empresas de representantes comerciais, simples prestadores de serviços, comerciantes e outras atividades que não são configuradas como atividades de produção.

Neste trabalho de pesquisa nenhum dado extremo foi eliminado. Todos foram mantidos e o seu possível impacto nos resultados da pesquisa será avaliado mais a frente.

5.2 – Estatística Descritiva dos Dados Levantados

Neste item apresentam-se as estatísticas dos dados coletados, antes de se empreender a análise das proposições de pesquisa.

5.2.1 – Dados relativos aos indicadores de capacidade tecnológica

No **quadro 5.3** estão sintetizadas as quantidades de respostas das empresas pesquisadas, por indicadores de capacidade tecnológica. As respostas completas, por empresa, que serviram de dados de entrada (dados de *input*) para o *software* e que servirão para o teste das Proposições 1, 2 e 3 (P1, P2 e P3) estão no **APÊNDICE D** deste trabalho.

No **quadro 5.2**, a seguir, estão resumidos os indicadores de capacidade tecnológica definidos no capítulo 4 deste trabalho de pesquisa e as questões a partir das quais serão calculados os indicadores.

RELAÇÃO DE INDICADORES DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA	ESCALAS	REFERENTE AO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA – PARTE II
IND1 – Enga reversa	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 1
IND2 – Adapt. às necessidades do mercado	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 2
IND3 – Esforços em equipamentos	Métrica (%)	Questões 8, 9, 10 e 11
IND4 – Relação com fornecedores	Métrica (%)	Questões 12,13 e 14
IND5 – Controle da qualidade	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 16
IND6 – Inovações incrementais nos produtos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 3
IND7 – Adapt. incrementais nos processos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 5
IND8 – Licenciamento de tecnologias	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 6
IND9 – Co-desenv. com fornecedores	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 15
IND10 – Competências organizacionais	Métrica (%)	Questões 17,18,19,20 e 21
IND11 – Cooperação em C&T	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 22
IND12 – Inovações radicais nos processos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 7
IND13 – Inovações radicais nos produtos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 4
IND14 – Esforços em P&D	Métrica (%)	Questões 23, 24 e 25

Quadro 5.2 – Indicadores de capacidade tecnológica

Fonte: elaboração própria

	PF5 25 empresas	PF4 16 empresas	PF3 11 empresas	PF2 42 empresas	PF1 09 empresas
	Nº empresas/(%)	Nº empresas/(%)	Nº empresas/(%)	Nº empresas/(%)	Nº empresas/(%)
IND1	0: 06 (24%) 1: 19 (76%)	0: 05 (31%) 1: 11 (69%)	0: 04 (36%) 1: 07 (64%)	0: 12 (29%) 1: 30 (71%)	0: 01 (11%) 1: 08 (89%)
IND2	0: ----- 1: 25 (100%)	0: 02 (13%) 1: 14 (87%)	0: ----- 1:11 (100%)	0: 01 (2%) 1: 41 (98%)	0: ----- 1:09 (100%)
IND3	0: ----- 25: ----- 50: 03 (12%) 75: 06 (24%) 100: 16 (64%)	0: ----- 25: ----- 50: 01 (6%) 75: 04 (24%) 100: 11 (70%)	0: ----- 25: ----- 50: ----- 75: 03 (27%) 100: 08 (73%)	0: ----- 25: ----- 50: 10 (24%) 75: 11 (26%) 100: 21 (50%)	0: ----- 25: ----- 50: 01 (11%) 75: 03 (33%) 100: 05 (56%)
IND4	0: ----- 33: ----- 67: 01 (4%) 100: 24 (96%)	0: ----- 33: ----- 67: ----- 100:16 (100%)	0: ----- 33: ----- 67: 02 (18%) 100: 09 (82%)	0: ----- 33: ----- 67: 02 (5%) 100: 40 (95%)	0: ----- 33: ----- 67: 02 (22%) 100: 07 (78%)
IND5	0: ----- 1: 25 (100%)	0: ----- 1:16 (100%)	0: ----- 1:11 (100%)	0: ----- 1:42(100%)	0: ----- 1:09 (100%)
IND6	0: 05 (20%) 1: 20 (80%)	0: 04 (25%) 1: 12 (75%)	0: ----- 1:11 (100%)	0: 09 (21%) 1: 33 (79%)	0: ----- 1:09 (100%)
IND7	0: 02 (8%) 1: 23 (92%)	0: ----- 1:16 (100%)	0: 01 (9%) 1: 10 (91%)	0: 01 (2%) 1: 41 (98%)	0: ----- 1:09 (100%)
IND8	0: 19 (76%) 1: 06 (24%)	0: 14 (88%) 1: 02 (12%)	0: 05 (45%) 1: 06 (55%)	0: 30 (71%) 1: 12 (29%)	0: 06(67%) 1: 03(33%)
IND9	0: 03 (12%) 1: 22 (88%)	0: 04 (25%) 1: 12 (75%)	0: 03 (27%) 1: 08 (73%)	0: 07 (17%) 1: 35 (83%)	0: 02(22%) 1: 07(78%)

Continua

IND10	0: 01 (4%) 20: 03 (12%) 40: 06 (24%) 60: 09 (36%) 80: 03 (12%) 100: 03 (12%)	0: ----- 20: 02 (12%) 40: 04 (25%) 60: 03 (18%) 80: 02 (12%) 100: 05 (31%)	0: ----- 20: ----- 40: 03 (27%) 60: 01 (9%) 80: 05 (45%) 100: 02 (18%)	0: ----- 20: ----- 40: 03 (7%) 60: 04 (9%) 80: 21 (50%) 100: 14 (33%)	0: ----- 20: ----- 40: ----- 60: 01 (11%) 80: 03 (33%) 100: 05 (56%)
IND11	0: 21 (84%) 1: 04 (16%)	0: 10 (62%) 1: 06 (38%)	0: 05 (45%) 1: 06 (55%)	0: 25 (59%) 1: 17 (41%)	0: 01 (11%) 1: 08 (89%)
IND12	0: 23 (92%) 1: 02 (8%)	0: 14 (88%) 1: 02 (12%)	0: 09 (81%) 1: 02 (19%)	0: 28 (67%) 1: 14 (33%)	0: 05 (55%) 1: 04 (45%)
IND13	0: 20 (80%) 1: 05 (20%)	0: 11 (68%) 1: 05 (32%)	0: 09 (81%) 1: 02 (19%)	0: 25 (59%) 1: 17 (41%)	0: 03 (33%) 1: 06 (67%)
IND14	0: 09 (36%) 33: 10 (40%) 67: 05 (20%) 100: 01 (4%)	0: 12 (75%) 33: 03 (18%) 67: 01 (7%) 100: -----	0: 04 (36%) 33: 05 (45%) 67: 02 (19%) 100: -----	0: 17 (41%) 33: 13 (31%) 67: 12 (28%) 100: -----	0: ----- 33: 02 (22%) 67: 07 (78%) 100: -----

Quadro 5.3 – Síntese das quantidades de respostas das empresas da amostra, por indicador
Fonte: elaboração própria

5.2.2 – Dados relativos aos mecanismos de aprendizagem em TIB

No **quadro 5.4** estão sintetizadas as respostas de todas as empresas pesquisadas, sobre os mecanismos de aprendizagem em TIB utilizados pelas mesmas. As respostas completas, por empresa, que serviram de dados de entrada (dados de *input*) para o *software* e que servirão de base para o teste da Proposição 4 (P4), estão no **APÊNDICE E** deste trabalho.

		Perfis respondidos (frequências observadas)				
		PF1	PF2	PF3	PF4	PF5
Nível da empresa em TIB (real)	Qdade de empresas (total 103)	Frequência observada/Frequência esperada (real)				
PF1	09	04/09	02/00	02/00	01/00	----
PF2	42	----	13/42	02/00	18/00	09/00
PF3	11	----	02/00	09/11	----	----
PF4	16	----	----	----	14/16	02/00
PF5	25	----	----	----	04/00	21/25

Quadro 5.4 – Síntese das respostas das empresas da amostra, por perfil
Fonte: elaboração própria

5.3 – A Escolha das Técnicas Estatísticas

Para a verificação das três primeiras proposições (P1, P2 e P3) utilizaremos uma técnica de dependência. As técnicas de dependência referem-se à determinação de modelos nos quais uma ou mais variáveis são dependentes do comportamento de outra(s) variável(is). Estas últimas (ou talvez apenas uma única variável) são conhecidas por variáveis explicativas (ou independentes).

No **quadro 5.5** são apresentados, de forma teórica, os modelos referentes a cada uma das técnicas de dependência, sendo que as variáveis “Y” são as dependentes e as variáveis “X” as explicativas.

Técnica de Dependência	Variáveis Dependentes	Variáveis Explicativas
Análise de Regressão Simples	Y métrica	X métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)
Análise de Regressão Múltipla	Y métrica	X1, X2, ..., Xn métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)
Análise Discriminante	Y Não-métrica	X1, X2, ..., Xn métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)
Regressão Logística	Y Não-métrica (<i>dummy</i>)	X1, X2, ..., Xn métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)
Análise Multivariada de Variância	Y1, Y2, ..., Yn Métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)	X1, X2, ..., Xn Não-métricas
Correlação Canônica	Y1, Y2, ..., Yn Métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)	X1, X2, ..., Xn métricas ou não-métricas (<i>dummies</i>)

Quadro 5.5 – Técnicas de dependência

Fonte: Fávero et al. (2009)

Como estamos relacionando, a priori, 5 variáveis independentes com 14 dependentes, temos duas possibilidades de uso de técnicas de dependência: a análise multivariada de variância (MANOVA) e a correlação canônica.

Para este trabalho de pesquisa foi adotada a técnica da correlação canônica, pois além de ser considerada como a técnica de dependência mais geral por vários autores (Hair, Anderson, Tatham e Black, 2005; Mingoti, 2005), é uma técnica estatística que permite a

avaliação da relação entre variáveis independentes e dependentes múltiplas (métricas ou não métricas).

Já no caso da verificação da proposição P4, utilizaremos a técnica da Análise da Correspondência, também conhecida como ANACOR.

A ANACOR é uma técnica exploratória que permite ao pesquisador estudar a associação das categorias presentes em duas variáveis não-métricas e, ao mesmo tempo, criar mapas perceptuais que facilitem a visualização desta associação, permitindo verificar se a mesma ocorre ou não de forma aleatória. A análise de correspondência difere das demais técnicas de interdependência pelo fato de trabalhar com dados não-métricos ou com dados métricos que passaram por um processo de categorização.

A análise de correspondência é uma das técnicas recentemente desenvolvidas para analisar relações e dados com respostas categóricas, medidos em termos nominais ou ordinais, e tem como principal objetivo agrupar variáveis altamente associadas, tendo como consequência a representação das relações entre as categorias das variáveis em um mapa perceptual, permitindo, desta maneira, um exame visual de qualquer padrão ou estrutura nos dados.

A **tabela 5.2** resume os objetivos deste trabalho, as proposições e as técnicas estatísticas utilizadas.

Objetivos específicos	Proposições	Técnicas utilizadas
Verificar se existe relação entre TIB e capacidade tecnológica, identificando, ou não, evidências de contribuição da TIB em todos os estágios de capacidade tecnológica das empresas; bem como as principais relações que podem ser estabelecidas entre ambas.	P1, P2 e P3	Correlação Canônica
Verificar se existe variação na utilização dos mecanismos de aprendizagem em TIB, empregados pelas empresas, no decorrer do processo de formação e acumulação de suas competências.	P4	ANACOR

Tabela 5.2 – Relação entre os objetivos específicos, proposições e as técnicas estatísticas
Fonte: elaboração própria

5.4 – A Técnica da Correlação Canônica e as Proposições P1, P2 E P3

De acordo com Fávero *et al.* (2009), a técnica de correlação canônica, considerada por muitos como a técnica de dependência mais geral por meio da qual todas as outras derivam, ainda é pouco explorada. Mesmo com o surgimento e o aprimoramento de programas

computacionais que permitem a sua aplicação, o desconhecimento, por parte de alguns pesquisadores, dos seus objetivos e do seu potencial, ainda faz com que esta técnica seja pouco estudada e aplicada em trabalhos empíricos, se comparada, por exemplo, às técnicas de regressão múltipla ou análise discriminante.

O objetivo da correlação canônica é quantificar a força da relação existente entre dois vetores de variáveis, representados pelas dependentes e pelas independentes. Como discutem Alpert e Peterson (1972) e Doutriaux e Crener (1982), a correlação canônica identifica a estrutura ótima de cada vetor de variáveis que maximiza a relação entre as variáveis dependentes e as variáveis independentes, desenvolvendo uma combinação linear para cada conjunto de variáveis de modo a maximizar a correlação entre os dois conjuntos.

Segundo Epley (2001), um modelo de correlação canônica, de forma geral, pode ser escrito como: $(C_1 \dots C_q) = f(P_1 \dots P_p)$

Em que C_i são as variáveis dependentes (também conhecidas como *criterion*) e P_i , as variáveis independentes (chamadas de *predictor*). Os subscritos q e p referem-se ao número máximo de variáveis Y e X , respectivamente.

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_q = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_p$$

No caso deste trabalho de pesquisa, temos como C_i os indicadores de capacidade tecnológica (dependentes); e como P_i os cinco níveis de TIB (independentes).

$$C_1 + C_2 + C_3, \dots, C_{14} = P_1 + P_2 + P_3, \dots, P_5$$

$$IND1 + IND2 + IND3, \dots, IND14 = PF1 + PF2 + PF3, \dots, PF5$$

A maioria das técnicas de dependência são casos particulares da análise de correlação canônica. Se o vetor de variáveis Y (*criterion*) tiver apenas uma única variável, então a correlação canônica será reduzida ao que conhecemos por regressão múltipla. Se o vetor de variáveis X (*predictor*) também tiver uma única variável, chegamos à técnica de regressão simples. Como as técnicas de análise discriminante e de regressão logística são casos especiais das técnicas de regressão, também são derivações da técnica mais geral de correlação canônica.

Quando o vetor *criterion* é formado por variáveis *dummy* (variável binária: atribuição “0” ou “1”), temos uma análise discriminante de múltiplos grupos. Por outro lado, quando o vetor *predictor* é formado por variáveis *dummy* (e o vetor *criterion* possuir mais de uma variável), estamos diante de uma MANOVA (SHARMA, 1996).

A contribuição da técnica de correlação canônica refere-se à identificação e à quantificação de relações existentes entre dois vetores de variáveis e pode ser aplicada em diversos tipos de problemas. A flexibilidade inerente à técnica, em relação ao número de variáveis a serem incluídas nos vetores *criterion* e *predictor*, faz com que a mesma se torne uma possibilidade real e interessante quando da abordagem de problemas multivariados mais complexos, de acordo com Hair; Anderson; Tatham; Black (2005).

5.4.1 – A modelagem da correlação canônica da pesquisa

Seguindo a estrutura proposta por Sharma (1996), para este trabalho de pesquisa temos um banco de dados composto por cinco variáveis independentes (PF1, PF2, PF3, PF4 e PF5) e 13 variáveis dependentes (IND1, IND2, IND3, IND4, IND6, ..., IND14), uma vez que o IND5 não se tornou variável discriminante, pois foi respondido de forma positiva pelas 103 empresas, sendo por isso desconsiderado desta análise de variáveis.

O número de funções canônicas é definido como sendo o conjunto com o menor número de variáveis, quer seja o das independentes ou o das dependentes. Portanto, para este trabalho de pesquisa, o número de funções canônicas é cinco.

Ao contrário de outros *softwares* estatísticos, a técnica de correlação canônica não está diretamente disponível em um determinado menu no SPSS. Portanto, é necessária a digitação de sua sintaxe no menu **FILE NEW SYNTAX**, conforme **quadro 5.6**.

Genericamente, a sintaxe desta técnica pode ser escrita da seguinte forma:

```
MANOVA Ind1 Ind2 Ind3 Ind4 Ind6 Ind7 Ind8 Ind9 Ind10 Ind11 Ind12 Ind13 Ind14
with PF5 PF4 PF3 PF2 PF1
/print=error (SSCP COV COR) signif
(hypoth eigen dimenr)
/discrim=raw stan estim cor alpha(1.0)
/residuals=casewise plot
/design.
```

Quadro 5.6 – Sintaxe executada para obtenção das correlações canônicas
Fonte: elaboração própria a partir dos dados de entrada

5.4.2 – As variáveis e as correlações canônicas

Seguem nas **tabelas 5.3 e 5.4** os valores dos coeficientes canônicos originais das variáveis dependentes e independentes, respectivamente, para os cinco vetores.

Raw canonical coefficients for DEPENDENT variables					
Function No.					
Variable	1	2	3	4	5
Ind1	-.62307	.52399	1.31804	.25017	.17060
Ind2	-.78097	1.42545	.90977	-.28597	-1.27288
Ind3	1.68640	1.12248	-1.28874	-.25031	2.00675
Ind4	2.15437	-.66079	3.29921	2.46251	-9.19479
Ind6	.48372	.32396	-1.52962	.73243	.44496
Ind7	-.84075	-1.17651	-1.09279	.50450	2.49221
Ind8	.08142	.80970	-.56624	1.12837	-.89163
Ind9	.75048	-.57588	.90557	-.96552	.44034
Ind10	-2.07455	-2.42197	-.00397	2.11848	.05674
Ind11	-.25313	-.49635	-.50938	-.92788	-.61407
Ind12	-.67239	.56345	.35386	.85589	1.13915
Ind13	-.58504	-.05745	.34221	-.81466	-.21417
Ind14	-.51158	1.09756	-1.34908	-2.06540	-1.80107

Tabela 5.3 – Coeficientes canônicos originais das variáveis dependentes

Fonte: relatório de saída do software

Raw canonical coefficients for COVARIATES					
Function No.					
COVARIATE	1	2	3	4	5
PF5	-.58001	.53859	.91096	-.74382	2.19349
PF4	-.00847	-1.47359	-.46713	-.20618	1.90238
PF3	-.58834	.57111	-1.57792	1.59898	.68355
PF2	-1.55695	-.24383	1.11040	.72276	-.69105
PF1	-.96925	-.37295	-1.45157	-3.44586	-.50037

Tabela 5.4 – Coeficientes canônicos originais das variáveis independentes

Fonte: relatório de saída do software

Portanto, o primeiro vetor de variáveis canônicas é dado pelas seguintes equações canônicas, com aproximação de três casas decimais:

$$V1 = -0,623.IND1 - 0,780.IND2 + 1,686.IND3 + 2,154.IND4 + 0,483.IND6 - 0,840.IND7 + 0,081.IND8 + 0,750.IND9 - 2,074.IND10 - 0,253.IND11 - 0,672.IND12 - 0,585.IND13 - 0,511.IND14$$

$$W1 = -0,580.PF5 - 0,008.PF4 - 0,588.PF3 - 1,556.PF2 - 0,969.PF1$$

O segundo vetor de variáveis canônicas é dado por:

$$V2 = +0,523.IND1 + 1,425.IND2 + 1,122.IND3 - 0,660.IND4 + 0,323.IND6 - 1,176.IND7 + 0,809.IND8 - 0,575.IND9 - 2,421.IND10 - 0,496.IND11 + 0,563.IND12 - 0,057.IND13 + 1,097.IND14$$

$$W2 = 0,538.PF5 - 1,473.PF4 + 0,571.PF3 - 0,243.PF2 - 0,372.PF1$$

O terceiro vetor de variáveis canônicas é dado por:

$$V3 = +1,318.IND1 + 0,909.IND2 - 1,288.IND3 + 3,299.IND4 - 1,529.IND6 - 1,092.IND7 - 0,566.IND8 + 0,905.IND9 - 0,003.IND10 - 0,509.IND11 + 0,353.IND12 + 0,342.IND13 - 1,349.IND14$$

$$W3 = +0,910.PF5 - 0,467.PF4 - 1,577.PF3 + 1,110.PF2 - 1,451.PF1$$

O quarto vetor de variáveis canônicas é dado por:

$$V4 = +0,250.IND1 - 0,285.IND2 - 0,250.IND3 + 2,462.IND4 + 0,732.IND6 + 0,504.IND7 + 1,128.IND8 - 0,965.IND9 + 2,118.IND10 - 0,927.IND11 + 0,855.IND12 - 0,814.IND13 - 2,065.IND14$$

$$W4 = -0,743.PF5 - 0,206.PF4 + 1,598.PF3 + 0,722.PF2 - 3,445.PF1$$

E o quinto vetor de variáveis canônicas é dado por:

$$V5 = 0,170.IND1 - 1,272.IND2 + 2,006.IND3 - 9,194.IND4 + 0,444.IND6 + 2,492.IND7 - 0,891.IND8 + 0,440.IND9 + 0,056.IND10 - 0,614.IND11 + 1,139.IND12 - 0,214.IND13 - 1,801.IND14$$

$$W5 = +2,193.PF5 + 1,902.PF4 + 0,683.PF3 - 0,691.PF2 - 0,500.PF1$$

De posse destes cinco vetores de variáveis canônicas, o *software* determinou os valores das correlações canônicas (*Canon Cor.*) entre as variáveis canônicas W1 e V1; W2 e V2; W3 e V3; W4 e V4; W5 e V5, conforme **tab. 5.5**.

Eigenvalues and Canonical Correlations

Root	No.	Eigenvalue	Pct.	Cum.	Pct.	Canon Cor.	Sq. Cor
1		.73584		47.78072	47.78072	.65108	.42391
2		.41979		27.25811	75.03883	.54375	.29567
3		.24358		15.81630	90.85514	.44257	.19587
4		.11377		7.38733	98.24246	.31960	.10215
5		.02707		1.75754	100.00000	.16234	.02635

Tabela 5.5 – Correlações canônicas e raízes canônicas

Fonte: relatório de saída do software

Por exemplo, a correlação canônica entre as variáveis canônicas W1 e V1 é igual a 0,651. A raiz da correlação canônica (*Sq. Cor*) oferece o quanto de variância é influenciada em Vi por Wi.

5.4.3 – Testes estatísticos

Antes de interpretarmos as variáveis canônicas e as correlações canônicas, precisamos determinar se as correlações canônicas são estatisticamente significantes. Assim, as hipóteses nula e alternativa para avaliarmos a significância estatística das correlações canônicas são:

$$H_0: C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = 0$$

$$H_1: C_1 \neq C_2 \neq C_3 \neq C_4 \neq C_5 \neq 0$$

Estamos considerando, para este trabalho de pesquisa, um nível de significância de 5%.

Segundo Sharma (1996), a hipótese nula implica que a matriz de correlações entre as variáveis seja zero. Um dos testes estatísticos que verifica esta hipótese é o Wilk's lambda,

$$\text{dado por: } \Lambda = \prod_{i=1}^n \left(1 - C_i^2 \right)$$

Para o caso deste trabalho de pesquisa, então temos:

$$\Lambda = (1 - 0,423).(1 - 0,295).(1 - 0,195).(1 - 0,102).(1 - 0,026) = 0,286$$

Notamos que o valor obtido é o mesmo do apresentado nas **tabelas 5.6 e 5.7**:

Multivariate Tests of Significance (S = 5, M = 3 1/2, N = 41 1/2)

Test Name	Value Approx.	F Hypoth.	DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	1.04395	1.80661	65.00	445.00	.000
Hotellings	1.54004	1.97600	65.00	417.00	.000
Wilks	.28523	1.89722	65.00	405.64	.000
Roys	.42391				

Tabela 5.6 – Teste estatístico do Wilk's lambda

Fonte: relatório de saída

Dimension Reduction Analysis

Roots	Wilks L.	F	Hypoth.DF	Error DF	Sig. of F
1 TO 5	.28523	1.89722	65.00	405.64	.000
2 TO 5	.49512	1.39020	48.00	333.32	.052
3 TO 5	.70296	.98976	33.00	257.02	.489
4 TO 5	.87419	.61195	20.00	176.00	.901
5 TO 5	.97365	.26766	9.00	89.00	.982

Tabela 5.7 – Teste estatístico F para Wilk's lambda**Fonte: relatório de saída do software**

A significância estatística do Wilk's lambda pode ser verificada por meio do seguinte teste estatístico:

$B = -[n - 1 - \frac{1}{2}(p+q+1)]. \ln \Lambda$ que tem aproximadamente uma distribuição qui-quadrada com $p \times q$ ($13 \times 5 = 65$) graus de liberdade.

Portanto, para este trabalho de pesquisa:

$B = -[103 - 1 - \frac{1}{2}(13+5+1)]. \ln 0,286 = 115,79$ que possui uma distribuição qui-quadrada com 65 graus de liberdade. O valor 115,79 é estatisticamente significativo a 5%, o que faz com que a hipótese nula seja rejeitada (as correlações canônicas não são iguais a zero).

Seguindo o procedimento adotado por Sharma (1996), é possível afirmar que este teste estatístico é um teste geral porque avalia a significância estatística de todas as correlações canônicas.

Em outras palavras, a rejeição da hipótese nula implica que ao menos a primeira correlação canônica seja estatisticamente significativa, porém é possível que as demais correlações canônicas não sejam significantes.

Como o *software* SPSS não oferece o teste qui-quadrado para a avaliação da significância estatística das correlações canônicas, o teste F é adotado, pelo fato de oferecer as mesmas conclusões do teste qui-quadrado, como pode ser observado por meio dos resultados apresentados na **tabela 5.7**. Dessa forma podemos observar que apenas a primeira correlação canônica encontrou significância estatística (*sig. of F* < 5%).

5.4.4 – Resultados práticos da correlação canônica

Uma vez estudada a significância estatística das correlações canônicas, necessitamos agora determinar o que as combinações lineares das correlações canônicas significantes representam, já que as variáveis canônicas são composições lineares das variáveis originais.

Para tanto, consideraremos as correlações simples entre as variáveis e as variáveis canônicas, a fim de tornarem mais estáveis as interpretações. Estas correlações simples são chamadas de cargas ou correlações estruturais.

Correlations between DEPENDENT and canonical variables
Function No.

Variable	1	2	3	4	5
Ind1	-.48077	.53791	.24899	-.05830	.05278
Ind2	-.18721	.34098	.09163	.02310	-.10827
Ind3	.22442	.20147	-.36221	-.04289	.27839
Ind4	.27680	-.25357	.21095	.24601	-.48066
Ind6	-.17810	.30045	-.45701	.12979	.06509
Ind7	-.09455	-.34566	-.16176	-.00468	.13762
Ind8	-.09419	.25589	-.31871	.40951	-.36721
Ind9	.07063	-.21802	.10878	-.11416	-.00643
Ind10	-.60951	-.45287	-.22807	.31167	-.07882
Ind11	-.37065	-.17937	-.51464	-.28664	-.17873
Ind12	-.53052	.26041	.00457	.19608	.24184
Ind13	-.46617	.03003	.09855	-.29718	-.01258
Ind14	-.51511	.30385	-.31718	-.32345	-.20815

Tabela 5.8 – Cargas entre as variáveis dependentes e as variáveis canônicas
Fonte: relatório de saída do software

Por meio da **tabela 5.8**, é possível verificar que a influência da variável IND10 é maior para a formação do vetor V_1 .

Correlations between COVARIATES and canonical variables
CAN. VAR.

Covariate	1	2	3	4	5
PF5	-.22752	.66925	.33851	-.23455	.57509
PF4	-.01137	-.94149	-.10012	.10303	.30469
PF3	-.46725	.40204	-.68247	.34932	.17962
PF2	-.84633	-.36060	.28788	.18376	-.19249
PF1	-.57327	.02870	-.49087	-.63314	-.16947

Tabela 5.9 – Cargas entre as variáveis independentes e as variáveis canônicas

Fonte: relatório de saída do software

Já a **tabela 5.9** revela que a variável PF2 possui uma influência maior para a formação do vetor W_1 , entre todas as outras variáveis.

Este resultado levou em conta todas as variáveis (dependentes e independentes) sendo analisadas conjuntamente. Verificou-se forte influência da variável dependente IND10 e também da variável independente PF2.

Na sequência, visando conferir maior robustez aos resultados finais, o *software* considerou a análise individual das variáveis dependentes (os indicadores de capacidade tecnológica).

Esse teste consistiu na aplicação da técnica da regressão linear simples com um nível de significância de 5%.

No **APÊNDICE F** estão todas as tabelas, extraídas do relatório de saída do *software*, que mostram os resultados obtidos da aplicação da técnica da regressão linear simples para todos os indicadores de capacidade tecnológica (CT). Podemos, a partir daí, avaliar quais os indicadores de TIB que são mais significativos para os indicadores de CT.

O **quadro 5.23** mostra todos os valores de nível de significância encontrados.

			Indicadores de TIB				
			ISO 9001	TS 16949	ISO 17025; Certific. de produtos.	ISO 14001; Automação das medições	Particip. em Comitês normativos internac; Sistemas inovadores de medição.
Níveis de capacidade tecnológica	Avançado	IND14	0,513	0,340	0,161	0,174	0,022 *
		IND13	0,250	0,912	0,887	0,034 *	0,145
		IND12	0,198	0,532	0,084	0,012 *	0,906
	Intermediário	IND11	0,642	0,357	0,239	0,627	0,014 *
		IND10	0,677	0,094	0,071	0,001 *	0,411
		IND9	0,934	0,526	0,360	0,946	0,887
		IND8	0,340	0,251	0,041 *	0,849	0,588
		IND7	0,756	0,151	0,825	0,833	0,559
		IND6	0,885	0,577	0,024 *	0,773	0,606
	Básico	IND4	0,208	0,978	0,288	0,878	0,203
		IND3	0,808	0,997	0,332	0,029 *	0,846
		IND2	0,528	0,183	0,646	0,337	0,946
		IND1	0,050 *	0,043 *	0,500	0,010 *	0,792

Quadro 5.23 – Resumo dos valores de significâncias encontradas

Fonte: elaboração própria a partir dos dados do relatório de saída do software

(*) Relações que se mostraram significativas ao nível de 5%

Pode-se notar que, dentre todos os valores de significância estatística encontrados, aquele mais representativo é justamente o da relação PF2/IND10 ($\alpha = 0,001$), o que confirma o resultado anterior encontrado quando da análise conjunta de todas as variáveis dependentes e independentes.

Se levarmos em consideração que as proposições P1, P2 e P3 relacionam de forma positiva os indicadores de TIB com os indicadores de CT nos níveis básico, intermediário e avançado respectivamente, era de se esperar que ocorressem relações estatisticamente significativas entre esses indicadores dentro dos três níveis considerados. E de fato a pesquisa revelou que os valores estatisticamente significativos mostraram uma tendência de distribuição ao longo da área sombreada do **quadro 5.24**, que representa o local das relações significativas esperadas.

			Indicadores de TIB				
			ISO 9001	TS 16949	ISO 17025; Certific. de produtos.	ISO 14001; Automação medições	Particip. em Comitês normativos internac; Sistemas inovadores de medição.
Níveis de capacidade tecnológica	Avançado	IND14					0,022
		IND13				0,034	
		IND12				0,012	
	Intermediário	IND11					0,014
		IND10				0,001	
		IND9					
		IND8			0,041		
		IND7					
		IND6			0,024		
	Básico	IND4					
		IND3				0,029	
		IND2					
		IND1	0,050	0,043		0,010	

Quadro 5.24 – Tendência de distribuição das relações significativas

Fonte: elaboração própria

Na sequência analisaremos individualmente cada uma dessas três proposições.

5.4.5 – A análise da proposição 1 (P1)

A P1 foi formulada no nível básico de uma empresa e propõe a associação significativa entre os indicadores de certificação ISO 9001 (PF5) e/ou certificação TS 16949 (PF4) com os indicadores IND1, IND2, IND3 e IND4.

Diante dos resultados encontrados podemos concluir que foi encontrada associação significativa entre os indicadores de PF5 e PF4 com o IND1 (atividades de engenharia reversa).

O que podemos depreender deste resultado é que as empresas em questão, por estarem ainda em um nível básico de capacidade, e conseqüentemente iniciando sua escalada em busca de melhorias de qualidade em seus produtos, encontrem na engenharia reversa uma das formas de se atingir este fim. Com a conquista da certificação de seu sistema de gestão da qualidade segundo a ISO 9001, a empresa passa a dispensar um tratamento sistêmico à avaliação da conformidade de seus produtos e processos. Este tratamento sistêmico adota o

modelo PDCA (planejar, fazer, verificar e agir), estabelecendo ações que contemplam desde a seleção da norma técnica adequada, passando pela fase de engenharia do produto/engenharia reversa, até o acompanhamento do produto no mercado ao longo do tempo. Nesse sentido podemos considerar que a ISO 9001 e também a TS 16949, sendo indutoras deste processo de melhoria contínua e tendo a empresa evoluído na questão metrológica, motivada pelas exigências dessas mesmas normas, representa um forte indicativo de contribuição para a melhoria da capacidade tecnológica da empresa.

Já com relação às atividades representadas pelos indicadores IND2/3/4, a pesquisa revelou que as certificações ISO 9001 e TS 16949 não impactam nas mesmas, embora exista um elevado valor porcentual de realização dessas atividades por parte dessas empresas certificadas, como pode ser observado no **quadro 5.3**. Ou seja, as atividades são executadas, porém não é significativa a diferença das mesmas entre os indicadores de TIB.

5.4.6 – A análise da proposição 2 (P2)

A P2 foi formulada no nível intermediário de uma empresa e propõe associação significativa entre os indicadores de PF3 e PF2 (certificação ISO 17025, certificação de produtos, certificação ISO 14001 e automação de processos de medição) com os indicadores IND6, IND7, IND8, IND9, IND10 e IND11.

Diante dos resultados encontrados podemos concluir que foi encontrada associação significativa entre os indicadores de PF2 e PF3 com os indicadores IND6 (inovações incrementais nos produtos), IND8 (licenciamento de tecnologias) e IND10 (competências organizacionais – prática de *JIT*, *Kaizen*, TQC/TQM e uso de sistemas integrados de informação).

Diante deste resultado podemos inferir que uma empresa que é certificada ISO 17025 – norma que trata de competência de laboratórios de ensaio e calibração – e que portanto tem um grande conhecimento metrológico, consegue projetar e garantir produtos confiáveis e certificados por rígidas normas internacionais, pois seu sistema de medição é reconhecido internacionalmente por sua competência. Uma empresa com esse perfil consegue introduzir inovações incrementais em seus produtos com maior facilidade. Acrescenta-se a isso o fato de que a automação de um processo de medição garante uma taxa maior de repetibilidade e reprodutibilidade das medições e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade do produto final.

Já a integração de uma máquina de medição de coordenadas (MMC) com o centro de usinagem, além de permitir a automação de resultados, melhora a performance no equipamento de medição. Uma MMC permite uma informação rápida e precisa com um sistema de retroalimentação que transmite os dados obtidos na medição por coordenadas para o centro de usinagem, corrigindo a programação e melhorando a exatidão do produto. Nesse caso torna-se evidente a contribuição da metrologia em um processo de inovação incremental nos produtos e no uso de sistemas integrados de informação.

No caso da certificação ambiental ISO 14001, ela reflete um alto grau de amadurecimento com relação à consciência ecológica e ao potencial tecnológico da empresa. Geralmente essas empresas são líderes de cadeias de fornecimento ou simplesmente participam delas. Como condição básica para participarem dessas cadeias há a necessidade de se estruturarem para realizar *eco-design*, avaliação de ciclo de vida em seus produtos, rotulagem ambiental, práticas de *just-in-time*, *Kaizen*, TQC/TQM, sistemas integrados de informação e facilidade de adaptar seus arranjos físicos à linha de produção, entre outras atividades.

Os resultados desta pesquisa corroboram, em parte, os estudos de Vasconcelos (2007) que chegou a algumas conclusões interessantes a partir dos dados do documento lançado pelo MCT/Finep e CNI/IEL em 2006 – *Brasil Inovador. O desafio Empreendedor – 40 histórias de sucesso de empresas que investem em inovação*, onde esse autor compilou algumas conclusões interessantes. São elas:

- em quase 60% dos casos amostrados de empresas que aumentaram de forma significativa a produtividade, lucratividade e competitividade há, direta ou indiretamente, aspectos ambientais positivos envolvidos;
- em 33% das empresas amostradas, a inovação foi motivada por aspectos ambientais ou teve sua inclusão como principal característica da inovação;
- em 17% das empresas amostradas, mencionam-se melhorias nos aspectos ambientais, com redução de impactos ambientais, seja na fase de produção e/ou uso do produto, advindos da inovação tecnológica;

- os aspectos e benefícios ambientais, associados a produtos e seus processos, serão cada vez mais parâmetros de inovação e objetos de reconhecimento e validação por patentes ou normas técnicas.

Podemos considerar, a partir daí, que a ISO 17025, a certificação de produtos, a ISO 14001 e a automação dos processos de medição representam um indicativo de que são importantes na efetiva contribuição com o incremento da capacidade tecnológica das empresas.

As atividades relativas às adaptações incrementais nos processos (IND7) e os co-desenvolvimentos com fornecedores (IND9) acontecem em proporção similar em todos os perfis de TIB, portanto as ações em TIB não parecem influenciá-las. Já com relação ao IND11 (ações de cooperação em C&T), observa-se que o mesmo é mais significativo para as empresas de perfil PF1, e não para as de perfil PF2, como colocado nesta proposição.

5.4.7 – A análise da proposição 3 (P3)

A proposição P3 foi formulada no nível avançado de uma empresa e propõe associação significativa entre os indicadores de PF1 com os indicadores IND12, IND13 e IND14.

Diante dos resultados encontrados podemos concluir que foi encontrada associação significativa entre os indicadores de PF1 (participação em comitês normativos internacionais e desenvolvimento de sistemas inovadores de medição) com o IND14 (esforços em P&D). Ressaltamos, porém, que em um nível bem próximo ao avançado – o intermediário superior de TIB – também foram encontradas associações significativas, desta feita entre os indicadores de PF2 com os indicadores IND12 e IND13.

Entendemos que tal fato tenha ocorrido em virtude do pequeno número de empresas de perfil PF1 pesquisadas (apenas 9) e que por este motivo não tenha ocorrido significância estatística. Já com relação às 42 empresas de perfil PF2 isso não ocorreu. Mas de qualquer forma o resultado não deixou de ser coerente, uma vez que as empresas de perfil PF2 também estão em um alto patamar tecnológico.

Geralmente observa-se que uma empresa que participa ativamente de Comitês Normativos internacionais, influenciando tecnologicamente em suas decisões e/ou que possui

sistemas inovadores de medição, consegue empreender esforços em P&D, como por exemplo depositar patentes, possuir departamentos próprios de P&D e licenciar suas próprias tecnologias para terceiros.

Podemos considerar, a partir daí, que a participação em Comitês Normativos internacionais e a existência de sistemas inovadores de medição representam um indicativo de que são importantes na efetiva contribuição com o incremento da capacidade tecnológica das empresas.

Diante das análises dessas três proposições e da tendência revelada pelo **quadro 5.24** de distribuição dos valores estatisticamente significativos ao longo da área sombreada que representa o local das relações significativas esperadas, pode-se concluir que há fortes indícios de que a TIB exerce contribuição na formação e acumulação das competências tecnológicas das empresas nos três níveis considerados – básico, intermediário e avançado.

5.5 – A Técnica da Anacor e a Proposição P4

Retomando a segunda questão da pesquisa e a proposição P4:

2. Os mecanismos de aprendizagem em TIB variam durante o seu processo de formação e acumulação de competências ?

P4: *Os mecanismos de aprendizagem em TIB utilizados pelas empresas variam ao longo dos diversos estágios de formação e acumulação de suas capacidades.*

Para a verificação da proposição P4 utilizaremos a técnica da Análise da Correspondência, também conhecida como ANACOR.

A Análise de Correspondência (ANACOR) é uma técnica exploratória que trata, em essência, da distribuição de frequências resultantes de duas variáveis qualitativas, buscando explicitar a associação entre categorias das mesmas em um espaço multidimensional, de acordo com Fávero *et al.* (2009). Portanto, a ANACOR é uma técnica de análise de correspondência simples, destinada ao estudo da relação entre duas variáveis qualitativas.

Whitlark e Smith (2001) afirmam que a análise de correspondência é uma técnica que exhibe as associações entre um conjunto de variáveis categóricas em um mapa perceptual, permitindo, desta maneira, um exame visual de qualquer padrão ou estrutura de dados.

Conforme Hair, Anderson, Tatham e Black (2005), o mapa perceptual pode ser entendido como a representação visual das percepções que um respondente tem sobre seus objetos em duas ou mais dimensões. Eles também afirmam ser uma técnica para analisar relações não-lineares e dados com respostas categóricas e tem como principal objetivo agrupar variáveis altamente associadas.

Categorias com localização próxima na projeção plana têm relação mais forte do que categorias separadas por distâncias maiores. Quando categorias de uma mesma variável encontram-se em posições próximas no mapa da análise da correspondência, isto sugere que, independentemente de seus conteúdos, elas podem ser consideradas iguais no que tange à distribuição de massas do total das observações realizadas.

O método consiste de duas etapas básicas, referentes ao cálculo da medida de associação e à criação do mapa perceptual. A ANACOR utiliza o teste qui-quadrado para padronizar os valores das frequências e formar a base para as associações.

A partir de uma tabela de contingência, calculam-se as frequências esperadas e o valor do qui-quadrado para cada célula, considerando-se as diferenças entre as frequências observadas e as esperadas. Assim, com as medidas padronizadas da associação, a ANACOR gera uma medida em distância e cria projeções ortogonais sobre as quais as categorias podem ser alocadas, de forma a representar o grau de associação dado pelas distâncias qui-quadrado em um espaço dimensional.

Logo, é recomendável inicialmente a realização do teste qui-quadrado para a verificação da existência da dependência entre as duas variáveis e, conseqüentemente, para a avaliação da adequação da aplicação da ANACOR. Portanto, a ANACOR é usada como um teste complementar ao qui-quadrado, sendo necessária a rejeição da hipótese nula de igualdade de frequências, ou seja, é preciso rejeitar a hipótese de que as variáveis são independentes ou combinam-se de forma aleatória. É uma técnica interessante quando se tem muitas categorias em linha ou em coluna, pois representa graficamente, por meio de um mapa perceptual, a relação entre as mesmas, sendo as categorias mais semelhantes dispostas próximas umas das outras.

Em relação ao mapa perceptual, as coordenadas de cada categoria no gráfico são obtidas pelos escores, os quais são quantificações ótimas atribuídas às linhas e colunas de cada dimensão. Os escores nas dimensões representam as coordenadas dos pontos linhas e pontos colunas na representação gráfica e dependem do método de normalização escolhido.

O *singular value* (valor singular, autovalor ou *eigenvalue*) corresponde ao coeficiente da correlação R de Pearson entre os escores das duas variáveis (em linha e em coluna), isto é, mostra a variância total explicada por cada dimensão. Para cada dimensão, a inércia corresponde ao quadrado do *eigenvalue*, ou valor singular, sendo os maiores valores referentes às categorias dominantes naquela dimensão.

A interpretação da ANACOR, em termos de distância, depende do método de normalização utilizado. A normalização é utilizada para distribuir a inércia pelos escores, tanto em linha, quanto em coluna. Os métodos usuais de normalização são: simétrica (*symmetrical*), principal (*principal*), em linhas (*row principal*) e em colunas (*column principal*). Neste trabalho de pesquisa utilizamos a normalização simétrica, pois a mesma é indicada quando se busca examinar as diferenças ou similaridade entre duas variáveis. Neste caso a inércia é distribuída simetricamente pelos escores das linhas e das colunas.

Com o intuito de se responder à segunda questão de pesquisa deste trabalho, foi solicitado às empresas respondentes que indicassem, na parte III do questionário de pesquisa, qual dos cinco perfis descritos aquele que mais se aproximava dos mecanismos de aprendizagem em TIB praticados pela empresa.

Conhecendo-se o nível em TIB que as empresas efetivamente possuem, por meio das suas certificações declaradas na parte I do questionário (considerado como valor verdadeiro de resposta), verifica-se, ou não, a concordância com aquilo que foi respondido por elas na parte III (valor observado de resposta). Havendo concordância, depreende-se que há variação dos mecanismos de aprendizagem, pois as certificações vão sendo conquistadas ao longo do tempo. Ou seja, quanto mais próximos os valores real (nível em TIB que a empresa efetivamente tem) e o observado, mais significativa é a condição de variação dos mecanismos de aprendizagem em TIB.

Portanto, iniciando-se com o teste qui-quadrado, temos as duas hipóteses:

H0: Não há associação entre as categorias das duas variáveis (PF observado e PF real);

H1: Há associação entre as categorias das duas variáveis (PF observado e PF real).

Inserindo-se os dados coletados das 103 empresas no *software*, conforme **APÊNDICE E** (e resumido nos **quadro 5.4** e **5.25**), obtivemos as respostas do teste qui-quadrado e do mapa perceptual, conforme mostram o **quadro 5.26** e a **figura 5.1** a seguir.

Correspondence Table

Real	Observado					
	PF1_obs	PF2_obs	PF3_obs	PF4_obs	PF5_obs	Active Margin
PF1_real	4	2	2	1	0	9
PF2_real	0	13	2	18	9	42
PF3_real	0	2	9	0	0	11
PF4_real	0	0	0	14	2	16
PF5_real	0	0	0	4	21	25
Active Margin	4	17	13	37	32	103

Quadro 5.25 – Tabela de correspondências entre PF observado e PF real

Fonte: relatório de saída de resultados do software

Summary

Dimension	Singular Value	Inertia	Chi Square	Sig.	Proportion of Inertia		Confidence Singular Value	
					Accounted for	Cumulative	Standard Deviation	Correlation 2
1	.828	.686			.453	.453	.047	.313
2	.619	.384			.253	.706	.112	
3	.581	.338			.223	.929		
4	.328	.108			.071	1.000		
Total		1.516	156.130	.000 ^a	1.000	1.000		

a. 16 degrees of freedom

Quadro 5.26 – Resultado do teste qui-quadrado

Fonte: relatório de saída de resultados do software

Tendo em vista o resultado encontrado de qui-quadrado para o nível de significância praticamente nulo, rejeita-se a hipótese H_0 e considera-se como válida a hipótese H_1 , ou seja, há associação entre as frequências observada (respondido pela empresa) e esperada (real). Portanto, este resultado indica a existência da dependência entre as duas variáveis e, conseqüentemente, a adequação da aplicação da ANACOR.

Na seqüência, aplicando-se a técnica da ANACOR, chega-se ao mapa perceptual da **Figura 5.1**.

Figura 5.1 – Mapa perceptual

Fonte: relatório de saída de resultados do software

Constata-se, por esse mapa, que pelo fato das categorias das variáveis (PF observado e PF real) estarem dispostas próximas umas das outras, existe associação entre PF1 obs/PF1 real, PF2 obs/PF2 real, PF3 obs/PF3 real, PF4 obs/PF4 real e PF5 obs/PF5 real.

A aplicação da técnica ANACOR revelou que os valores encontrados como respostas no **quadro 5.4** pelas 103 empresas participantes da pesquisa mostraram-se associadas entre si, ou seja, são dependentes e não se distribuem de forma aleatória. Portanto, podemos considerar como aceita a proposição e concluir que os mecanismos de aprendizagem em TIB utilizados pelas empresas variam ao longo dos diversos estágios de formação e acumulação de suas capacidades, de acordo com o referencial analítico sintetizado na **Figura 3.1** do capítulo 3 e retomado a seguir, de forma esquemática, na **Figura 5.2**.

Figura 5.2: Esquema dos mecanismos de aprendizagem para a formação e acumulação de capacidades em TIB
Fonte: elaboração própria

Por fim, é importante ressaltar que, dadas as limitações desta pesquisa, as conclusões aqui obtidas são específicas para a amostra de 103 empresas pesquisadas do setor metal-mecânico. Portanto deve-se ter cautela quanto à generalização dos resultados avaliados.

E finalmente, um resumo das relações significativas entre os indicadores de TIB e os indicadores de capacidade tecnológica encontradas pode ser observado no **quadro 5.27** a seguir.

Indicador TIB	Indicador Capacidade Tecnológica	
ISO 9001 (PF5)	Prática de engenharia reversa (IND1)	
TS 16949 (PF4)		
ISO 14001 e/ou automações das medições (PF2)		
		Esforços em equipamentos (IND3)
		Competências Organizacionais (IND10)
	Inovações radicais no processo (IND13)	
ISO 17025 e/ou certif. de produtos (PF3)	Inovações radicais no produto (IND12)	
	Inovações incrementais no produto (IND6)	
	Licenciamento de tecnologias de terceiros (IND8)	
Sistemas inovadores de medição e/ou participação em Comitês normativos internacionais (PF1)	Cooperação em C&T (IND11)	
	Esforços em P&D (IND14)	

Quadro 5.27 – Síntese das relações estatisticamente significativas encontradas
Fonte: elaboração própria

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as contribuições para a teoria, as limitações da pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 – Principais Contribuições da Pesquisa

O objetivo deste estudo foi o de analisar e sistematizar o impacto de determinados aspectos ligados à Tecnologia Industrial Básica sobre a capacidade tecnológica de empresas.

A principal motivação para a sua realização foi a constatação de que havia poucos estudos que discutiam essa relação. Os trabalhos existentes não avaliavam consistentemente a relação entre TIB e capacidade tecnológica e concentravam-se, na maioria dos casos, na análise da superação de barreiras técnicas à exportação. Esta lacuna é fruto, provavelmente, do relativo pouco tempo de implantação dos Sistemas de Gestão da Qualidade no Brasil – a consolidação destes sistemas ocorreu a partir do início da década de 1990. As empresas certificadas ISO 9001 chegaram, em sua maioria, no máximo há 20 anos aqui no Brasil. A criação pelo Governo Federal do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade – PBQP a partir do início da década de 1990 foi um fator que contribuiu para que o Brasil se voltasse para o movimento em prol da melhoria da qualidade de produtos e serviços.

Elaborar um trabalho sobre esta eventual relação significa lidar com uma multiplicidade de conceitos e visões diferentes e isto se revelou um terreno desconhecido, que exigiu deste autor o afastamento de seu “pré-conhecimento”, a fim de minimizar ao extremo qualquer tipo de viés de pesquisa.

Isto foi feito a partir de uma sólida revisão bibliográfica sobre esses dois temas: TIB e capacidade tecnológica. Temas esses para os quais não existe um modelo de relacionamento pronto e formatado. Por conta disso, este autor elaborou, no Capítulo 3, a partir de informações colhidas na literatura, um referencial analítico de capacitação em TIB para empresas do setor metal-mecânico. Na sequência foi proposto, no Capítulo 4, um modelo de relacionamento entre os dois temas em questão, por meio da relação entre os indicadores de suas respectivas variáveis.

Para tanto, partiu-se do pressuposto de que as qualificações em TIB estão positivamente correlacionadas com o nível de capacidade tecnológica da empresa. Nesse

contexto foram formuladas quatro proposições de pesquisa. Essas proposições referem-se aos objetivos deste trabalho de pesquisa e formam a base de contribuição para a teoria.

O *survey* realizado revelou que existe contribuição da TIB na formação e acumulação das competências tecnológicas das empresas em todos os três níveis – básico, intermediário e avançado – conforme classificação proposta por Lall (1992) e que serviu de referência principal para este trabalho.

Muito embora outros autores como Fleury (1991) e Figueiredo (2003) tenham definido nomenclaturas diferentes para os diversos estágios de capacidade tecnológica (CT), consideraremos as conclusões deste trabalho sintetizadas nos três níveis propostos por Lall (1992).

As conclusões deste trabalho de pesquisa, quando analisadas nos três níveis de CT considerados, dão uma grande contribuição teórica para o entendimento da colaboração da TIB na formação e acumulação das capacidades tecnológicas das empresas.

Desta forma, tendo a matriz das capacidades tecnológicas de Lall (1992) como principal referência deste trabalho de pesquisa, agregamos nossas conclusões à mesma, conforme **quadro 6.1** a seguir.

			DIMENSÕES FUNCIONAIS				TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA
			Produção			Ligações com outros agentes	
			Engenharia de produto	Engenharia de processo	Engenharia Industrial		
Grau de complexidade	Básica	Simples Rotina (baseada em experiência)	Engenharia reversa; pequenas adaptações às necessidades do mercado.	Controle da qualidade; manutenção preventiva; assimilação de tecnologia de processo.	Estudo dos métodos e dos tempos de trabalho; controle de estoque.	Obtenção local de bens e serviços; troca de informações com fornecedores.	Certificação ISO 9001; Certificação TS 16949 (setor específico).
	Intermediária	Adaptável Duplicável (baseada na busca)	Melhoria da qualidade dos produtos; modificação de produtos adquiridos por licenciamento.	Licenciamento de novas tecnologias; adaptação de processos e redução de custos.	Monitoramento da produtividade; melhorias na coordenação dos processos.	Transferência de tecnologia de fornecedores locais; relações com instituições de C&T.	Certificação ISO 17025; Certificação de produtos por agentes de 3ª parte; Certificação ISO 14001 e/ou social; Automação dos equipamentos de medição.
	Avançada	Inovador (baseada na pesquisa)	Inovação de produto <i>in-house</i> .	Inovação de processo <i>in-house</i> .		Licenciamento de tecnologias próprias para outros.	Sistemas inovadores de medição; Participação em Comitês Normativos internacionais.

Quadro 6.1 – Matriz de Lall adaptada à Tecnologia Industrial Básica
Fonte: elaboração própria

Na sequência serão examinadas as conclusões deste trabalho em cada nível de CT.

No nível básico de capacidade tecnológica (CT), caracterizado pelas atividades de simples rotina baseada na experiência adquirida pela empresa em esforços do tipo *by doing*, as certificações de 1ª e 2ª gerações, representadas respectivamente pela ISO 9001 e TS 16949, revelaram-se vetores de contribuição para o incremento da CT das empresas.

Uma empresa do setor metal-mecânico que inicialmente se certifica ISO 9001 está dando um primeiro passo no sentido de conquistar um mercado mais complexo e tecnicamente mais exigente. Com a certificação ISO 9001, a empresa teve que aprender a tratar com as questões metrológicas exigidas no item 7.6 da ISO 9001 e também da ISO 10012 (sistema de comprovação metrológica para equipamento de medição), passando a realizar atividades metrológicas por técnicos treinados, com procedimentos padronizados, em ambiente controlado e utilizando-se de instrumentos calibrados periodicamente frente a padrões nacionais ou internacionais. A empresa ganha rastreabilidade metrológica e começa aprender a medir e melhorar a qualidade de seus produtos/processos, envolvendo também testes de performance de 1^a ou 2^a partes.

Com a ISO 9001, a empresa passa a dispensar um tratamento sistêmico à avaliação da conformidade de seus produtos e processos. Esse tratamento sistêmico, que segue as premissas e requisitos da ISO 9001, adotando o modelo PDCA, estabelece ações que contemplam desde a seleção da norma técnica adequada, passando pela engenharia do produto/engenharia reversa, até o acompanhamento do produto no mercado ao longo do tempo.

Tendo se habilitado a fornecer para setores técnicos mais complexos e específicos, como por exemplo, o setor automobilístico ou aeronáutico, a empresa conquista a certificação TS 16949 ou NBR 15100 e a partir daí evolui ainda mais em termos metrológicos com a utilização das técnicas de MSA, FMEA, APQP e PPAP, o que contribui para alavancar a empresa para um outro patamar tecnológico.

Todas essas constatações sobre a colaboração da TIB na formação e acumulação das CTs das empresas não foram encontradas nas teorias de Lall (1992), Figueiredo (2003) e Fleury (1991). Em sua matriz das capacidades tecnológicas, Lall (1992) coloca a engenharia reversa como uma atividade de nível básico, mas não faz nenhuma relação com as certificações ISO 9001 e TS 16949. O mesmo ocorre com Figueiredo (2003) e Fleury (1991). Todos esses autores, embora reconheçam em suas pesquisas a existência de sistemas de controle da qualidade, eles não examinaram as certificações dos sistemas da qualidade e todos os aspectos relacionados à TIB decorrentes dessas, como elementos que contribuem para com a elevação do patamar tecnológico de uma empresa.

No nível intermediário de capacidade tecnológica (CT), caracterizado pelas atividades adaptáveis e duplicáveis, baseadas na busca e que cujas capacidades são construídas a partir das atividades ou esforços conduzidos em base mais deliberada, a

certificação ISO 17025, a certificação ISO 14001, a certificação de produtos e a automação de processos metrológicos revelaram-se importantes elementos de contribuição para o incremento das CTs das empresas.

Invariavelmente, as certificações trazem consigo uma série de obrigatoriedades para a empresa cumprir e isso faz com que a mesma aprenda e desenvolva outras atividades, técnicas e gerenciais, que contribuem para elevar o seu patamar tecnológico. Esse é o caso das certificações ISO 17025, de produtos por agente de 3ª parte e da ISO 14001.

A certificação ISO 17025 representa um grande diferencial para a empresa, pois trata-se do reconhecimento da sua competência metrológica. Uma empresa certificada ISO 17025, geralmente tem maiores condições de projetar e garantir produtos de alta confiabilidade e que atendam a rígidas normas internacionais. O mesmo vale para empresas que possuem produtos certificados.

Se observarmos a matriz de Lall (1992), notamos que as atividades típicas de engenharia de produto para o nível de competência intermediário (melhorias e modificações) podem ser incrementadas pela competência adquirida a partir da ISO 17025 e pela automação dos processos metrológicos. Organizações que operam em conformidade com os requisitos da ISO 17025 podem comprovar que os produtos da organização foram ensaiados e são tecnicamente capazes de atender às especificações de desempenho, segurança e confiabilidade.

Já a certificação ambiental ISO 14001 está cada vez mais sendo exigida pelos líderes das cadeias de fornecimento como condição básica para o ingresso de novas empresas. Essa certificação traz para a empresa uma série de ações voltadas para a melhoria do projeto e desenvolvimento de seus produtos e processos, tais como a avaliação de ciclo de vida, *ecodesign*, mecanismos de desenvolvimento limpo, entre outros.

A empresa tem que aprender a realizar essas atividades, e o esforço para atingir esses objetivos leva as empresas a modificarem e melhorarem a qualidade de seus produtos, ao licenciamento de novas tecnologias, à adaptação de processos e até mesmo a buscar instituições de C&T para a solução de problemas.

Tanto Lall (1992) como Figueiredo (2003) e Fleury (1991) não citaram em seus estudos os benefícios decorrentes dessas certificações e da automação dos processos metrológicos para o incremento da capacidade tecnológica.

Lall (1992) coloca as atividades de inovações incrementais nos produtos; o licenciamento de tecnologias e as competências organizacionais, como atividades de nível intermediário, mas não faz nenhuma referência em relação às certificações comentadas anteriormente e as suas possíveis relações com as atividades por ele colocadas.

No nível avançado de capacidade tecnológica (CT), caracterizado por meio de atividades de P&D – que são a forma mais explícita e deliberada de esforço – os sistemas inovadores de medição e a influência tecnológica junto aos comitês normativos da ISO revelaram-se importantes componentes de contribuição para o incremento da CT das empresas.

Uma empresa que apresenta sistemas inovadores de medição, desenvolvidos a partir de esforços em P&D e da interação com universidades e fornecedores para o desenvolvimento da tecnologia e equipamentos respectivamente, é uma empresa que está mais próxima da fronteira do conhecimento tecnológico.

Não há como desenvolver produtos/processos radicalmente inovadores sem o apoio metrológico. Apenas como exemplo podemos citar o caso de uma empresa que se lança no segmento da nanotecnologia sem saber medir as nanopartículas.

Nesse sentido, os sistemas inovadores de medição têm que servir de apoio às inovações radicais. Entendemos que nesse caso fica clara a idéia da contribuição da TIB, por meio da função metrologia, no incremento da CT da empresa.

Já com relação à participação da empresa em Comitês Normativos internacionais, em referência às pesquisas de Messner (2002), podemos concluir que essa interação traz contribuições para o incremento da CT da empresa, uma vez que a mesma pode ter contato com outras tecnologias, passando a ter outros conhecimentos que poderão lhe permitir evoluir tecnologicamente.

Muito embora Lall (1992) e Figueiredo (2003) tenham colocado as atividades de P&D no estágio avançado de capacidade tecnológica que uma empresa pode ocupar, nenhum desses autores fez referências ao apoio metrológico às inovações radicais – tanto em processos como em produtos.

Pelo que pudemos constatar, de uma forma geral, é que os principais autores e pesquisadores de aprendizagem tecnológica, entre eles Dosi (1998); Fleury (1991); Lall (1992); Bell & Pavitt (1995); Kim (1997) e Figueiredo (2003), desconsideram o papel da TIB na formação e acumulação das capacidades tecnológicas.

Não foram encontradas, em suas teorias, aspectos metrológicos, normativos ou até mesmo conformativos que pudessem influir nos processos de aprendizagem tecnológica das empresas.

6.2 – Outras Relações Significativas Encontradas

A pesquisa revelou ainda outras relações não previstas inicialmente e, dessa forma, acabam se constituindo em resultados interessantes para outras pesquisas. Foram elas:

- a) significativas atividades de engenharia reversa em empresas com certificação ambiental e/ou que apresentem automação dos seus equipamentos de medição.

Na matriz de Lall (1992), a atividade de engenharia reversa está localizada no nível básico. Se para as empresas de nível básico ISO 9001 essa atividade mostrou-se corriqueira e simples na busca de melhorias em produtos; para empresas ISO 14001 e/ou que tenham equipamentos de medição automatizados, tal atividade ganha sofisticação, pois passa a ser executada a partir de uma máquina de medição por coordenadas automatizada, com a digitalização das superfícies dos produtos. Ou seja, sofisticase a atividade de engenharia reversa, obtendo-se maior precisão e resolução nas dimensões geométricas.

- b) significativos esforços em equipamentos por parte das empresas com certificação ambiental e/ou que apresentem automação dos seus equipamentos de medição.

Da mesma forma que na relação a), o indicador da atividade em questão – esforços em equipamentos – é característico de empresas que estão em um nível básico de capacidade. E justamente neste nível básico, em que estão as empresas certificadas ISO 9001 e TS 16949, não houve significância estatística para este indicador. Uma possível justificativa para este resultado é que as empresas com certificação ambiental e/ou que tenham seus equipamentos de medição automatizados são mais estruturadas, em relação às empresas de nível básico, para as atividades de esforços em equipamentos tais como o aperfeiçoamento e o desenvolvimento dos mesmos, fabricação própria de peças de reposição, formalização de um sistema de manutenção preventivo, além de oferecer treinamento aos seus funcionários ao adquirir novos equipamentos.

- c) significativas ações de formação de parcerias e convênios formais de cooperação científica e tecnológica com Universidades e/ou Institutos de Pesquisas por parte das empresas avançadas.

Essas ações foram consideradas por Lall (1992) no nível intermediário de capacidade tecnológica, e por este motivo foram alocadas na proposição P2 deste trabalho. No entanto, o que se verificou é que a significância estatística ocorreu com as empresas de nível avançado – que apresentam sistemas inovadores de medição.

- d) realização de atividades de inovações radicais no produto e no processo por parte de empresas de perfil intermediário.

Acredita-se que a significância estatística tenha deixado de ocorrer com as empresas de perfil avançado pelo reduzido tamanho de sua amostra em relação às empresas de perfil intermediário.

6.3 – Limitações da Pesquisa

Quanto às limitações desta pesquisa, a principal é o tamanho da amostra. Se observarmos o número total de empresas pesquisadas (103), em uma primeira análise até podemos considerar como adequado, no entanto, quando classificamos essas empresas em cinco perfis, notaremos que em alguns deles o número torna-se reduzido.

E a outra limitação é que não se pode prever o quanto as informações colhidas por meio do *survey* são consistentes, pois houve grande diversidade de pessoas respondentes, com visões diferentes e de várias funções (desde um técnico em metrologia ao diretor executivo da empresa). Em muitos casos percebeu-se que o respondente para o qual foi direcionado o questionário delegou a tarefa de resposta para seus subordinados.

6.4 – Sugestões para Trabalhos Futuros

São várias as sugestões para trabalhos futuros, dentre elas se destacam:

- a inclusão de novas formas de levantamento de capacidade tecnológica, conforme recomendado pela literatura, além de aperfeiçoamentos dos indicadores de TIB e também de capacidade tecnológica;
- a realização de estudos, na mesma linha deste trabalho, mas envolvendo outros setores da economia, como por exemplo, o setor eletro-eletrônico, o petroquímico, o de plásticos e borrachas, entre outros possíveis;
- a proposição de novos modelos conceituais de pesquisa entre TIB e capacidade tecnológica.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.A P. Normalização e 20 anos de TIB no Brasil. Tecnologia Industrial Básica – Trajetória, Tendências e Desafios no Brasil. MCT; CNI; SENAI/DN; IEL/NC, 177 p. Brasília, 2005.

ADLER, P.S. When knowledge is the critical resource, knowledge management is the critical task. IEEE Transactions on Engineering Management, New York, v.36, n.2, 1989.

ALPERT, M.I.; PETERSON, R.A. . On the interpretation of canonical analysis. Journal of Marketing Research, v.9, n.2, p. 187-192, 1972.

ARIFFIN, N.; BELL, M. Firms, politics and political Economy: pattern of subsidiary-parent linkages and technological capability-building in eletronics TNC subsidiaries in Malaysia. In: JOMO, K.S.; FELKER, G.; RASIAH, R. (Eds.). Industrial Technology Development in Malaysia. London: Routledge, 1999.

ARIFFIN, N.; FIGUEIREDO, P.N. Internacionalização de Capacidades Tecnológicas: Implicações para Estratégias Governamentais e Empresariais de Inovação e Competitividade da Indústria Eletrônica no Brasil, Rio de Janeiro: FGV, 2003.

BELL, M. Technical change in infant industries: a review of the empirical evidence. SPRU, University of Sussex, 1982. mimeog.

BELL, M. “Learning” and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: King, K. & Fransman, M. (eds.). Technological capability in the Third World. London, Macmilan, 1984.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrast between developed and developing countries. Industrial and Corporate Change, v.2, n.2, 1993.

BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I.U. Trade, technology and international competitiveness. Washington: The World Bank, 1995.

BERTRAND, J.W.M.; FRANSOO, J.C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. International Journal of Operations & Production Management, v.22, n.2, p.241-264, 2002.

BRYMAN, A. Research methods and organization studies. New York, Routledge, 1989.

CARVALHO, A M. Controle de qualidade e normas tecnológicas internacionais – As experiências do INMETRO-Brasil – In: BENECKE, D.W.; NASCIMENTO R.; FENDT R. (ogs) Brasil na Arquitetura Comercial Global. Rio de Janeiro, Konrad Adenauer, 2003.

CBM. Diretrizes estratégicas para a metrologia brasileira 2003-2007. Rio de Janeiro, Inmetro-CBM Comitê Brasileiro de Metrologia, 29 Jan 2003, 39 p. 2003.

CHRISTENSEN, J.F. Analysing the Technology Base of the Firm: A Multidimensional Resources and Capability Perspective. Eunetics Conference, Evolutionary Economics of Technological Change. Strasbourg, v.13, pp. 1715-1749, 1994.

CNI. Avaliação da Conformidade: conhecendo e aplicando na sua empresa. 2. ed. rev. 78 p. Brasília, 2002a.

CNI. Metrologia: conhecendo e aplicando na sua empresa. 2.ed. rev. 87 p. Brasília, 2002b.

CNI. Normalização: conhecendo e aplicando na sua empresa. 2. ed. rev. 71 p. Brasília, 2002c.

CNI. Normalização, metrologia e avaliação da conformidade em 18 setores brasileiros: estudos de casos. 2. ed. rev. 135 p. Brasília, 2002d.

COSTA, I. Empresas Multinacionais e Capacitação Tecnológica na Indústria Brasileira. Tese de doutorado – Instituto de Geociências da UNICAMP, abril 2003.

COSTA, V.M.G.; CUNHA, J.C. A universidade e a capacitação tecnológica das empresas. Revista de Administração Contemporânea, Curitiba, v.5, n.1, jan/abr 2001.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. International Journal of Operations & Production Management, Dublin, Ireland, v.22, n.2, p.220-240, 2002.

COUTO, P.; MONTEIRO, L.C. A função de um laboratório de metrologia de acordo com o contexto da globalização – Congresso de Metrologia 2000 – Anais ... São Paulo, 2000.

DAHLMAN, C. & WESTPHAL, L. Technological effort in industrial development – na interpretative survey of recent research. In: Stewart, F. & James, J. (eds.). The economics of new technology in developing countries. London, Frances Pinter, 1982.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G. & Soete, L. (eds.) Technical change and economic theory. London, Pinter, 1988.

DOSI, G.; TEECE, D.; WINTER, S. Toward a Theory of Corporate Coherence: Preliminary Remarks. In: DOSI, G. et al. Technology and enterprise in a historical perspective. London: MacMillan, 1992.

DOUTRIAUX, J.; CRENER, M.A. Which statistical technique should I use ? A survey and marketing case study. Managerial and Decision Economics, v.3, n.2, p.99-111, 1982.

DUTRÉNIT, G. Learning and knowledge management in the firm: from knowledge accumulation to strategic capability. Cheltenham, UK; Northhampton, USA: Edward Elgar, 2000.

EPLEY, D.R.U.S. Real estate agent income and commercial/investment activities. The Journal of Real Estate Research, v.21, n.3, p.221-244, 2001.

FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2009.

FELIX, J.C. A metrologia no Brasil. Qualitymark, 1995.

FERIGOTTI, C.M.F.; FIGUEIREDO, P.N. Aprendizagem tecnológica para acumulação de competências e inovação. O caso da Electrolux do Brasil S/A – Unidade de Guabiruba – Curitiba/PR, In: X Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica: Conocimiento, Innovación y Competitividad. Los desafíos de la globalización, 2003.

FIGUEIREDO, P.N. Technological learning and Competitive Performance. Cheltenham, UK; Northampton, USA: Edward Elgar, 2001.

FIGUEIREDO, P.N. Aprendizagem tecnológica e performance competitiva. Rio de Janeiro: FGV, 2003.

FIGUEIREDO, P.N. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. Revista Brasileira de Inovação, v.3, n.2, jul/dez 2004.

FIGUEIREDO, R.B. Evolução e Tendências Futuras da Avaliação da Conformidade. Tecnologia Industrial Básica – Trajetória, Tendências e Desafios no Brasil. MCT; CNI; SENAI/DN; IEL/NC, 177 p. Brasília, 2005.

FLEURY, A C.C. Política Industrial e Capacitação Tecnológica. Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da USP, abril/1991.

FLEURY, M.T.L.; FLEURY, A.C.C. Aprendizagem e Inovação Organizacional. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

FLEURY, M.T.L.; FLEURY, A.C.C. Estratégias Empresariais e Formação de Competências: Um Quebra-cabeça Caleidoscópico da Indústria Brasileira. 2ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

FLEURY, A.C.C.; NAKANO, D.N. Métodos de Pesquisa em Engenharia de Produção. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Piracicaba. XVI Enegep. UNIMEP/ABEPRO, 1996.

FLEURY, A.C.C. A Tecnologia Industrial Básica (TIB) como condicionante do desenvolvimento industrial na América Latina – Estudo preparado para o CEPAL. São Paulo, 2003.

FOLHA DE SÃO PAULO. Pressão externa força certificação do álcool. Caderno Dinheiro, p. B9, 13 de maio de 2007.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective, International Journal of Operations & Production Management, vol.22, n.2, 2002.

FRANSMAN, M. Technological capability in the Third World: an overview and introduction to some of the issues raised in this book. In: FRANSMAN, M.; KING, K. (eds.). Technological capability in the Third World. London: Macmillan, 1984.

FROHLICH, M.T. Techniques for improving response rates in OM survey research. Journal of Operations Management, v.20, p. 53-62, 2002.

FURTADO, A. (coord.) Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes. Brasília: IPEA, 1994.

GERSCHENKRON, A. Economic Backwardness in Historical Perspective, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1962.

HAIR et al. Análise Multivariada de Dados. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR JR., J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. Análise multivariada de dados. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HASENCLEVER, L; CASSIOLATO, J. Capacitação tecnológica empresarial brasileira e transferência de tecnologia. In: Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, São Paulo, 1998. Anais ... São Paulo, 1998.

HERBERT-COPLEY, B. Technical change in Latin American manufacturing firms: review and synthesis. World Development, Oxford, v.18, n.11, 1990.

INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS AND PRODUCTION MANAGEMENT, Bradford, v.22, n.2, Feb.2002.

JORNADA, J.A H. A Metrologia e a TIB. Tecnologia Industrial Básica – Trajetória, Tendências e Desafios no Brasil. MCT, CNI, SENAI, IEL. Brasília, 2005.

KIM, L. Imitation to innovation: the dynamics of Korea's technological learning. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

KUPFER, D.; ROCHA, F. Determinantes setoriais do desempenho das empresas industriais brasileiras. In: Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras/ João Alberto De Negri, Mario Sérgio Salerno, orgs. – Brasília: IPEA, 2005.

LALL, S. Technological learning in the Third World: some implications of technology exports. In: Stewart, F. & James, J. (eds.). The economics of new technology in developing countries. London, Frances Pinter, 1982.

LALL, S. Learning to industrialise: the acquisition of technological capability by India. London, Macmillan, 1987.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. World Development, v.20, n.2, 1992.

LALL, S. Technological change and industrialization in the Asian newly industrializing economies: achievements and challenges. In: KIM, L.; NELSON, R.R. (Eds.) Technology, learning & innovation: experiences of newly industrializing economies. Cambridge Univ. Press, 2000.

LALL, S. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, L.; NELSON, R.R. (Eds.). Tecnologia, Aprendizado e Inovação: as experiências das economias de industrialização recente. Editora da Unicamp, 2005.

LEMOS, H.M. O Brasil e as normas ISO 14000 de Gestão Ambiental. In: Seminário Internacional “Tendências da ISO em Normalização Ambiental e as Ações no Brasil” – FIESP, 06 de março de 2007.

LONG, R. Qualidade de produtos e barreiras não-tarifárias – As experiências nacionais e internacionais da LATU-Uruguai – In: BENECKE, D.W.; NASCIMENTO R.; FENDT R. (Org.) Brasil na Arquitetura Comercial Global. Rio de Janeiro, Konrad Adenauer, 2003.

MACROPLAN. Macrocenários mundiais, nacionais e do Mercosul, com focalização na metrologia, normalização e qualidade. Rio de Janeiro, Inmetro/Macroplan, 262 p., 1997.

MALERBA, F. Learning by Firms and Incremental Technical Change. In: The Economic Journal, n.102, 1992.

MALHOTRA, M.K.; GROVER, V. An assessment of survey research in POM: from constructs to theory. Journal of Operations Management, v.16, p. 407-425, 1998.

MARCOVITCH, J. Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

MARZANI, B.S. Avaliação de competências dos fornecedores locais da indústria do petróleo e gás natural. Dissertação de mestrado – Instituto de Geociências da UNICAMP, junho 2004.

MCT. Programa Tecnologia Industrial Básica e serviços tecnológicos para a inovação e competitividade. Brasília, Ministério de Ciência e Tecnologia. 100p., 2001.

MCT & CNI Brasil Inovador: o desafio empreendedor - 40 histórias de sucesso de empresas que investem em inovação. Coordenação Carlos Ganen e Eliane Menezes dos Santos. Brasília – IEL-NC 164 p. 2006.

MESSNER, D. The concept of the “New Economic Triangle” : new governance patterns in the global economy and options for regions. INEF – Project Report, Duisburg, 2002.

MINGOTI, S.A . Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MSA. Análise dos Sistemas de Medição MSA. Manual de Referência, IQA – Instituto da Qualidade Automotiva, 3ª ed., 2003.

NADVI, K.; WALTRING, F. Making Sense of Global Standards. INEF-Report, Heft 58, Gerhard Mercator Universitat Duisburg, 2002.

NELSON, R.R.; WINTER, S. An evolutionary theory of economic change. Cambridge, Mass.: Harvard University Press., 1982.

NELSON, R.R. On Technological Capabilities and Their Acquisition. In: EVENSON, R.E.; RANIS, G. (eds.). Science and Technology: Lessons for Development Policy. Boulder, CO: Westview Press, 1990.

PLONSKI, G.A. Normas Globais para a Sociedade de Informação Global. Palestra proferida no Dia Mundial da Normalização em evento organizado pela ABNT na Fiesp, 2003.

SHARMA, S. Applied multivariate techniques. Hoboken: John Wiley & Sons, 1996.

SOUZA, R.D.F. Tecnologia Industrial Básica como fator de competitividade. Revista Parcerias Estratégicas, nr. 8, maio/2000.

TACLA, C.L.; FIGUEIREDO, P.N. Processos de Aprendizagem e Acumulação de Capacidades Tecnológicas: Evidências de uma Empresa de Bens de Capital no Brasil. In: Revista de Administração Contemporânea, v.7,n.3, 2003.

UNIDO. Technological Infrastructure – UNIDO's approach. UNIDO, mimeo. 12 p. june 2001.

VALOR. Argentina cria barreiras para importação da linha branca. p.A5, 03 de abril de 2008.

VÁS, C. A Metrologia como um fator de integração internacional. In: Seminário SBM Sociedade Brasileira de Metrologia, agosto/2005.

VASCONCELOS, M.M.T. Aspectos ambientais em projeto, desenvolvimento e normalização de produtos – Oportunidades para o Brasil. In: Seminário Internacional “Tendências da ISO em Normalização Ambiental e as Ações no Brasil” – FIESP, 06 de março de 2007.

VEDOVELLO, C.; FIGUEIREDO, P.N. Capacidade tecnológica industrial e sistema de inovação. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

VILLELA, J. Embraer – Evolução da Gestão da Qualidade. In: Seminário Internacional sobre Qualidade – Salvador, maio/2005.

VIM. Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – VIM. Inmetro, 2000.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. International Journal of Operations & Production Management, vol.22, n.2, 2002.

YIN, R.K. Estudo de caso: planejamento e métodos. São Paulo: Bookman, 2001

WESTPHAL, L.E.; KIM, L. & DAHLMAN, C.J. Reflections of Korea's acquisition of technological capability. Washington DC, World Bank, 1984.

WHITLARK, D.B.; SMITH, S.M. Using correspondence analysis to map relationships. Marketing Research, v.13, n.3, 2001.

ZHOU, L.; RUBENSTEIN, A.H. Imbedded Technology Capability (ITC) and the management of science and technology in China: a research note. Research Policy, Amsterdam, v.15, n.1, 1986.

NORMAS CONSULTADAS:

NBR ISO 9001/2000: Sistema de gestão da qualidade – Requisitos.

NBR ISO 10012/2004: Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição.

NBR ISO/IEC 17000/2005: Avaliação de conformidade – Vocabulário e princípios gerais.

NBR ISO/IEC 17025/2005: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

NBR ISO 14001/2004: Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso.

NBR ISO 14004/2005: Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas.

SITES NA INTERNET:

Site da OMC: www.wto.org

Site da ABNT: www.abnt.org.br

Site da ABNT/CB 25: www.abnt.org.br/cb25

Site do INMETRO: www.inmetro.gov.br

Site da ISO: www.iso.ch

Site do Ministério da Ciência e Tecnologia: www.mct.gov.br

Sites do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior:
www.portaldoexportador.gov.br
www.exportadoresbrasileiros.gov.br

Apêndices

APÊNDICE A

METODOLOGIA – FORMAÇÃO DOS INDICADORES

INDICADOR 1 (IND1) – Engenharia reversa (ER)

INDICADOR 2 (IND2) – Adaptação do produto às necessidades do mercado (AM)

INDICADOR 5 (IND5) – Sistema de Controle da Qualidade (SCQ)

INDICADOR 6 (IND6) – Inovações incrementais nos produtos (II)

INDICADOR 7 (IND7) – Adaptações incrementais nos processos (AIP)

INDICADOR 8 (IND8) – Licenciamento de tecnologias (LT)

INDICADOR 9 (IND9) – Co-desenvolvimento com fornecedores (CODE)

INDICADOR 11 (IND11) – Cooperação em C&T (CCT)

INDICADOR 12 (IND12) – Inovações radicais no processo (IRPP)

INDICADOR 13 (IND13) – Inovações radicais no produto (IREP)

Todos esses indicadores acima descritos avaliam as realizações ou não das respectivas atividades. Eles são formados pela atribuição de “1” se a empresa realiza e “0” se não realiza.

Escala binária (*dummy*: 0 ou 1)

INDICADOR 3 (IND3) – Esforços em equipamentos (EM)

O indicador 3 abrange a realização pela empresa das seguintes atividades:

- desenvolvimento de equipamentos para a utilização na planta;
- fabricação de peças de reposição para seus equiptos quando necessário;
- treinamento de recursos humanos pela empresa na ocasião da aquisição de novos equipamentos;
- sistema formalizado de manutenção preventiva.

Para cada atividade é atribuído “1” se é realizada e “0” se não é realizada. A sua formação se dá pela soma dos valores atribuídos a cada item (0 ou 1) e transformado para a base 100.

Escala de valores métrica (%): 0-100.

INDICADOR 4 (IND4) – Relação com fornecedores (RF)

O indicador 4 envolve processos que definem a interação com os fornecedores tais como:

- cadastro atualizado de seus fornecedores;
- qualificação documentada dos fornecedores que influenciam a qualidade final de seus produtos;
- controle de qualidade dos fornecedores efetuado pela empresa.

Para cada item acima é atribuído “1” se é realizada a atividade e “0” se a empresa não a realiza. A formação do indicador se dá pela soma dos valores atribuídos (0 ou 1) a cada item citado acima. Posteriormente é transformado para a base 100.

Escala de valores métrica (%): 0-100.

INDICADOR 10 (IND10) – Competências Organizacionais (CO)

O indicador 10 engloba as seguintes práticas:

- utilização do sistema just-in-time;
- utilização de Kaizen;
- adoção de TQC ou TQM;
- flexibilidade para modificar os arranjos físicos utilizados na produção;
- adoção de sistemas integrados de informação.

Para cada item é atribuído “1” se é realizada a prática e “0” se não é realizada. A formação do indicador se dá pela soma dos valores atribuídos (0 ou 1) a cada item citado acima. Posteriormente é transformado para a base 100. Escala de valores métrica (%): 0-100.

INDICADOR 14 (IND14) – Esforços em P&D

O indicador 14 envolve ações que definem a interação com as atividades de P&D, tais como:

- se a empresa tem patentes registradas no Brasil ou no exterior;
- se a empresa possui um depto próprio formalizado de P&D;
- se a empresa já licenciou tecnologias próprias para outras empresas.

Para cada item é atribuído “1” se é realizada a atividade e “0” se não é realizada. A formação do indicador se dá pela soma dos valores atribuídos (0 ou 1) a cada item citado acima. Posteriormente é transformado para a base 100. Escala de valores métrica (%): 0-100.

Na sequência encontram-se sintetizados todos os indicadores previstos de capacidade tecnológica, suas escalas e relação com o questionário de pesquisa.

RELAÇÃO DE INDICADORES DE CAPACIDADE TECNOLÓGICA	ESCALAS	REFERENTE AO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA – PARTE II
IND1 – Enga reversa	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 1
IND2 – Adapt. às necessidades do mercado	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 2
IND3 – Esforços em equipamentos	Métrica (%)	Questões 8, 9, 10 e 11
IND4 – Relação com fornecedores	Métrica (%)	Questões 12,13 e 14
IND5 – Controle da qualidade	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 16
IND6 – Inovações incrementais nos produtos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 3
IND7 – Adapt. incrementais nos processos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 5
IND8 – Licenciamento de tecnologias	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 6
IND9 – Co-desenv. com fornecedores	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 15
IND10 – Competências organizacionais	Métrica (%)	Questões 17,18,19,20 e 21
IND11 – Cooperação em C&T	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 22
IND12 – Inovações radicais nos processos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 7
IND13 – Inovações radicais nos produtos	<i>Dummy</i> (0 ou 1)	Questão 4
IND14 – Esforços em P&D	Métrica (%)	Questões 23, 24 e 25

APÊNDICE B

Prezado Sr.

ASSUNTO: Pesquisa sobre Aprendizagem Tecnológica para a Competitividade

Está em andamento uma pesquisa, junto ao Depto. de Eng. de Produção da Escola Politécnica da USP, com o apoio da Fundação Vanzolini, que propõe um modelo de capacitação para empresas industriais. Esse modelo servirá para avaliar e projetar as relações dinâmicas entre as atividades da TIB (Tecnologia Industrial Básica) e a competência tecnológica dessas empresas.

A TIB é entendida como um conjunto de funções tecnológicas de metrologia, normalização e avaliação da conformidade de apoio às atividades de aprendizagem, contribuindo assim para a formação e acumulação das capacidades tecnológicas das empresas – necessárias tanto às adequações normativas internacionais como à inovação e ao aprimoramento de seus produtos e serviços.

Para enriquecer esse trabalho com dados práticos e reais, estamos convidando a sua empresa a participar dessa pesquisa através de um questionário sobre o seu atual estágio tecnológico e as suas atividades em TIB. Um teste piloto realizado com esse questionário revelou que o tempo médio gasto pelos respondentes foi de aproximadamente 10 (dez) minutos.

Para as empresas que responderem esse questionário será enviado, após a consolidação estatística dos dados e as conclusões finais, a tese completa com todo o desenvolvimento do modelo de capacitação proposto e testado.

Gostaríamos de saber de V.Sa. se podemos contar com a sua participação e o envio do questionário em anexo respondido, se possível, num **prazo de até 10 (dez) dias**.

O questionário com os dados respondidos será tratado de forma absolutamente confidencial, sendo utilizado para a formação da base estatística.

Desde já, nossos agradecimentos.

Prof. Renato Gallina

(11) 4353-2908 ramal 2079

Prof. Dr. Afonso C.C. Fleury

*Depto. de Engenharia. de Produção
Escola Politécnica da US*

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

PARTE I

IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

Por favor, preencha os dados da empresa e seus dados pessoais dentro dos espaços na tabela abaixo.

Nome da empresa	
Linha de produtos	
Nome do respondente	
Cargo/e-mail/telefone	

Para responder essa pesquisa considere a definição de TIB (Tecnologia Industrial Básica) como sendo o conjunto de atividades de suporte à competitividade relacionadas a metrologia, normalização e avaliação da conformidade. Essas atividades compreendem as medições, inspeções, ensaios e certificações.

CAPACIDADE DA EMPRESA EM TIB - TECNOLOGIA INDUSTRIAL BÁSICA
<p>Assinale com um “X” a(s) capacidade(s) que a sua empresa apresenta em termos de metrologia, normalização e avaliação da conformidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> () Empresa certificada ISO 9001; () Empresa certificada TS 16949 e/ou NBR 15100 e/ou por setor específico/empresa; () Empresa certificada ISO 17025; () Empresa com produto(s) certificado(s) por agente de terceira parte; () Empresa certificada ISO 14001; () Empresa com máquina de medição de coordenadas integrada ao centro de usinagem; () Empresa com tecnologias inovadoras de medição; () Empresa que participa de comitês normativos internacionais.

PARTE II

CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA EMPRESA

ENGENHARIA DO PRODUTO

1. A empresa pratica, ou já praticou engenharia reversa ?

***Nota:** Eng. reversa é um processo de análise dos detalhes de funcionamento de um produto existente no mercado, geralmente com a intenção de construir um novo produto que faça a mesma operação.*

Consiste em usar a criatividade para, a partir de uma solução pronta, retirar todos os possíveis conceitos novos ali empregados

() Sim () Não

2. A empresa introduz pequenas adaptações nos seus produtos em função das necessidades do mercado, quando solicitada ?

() Sim () Não

3. A empresa realiza inovações incrementais em seus próprios produtos, ou nos licenciados ?

***Nota:** Inovação incremental deve ser entendida aqui como aquela inovação que foi aplicada num produto existente cujo desempenho tenha sido melhorado.*

() Sim () Não

4. A empresa já realizou inovações radicais em seus produtos ?

***Nota:** Inovação radical deve ser entendida aqui como aquela inovação que resultou num produto cujas características tecnológicas ou usos pretendidos diferem daqueles dos produtos produzidos anteriormente.*

() Sim () Não

Se sim, citar o caso:

PROCESSO PRODUTIVO

5. A empresa realiza adaptações ou inovações incrementais em seus processos produtivos ?

***Nota:** Adaptações ou inovações incrementais devem ser entendidos aqui como aqueles que foram aplicados num processo de produção existente e cujo desempenho tenha sido melhorado (aumento da produção, eficiência, etc.)*

() Sim () Não

6. A empresa já licenciou tecnologias de terceiros ?

() Sim () Não

7. A empresa já realizou inovações radicais em seus processos produtivos ?

***Nota:** Inovação radical deve ser entendida aqui como aquela inovação que proporcionou um método de produção novo com o objetivo de produzir ou entregar produtos que não possam ser produzidos ou entregues com os métodos convencionais de produção; ou pretender aumentar a produção ou eficiência na entrega dos mesmos. Pode derivar do uso de um novo conhecimento.*

() Sim () Não

Se sim, citar o caso:

EQUIPAMENTOS

8. A empresa desenvolve equipamentos dedicados para utilização no processo produtivo ?
☐ Sim ☐ Não

9. A empresa fabrica peças de reposição para os seus equipamentos, quando necessário ?
☐ Sim ☐ Não

10. Na ocasião de aquisição de novos equipamentos que necessitem de mão-de-obra qualificada para operá-los, a empresa fornece treinamento específico aos funcionários ?

Nota: Treinamento específico deve ser entendido aqui como aquele que é dado pelos fornecedores de equipamentos por ocasião do pós-venda, podendo ser nas instalações da própria empresa, do fornecedor, no Brasil ou até mesmo no exterior.

☐ Sim ☐ Não

11. A empresa possui um sistema formalizado de manutenção preventiva ?

☐ Sim ☐ Não

FORNECEDORES

12. A empresa possui um cadastro atualizado de seus fornecedores ?

☐ Sim ☐ Não

13. A empresa qualifica, através de um sistema documentado, os fornecedores dos insumos e equipamentos que influenciam a qualidade final de seus produtos ?

Nota: Qualificação através de um sistema documentado é o estabelecimento formal e a aplicação de critérios de avaliação e qualificação de fornecedores, como por exemplo: exigência de possuir certificações (ISO 9000, ISO 17025, ISO 14000, entre outras), e/ou outros critérios técnicos.

☐ Sim ☐ Não

14. A empresa realiza controle de qualidade de seus fornecedores ?

Nota: Controle de qualidade de fornecedores é o controle nos insumos e/ou equiptos que estão sendo adquiridos, como por exemplo: realizar análises e testes laboratoriais em amostras de lotes, entre outras medidas de controle.

☐ Sim ☐ Não

15. A empresa realiza co-desenvolvimentos de produtos/processos com seus fornecedores ?

Nota: Co-desenvolvimento deve ser entendido aqui como o desenvolvimento de produtos e/ou processos em conjunto com os respectivos fornecedores, transferindo tecnologia dos mesmos para a empresa..

☐ Sim ☐ Não

ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

16. A empresa possui sistema de controle de qualidade para seus produtos e/ou processos ?

Nota: Sistema de controle de qualidade é uma forma sistematizada e documentada de se fazer o controle da qualidade como por ex. inspeções em amostras, cartas de CEP e garantia da qualidade segundo a ISO 9000.

() Sim () Não

17. A empresa utiliza o sistema *Just in Time* (JIT) ?

Nota: JIT é uma técnica de gestão e controle de mercadorias que procura eliminar os estoques nos armazéns das empresas. Significa o componente chegando ao processo de montagem justamente no momento necessário.

() Sim () Não

18. A empresa desenvolve o Kaizen ?

Nota: Kaizen significa melhoramento. Trata-se de melhoramento contínuo envolvendo todos, inclusive gerentes e operários.

() Sim () Não

19. A empresa adota o TQC ou TQM ?

Nota: TQC – Total Quality Control; TQM – Total Quality Management. Representa a cultura do controle de qualidade dentro da empresa, envolvendo desde os operadores diretos do processo até os gerentes e diretores.

() Sim () Não

20. A empresa tem flexibilidade para modificar os arranjos físicos utilizados na produção, em função das operações envolvidas num determinado produto ?

Nota: Por arranjos físicos entende-se a forma de disposição dos equipamentos, por ex. arranjo físico celular, linear, funcional, posicional, etc.

() Sim () Não

21. A empresa faz uso de sistemas integrados de informação ?

Nota: Entende-se por sistemas integrados de informação: MRP (Material Requirements Planning); MRP II (Manufacturing Resource Planning); ERP (Enterprise Resource Planning); EDI (Electronic Data Interchange); CAM (Computer Aided Manufacturing); CAD-CAE (Computer Aided Design and Engineering), entre vários outros

() Sim () Não

RELAÇÕES COM INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

22. A empresa possui parcerias e convênios formais de cooperação científica e tecnológica com Universidades e/ou Institutos de Pesquisas do Brasil ou do exterior ?

() Sim () Não

PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

23. A empresa tem patentes registradas no Brasil ou no exterior ?

() Sim () Não

Se sim, citar o caso:

24. A empresa possui um departamento próprio formalizado de P&D ?

() Sim () Não

25. A empresa já licenciou tecnologias próprias para outras empresas ?

() Sim () Não

Se sim, citar o caso:

PARTE III

MECANISMOS DE APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA UTILIZADOS NA TIB

Na sequência você encontrará 5 perfis de empresas com relação ao uso que elas fazem dos mecanismos de aprendizagem tecnológica em TIB. Escolha o perfil que mais se aproxima ao da sua empresa em seu atual estágio de capacitação. Selecione **APENAS UM** perfil, assinalando com um “(X)” o escolhido.

PERFIL No 1: ()

A sua empresa desenvolve tecnologias inovadoras de medição; desenvolve, junto com fornecedores de equipamentos e padrões metrológicos, projetos de equipamentos de medição de última geração; deposita patentes relacionadas a TIB no Brasil e/ou no exterior; e participa dos Comitês normativos internacionais para a edição de normas e colaboração nas questões ligadas à avaliação da conformidade junto ao Comitê da ISSO.

PERFIL No 2: ()

A sua empresa monitora os aspectos ambientais significativos; quando viável faz estudos de avaliação de ciclo de vida, *ecodesign* e rotulagem ambiental para o projeto e desenvolvimento de seus produtos; realiza treinamentos internos e externos pertinentes a aspectos ambientais da ISO 14000; e/ou desenvolve *softwares* de medição e projetos de automação e integração de máquinas de medição de coordenadas ao centro de usinagem.

PERFIL No 3: ()

A sua empresa interage com o Inmetro para as auditorias periódicas segundo a ISO 17025, e/ou com Organismos de Avaliação da Conformidade para seus produtos certificados; oferece treinamentos/cursos com razoável nível de profundidade em metrologia para os funcionários do setor de qualidade; interage com Institutos de Pesquisas e Laboratórios para a realização de calibrações, ensaios, testes e soluções de problemas metrológicos específicos; utiliza normas técnicas internacionais para seus produtos/processos; e tem as atividades metrológicas e de avaliação de conformidade formalizadas através de procedimentos técnicos internos.

PERFIL No 4: ()

A sua empresa realiza treinamentos e cursos em estatística básica, metodologia MSA e técnicas de FMEA, APQP e PPAP para os funcionários do setor de qualidade; implanta e utiliza as técnicas acima relacionadas; define critérios de adequação ao uso dos instrumentos de medição; e interage com Institutos de Pesquisas e Laboratórios para calibrações, ensaios e testes.

PERFIL No 5: ()

A sua empresa realiza treinamentos em normas de sistemas certificados de gestão, auditorias e operação/calibração de instrumentos de medição para seus funcionários; interage com Institutos de Pesquisas e Laboratórios para calibrações, ensaios e testes; contrata temporariamente consultores externos para orientar no processo de certificação de sistemas de gestão e aportar competências específicas; enquadra seus produtos/processos em normas nacionais ou regulamentos técnicos; e formaliza as atividades controladas pelos sistemas certificados de gestão através de procedimentos técnicos internos.

PARTE IV

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

Se você quiser fazer qualquer observação complementar que julgar pertinente em relação ao tema da tese ou ao questionário proposto, por favor faça-o no espaço a seguir:

--

AGRADECIMENTO

Agradecemos o preenchimento do questionário e nos comprometemos a disponibilizar todas as conclusões da pesquisa, assim como a tese completa de doutorado, para cada um dos entrevistados que colaborarem.

Quaisquer dúvidas que surgirem no decorrer do preenchimento deste questionário poderão ser esclarecidas diretamente com:

Renato Gallina
gallina@fei.edu.br
Telefone (11) 4353-2908 ramal 2079 (SP)

APÊNDICE D

RESPOSTAS DAS EMPRESAS À PARTE II DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

EMPRESA	PF5	PF4	PF3	PF2	PF1	IND1	IND2	IND3	IND4	IND5	IND6	IND7	IND8	IND9	IND10	IND11	IND12	IND13	IND14
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0,33
2	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,6	0	0	1	0
3	1	0	0	0	0	1	1	0,5	1	1	1	1	0	1	0,4	0	0	0	0,33
4	1	0	0	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
5	1	0	0	0	0	1	1	0,5	1	1	0	1	0	1	0,2	0	0	0	0,33
6	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	1	0	1	0
7	1	0	0	0	0	1	1	1	0,67	1	1	1	0	1	0,4	0	0	0	0,33
8	1	0	0	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,6	0	0	0	0,33
9	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0,67
10	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	1	0	0	0
11	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,6	0	0	1	0
12	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,6	0	0	0	0,67
13	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,4	0	1	0	0,67
14	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0,4	0	0	1	0
15	0	1	0	0	0	0	1	0,75	1	1	0	1	0	1	0,4	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0,4	0	0	0	0,33
17	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	0	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0	0	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0,33
20	1	0	0	0	0	1	1	0,5	1	1	0	1	0	0	0,6	0	0	0	0,33
21	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	1	0	0	0,33
22	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0,67
23	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	0	0	1	0,67
24	0	1	0	0	0	0	1	0,5	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0,33
25	1	1	0	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	0	0,2	0	0	0	0
26	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0,4	1	0	0	0
27	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0,4	0	0	0	0
28	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,2	0	0	0	0
29	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	0	1	1	0
30	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0,6	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0	0	0	0,75	1	1	0	1	0	0	0,4	0	0	0	0,33
32	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,6	1	0	0	0
33	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	1	0	1	0
34	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	0	0	0	0,33
35	1	0	0	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	1	0
36	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,67
37	1	0	0	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,6	0	0	0	0
38	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0,33
39	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
40	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0,6	0	0	0	0
41	1	0	0	0	0	0	1	0,75	1	1	1	0	0	1	0,6	0	0	0	0
42	1	0	1	0	0	0	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,8	1	0	0	0,33
43	1	1	0	1	0	1	1	0,5	0,67	1	1	1	1	1	0,8	1	0	0	0,67
44	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,4	0	0	0	0,67
45	0	1	0	1	0	0	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,8	0	0	0	0
46	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,33

Continua

EMPRESA	PF5	PF4	PF3	PF2	PF1	IND1	IND2	IND3	IND4	IND5	IND6	IND7	IND8	IND9	IND10	IND11	IND12	IND13	IND14
47	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0,33
48	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0,67
49	1	0	1	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,8	0	0	1	0
50	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,67
51	1	0	1	0	0	1	1	1	0,67	1	1	1	1	1	0,8	1	0	1	0,67
52	1	0	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,4	0	0	0	0,33
53	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	1	1	1	0,33
54	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8	0	0	1	0,67
55	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
56	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0,8	0	0	1	0
57	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	1	0,33
58	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0,33
59	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
60	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8	0	0	1	0
61	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,67
62	1	1	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0,67
63	1	1	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,8	1	1	1	0,33
64	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,33
65	0	1	0	1	0	0	1	0,5	1	1	0	1	0	1	0,6	0	0	0	0
66	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	0	0	0	0,33
67	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,6	0	0	0	0,33
68	1	0	1	1	0	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	0,4	0	1	0	0,33
69	1	1	0	1	0	0	1	0,5	1	1	0	1	0	1	0,8	0	0	0	0
70	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,4	0	1	1	0,33
71	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0,67
72	1	1	0	1	0	0	0	0,5	1	1	0	1	0	1	0,8	0	0	0	0
73	1	1	0	1	0	0	1	0,75	1	1	0	1	0	0	0,8	0	0	1	0
74	1	0	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
75	0	1	0	1	0	0	1	0,5	1	1	1	1	1	1	0,8	1	1	0	0,33
76	1	1	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,67
77	1	0	0	1	0	1	1	0,5	1	1	1	1	0	1	0,6	1	1	1	0,67
78	0	1	0	1	0	0	1	0,5	1	1	0	1	0	1	0,8	0	0	0	0
79	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,6	1	1	1	0
80	0	0	1	0	0	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,4	1	0	0	0,33
81	0	1	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,8	1	0	1	0,33
82	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8	1	0	0	0
83	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8	1	0	1	0
84	0	1	0	1	0	0	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,8	0	0	0	0,33
85	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,4	1	0	0	0
86	1	1	1	1	0	1	1	0,5	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0,67
87	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0,8	0	0	0	0
88	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	1	1	0	0,67
89	0	0	1	0	0	0	1	0,75	1	1	1	1	1	1	0,8	0	1	0	0
90	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
91	1	1	0	1	0	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0,67
92	1	0	1	0	0	1	1	1	0,67	1	1	0	0	0	0,8	0	1	0	0,33
93	1	0	0	1	0	1	1	0,5	0,67	1	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0
94	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0,8	1	0	0	0

Continua

EMPRESA	PF5	PF4	PF3	PF2	PF1	IND1	IND2	IND3	IND4	IND5	IND6	IND7	IND8	IND9	IND10	IND11	IND12	IND13	IND14
95	1	0	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,67
96	0	1	1	1	1	1	1	0,75	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0,67
97	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0,67
98	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,67
99	1	0	1	1	1	1	1	1	0,67	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0,67
100	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	1	1	1	0,67
101	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,8	1	0	1	0,67
102	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,67	1	1	1	0	0	0,6	1	0	0	0,33
103	1	0	0	1	1	1	1	0,75	1	1	1	1	0	1	0,8	1	0	1	0,33

APÊNDICE E

RESPOSTAS DAS EMPRESAS À PARTE III DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

EMP	PF5	PF4	PF3	PF2	PF1	PF ESP
1	1	0	0	0	0	5
2	0	1	0	0	0	4
3	0	1	0	0	0	5
4	1	0	0	0	0	5
5	1	0	0	0	0	5
6	1	0	0	0	0	5
7	0	1	0	0	0	5
8	1	0	0	0	0	5
9	1	0	0	0	0	5
10	0	1	0	0	0	4
11	1	0	0	0	0	5
12	1	0	0	0	0	5
13	1	0	0	0	0	5
14	0	1	0	0	0	4
15	0	1	0	0	0	4
16	1	0	0	0	0	5
17	1	0	0	0	0	5
18	1	0	0	0	0	4
19	1	0	0	0	0	5
20	1	0	0	0	0	5
21	1	0	0	0	0	5
22	1	0	0	0	0	5
23	1	0	0	0	0	5
24	0	1	0	0	0	4
25	0	1	0	0	0	4
26	0	1	0	0	0	4
27	1	0	0	0	0	5
28	1	0	0	0	0	5
29	0	1	0	0	0	4
30	0	1	0	0	0	5
31	0	1	0	0	0	4
32	1	0	0	0	0	4
33	0	1	0	0	0	4
34	1	0	0	0	0	5

EMP	PF5	PF4	PF3	PF2	PF1	PF ESP
36	0	1	0	0	0	4
37	1	0	0	0	0	5
38	0	1	0	0	0	4
39	0	1	0	0	0	4
40	0	1	0	0	0	4
41	0	1	0	0	0	5
42	0	0	1	0	0	3
43	0	1	0	0	0	2
44	0	0	1	0	0	3
45	0	1	0	0	0	2
46	0	0	0	1	0	2
47	0	1	0	0	0	2
48	0	0	0	1	0	2
49	1	0	0	0	0	2
50	0	0	0	1	0	2
51	0	0	1	0	0	3
52	1	0	0	0	0	2
53	0	1	0	0	0	2
54	0	0	1	0	0	2
55	0	0	1	0	0	3
56	0	1	0	0	0	2
57	0	1	0	0	0	2
58	0	1	0	0	0	2
59	1	0	0	0	0	2
60	0	0	1	0	0	3
61	0	0	0	1	0	2
62	0	1	0	0	0	2
63	0	0	0	1	0	2
64	0	0	1	0	0	3
65	1	0	0	0	0	2
66	0	1	0	0	0	2
67	1	0	0	0	0	3
68	1	0	0	0	0	2
69	0	1	0	0	0	2

EMP	PF 5	PF4	PF3	PF2	PF	PF ESP
71	0	0	0	1	0	2
72	1	0	0	0	0	2
73	0	1	0	0	0	2
74	0	0	0	1	0	2
75	0	1	0	0	0	2
76	0	1	0	0	0	2
77	0	0	0	1	0	2
78	0	1	0	0	0	2
79	1	0	0	0	0	2
80	1	0	0	0	0	3
81	0	0	0	1	0	2
82	0	0	0	1	0	2
83	0	1	0	0	0	2
84	0	1	0	0	0	2
85	0	0	1	0	0	3
86	0	0	0	1	0	2
87	1	0	0	0	0	2
88	0	0	1	0	0	2
89	0	0	1	0	0	3
90	0	1	0	0	0	2
91	0	0	0	1	0	2
92	0	0	1	0	0	3
93	0	0	0	1	0	2
94	0	1	0	0	0	2
95	0	0	0	0	1	1
96	0	0	1	0	0	1
97	0	0	0	1	0	1
98	0	0	0	0	1	1
99	0	0	1	0	0	1
100	0	0	0	0	1	1
101	0	0	0	0	1	1
102	0	0	0	1	0	1
103	0	1	0	0	0	1

APÊNDICE F

RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE REGRESSÃO LINEAR DAS VARIÁVEIS DEPENDENTES

. Análise do IND1: Enga do Produto – Engenharia Reversa (ER)

Individual Univariate .9500 confidence intervals

Dependent variable .. Ind1

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	.2231	.2110	.1123	1.9857	.050	.00011	.4460
PF4	.2172	.2306	.1058	2.0527	.043	.42726	.0072
PF3	.7248	.0677	.1070	.6774	.500	-.13988	.2848
PF2	.2452	.2606	.0934	2.6251	.010	.05983	.4306
PF1	.0445	.2675	.1683	.26467	.792	-.28953	.3783

Tabela 5.10 – Resultados do teste entre IND1 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelam que o IND1 encontra significância estatística com os seguintes perfis de TIB: PF5 ($\alpha=0,050$); PF4 ($\alpha=0,043$) e PF2 ($\alpha=0,010$).

. Análise do IND2: Enga do Produto – Adaptações ao mercado (AM)

Dependent variable .. Ind2

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	.2762	.0730	.0436	.6328	.528	-.05901	.1142
PF4	-.0551	-.1636	.0411	-1.3403	.183	-.13670	.0264
PF3	.0191	.0501	.0415	.4610	.646	-.06334	.1016
PF2	.0349	.1040	.0362	.9641	.337	-.03704	.1070
PF1	-.0044	-.0075	.0653	-.0685	.946	-.13426	.1253

Tabela 5.11 – Resultados do teste entre IND2 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Nesse caso, os resultados encontrados não revelaram significância estatística entre o IND2 e os perfis de TIB. Vale lembrar que isso não significa que as empresas não realizem adaptações em seus produtos às necessidades do mercado, mas sim que não é significativa a diferença dessa atividade entre os cinco possíveis perfis de empresas.

. Análise do IND3: Equipamentos – Esforços em equipamentos (EM)

Dependent variable .. Ind3

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.1151	-.0279	.0473	-.2430	.808	-.10551	.0824
PF4	.0001	.0005	.0446	.0041	.997	-.08835	.0887
PF3	.0439	.1054	.0451	.9748	.332	-.04555	.1334
PF2	-.0872	-.2377	.0393	-2.2155	.029	-.16542	-.0090
PF1	.0137	.0212	.0709	.1944	.846	-.12703	.1546

Tabela 5.12 – Resultados do teste entre IND3 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Nesse caso os resultados revelaram que o IND3 encontra significância estatística apenas com PF2 ($\alpha=0,029$).

. Análise do IND4: Relação com fornecedores (RF)

Dependent variable .. Ind4

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.0298	-.1445	.0213	-1.2662	.208	-.06929	.0153
PF4	-.0005	-.0033	.0200	-.0275	.978	-.04040	.0392
PF3	-.0216	-.1147	.0203	-1.0678	.288	-.06196	.0186
PF2	-.0027	-.0163	.0177	-.1533	.878	-.03789	.0324
PF1	-.0409	-.1392	.0319	-1.2823	.203	-.10433	.0224

Tabela 5.13 – Resultados do teste entre IND4 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados não revelaram significância estatística entre o IND4 e a TIB.

. Análise do IND5: Estrut. Org. – Sistema de Controle de Qualidade (SCQ)

Como esse indicador foi respondido de forma positiva por 100% das empresas (vide **quadro 5.2** no cap.5), o *software* desconsiderou essa análise, pois não levaria a nenhuma conclusão sobre a significância estatística entre os diversos perfis de TIB.

. Análise do IND6: Enga do Produto – Inovações incrementais (II)

Dependent variable .. Ind6

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.0139	-.0163	.0969	-.1444	.885	-.20634	.1783
PF4	-.0510	-.0671	.0912	-.5590	.577	-.23220	.1301
PF3	.2115	.2449	.0922	2.2916	.024	.02833	.3946
PF2	-.0233	-.0307	.0805	-.2898	.773	-.18330	.1365
PF1	.0751	.0558	.1451	.5173	.606	-.21305	.3632

Tabela 5.14 – Resultados do teste entre IND6 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados aqui revelam que o IND6 encontra significância estatística apenas com PF3 ($\alpha=0,024$).

. Análise do IND7: Processo Produtivo – Adap. increm. nos processos (AIP)

Dependent variable .. Ind7

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.0156	-.0360	.0503	-.3110	.756	-.11552	.0842
PF4	.0686	.1775	.0473	1.4490	.151	-.02539	.1627
PF3	.0106	.0241	.0479	.2216	.825	-.08448	.1057
PF2	.0088	.0229	.0418	.2118	.833	-.07418	.0919
PF1	.0441	.0646	.0753	.5863	.559	-.10542	.1938

Tabela 5.15 – Resultados do teste entre IND7 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados não revelaram significância estatística entre o IND7 e os perfis de TIB.

. Análise do IND8: Processo Produtivo – Licenciamento de tecnologias (LT)

Dependent variable .. Ind8

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.1112	-.1100	.1159	-.9590	.340	-.34139	.1189
PF4	-.1261	-.1400	.1092	-1.1544	.251	-.34290	.0906
PF3	.2289	.2239	.1104	2.0733	.041	.00979	.4481
PF2	.0184	.0204	.0964	.1908	.849	-.17299	.2098
PF1	-.0944	-.0592	.1737	-.5433	.588	-.43923	.2504

Tabela 5.16 – Resultados do teste entre IND8 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelam que o IND8 encontra significância estatística apenas com o perfil PF3 ($\alpha=0,041$).

. Análise do IND9: Fornecedores – Co-desenv. de produtos/processos (CODE)

Dependent variable .. Ind9

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.0085	-.0097	.1023	-.0831	.934	-.21159	.1945
PF4	.0613	.0789	.0963	.6363	.526	-.12996	.2526
PF3	-.0895	-.1015	.0974	-.9190	.360	-.28297	.1038
PF2	-.0058	-.0074	.0850	-.0681	.946	-.17468	.1630
PF1	.0218	.0158	.1533	.1423	.887	-.28244	.3260

Tabela 5.17 – Resultados do teste entre IND9 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados não revelaram significância estatística entre IND9 e os perfis de TIB.

. Análise do IND10: Estrut. Org. – Competências organizacionais (CO)

Dependent variable .. Ind10

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.0239	-.0431	.0573	-.4172	.677	-.13769	.0898
PF4	.0912	.1849	.0539	1.6906	.094	-.01588	.1984
PF3	.0997	.1779	.0545	1.8269	.071	-.00861	.2080
PF2	.1601	.3247	.0476	3.3604	.001	.06558	.2547
PF1	.0708	.0812	.0858	.8253	.411	-.09957	.2413

Tabela 5.18 – Resultados do teste entre IND10 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelaram que o IND10 encontra significância estatística com o PF2 ($\alpha=0,001$).

. Análise do IND11: Relacionam. Inst. C&T – Cooperação em C&T (CCT)

Dependent variable .. Ind11

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	-.0568	-.0516	.1217	-.4668	.642	-.29847	.1847
PF4	.1061	.1083	.1146	.9259	.357	-.12141	.3337
PF3	.1374	.1234	.1159	1.1852	.239	-.09269	.3675
PF2	.0494	.0504	.1012	.4880	.627	-.15152	.2503
PF1	.4579	.2642	.1823	2.5110	.014	.09600	.8200

Tabela 5.19 – Resultados do teste entre IND11 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelaram que o IND11 encontra significância estatística com PF1 ($\alpha=0,014$).

. Análise do IND12: Enga do Produto – Inovações radicais no produto (IREP)

Dependent variable .. Ind12

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	.1350	.1421	.1041	1.2965	.198	-.07169	.3418
PF4	-.0615	-.0727	.0981	-.6273	.532	-.25630	.1331
PF3	.1732	.1802	.0992	1.7468	.084	-.02360	.3702
PF2	.2224	.2630	.0866	2.5681	.012	.05054	.3944
PF1	.0184	.0123	.1560	.1183	.906	-.29130	.3282

Tabela 5.20 – Resultados do teste entre IND12 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelaram que o IND12 encontra significância estatística com PF2 ($\alpha=0,012$).

. Análise do IND13: Processo Produtivo: Inovações radicais no processo (IRPP)

Dependent variable .. Ind13

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	.1383	.1299	.1195	1.1578	.250	-.09883	.3755
PF4	-.0124	-.0131	.1125	-.1106	.912	-.23588	.2109
PF3	-.0162	-.0151	.1138	-.1429	.887	-.24217	.2096
PF2	.2140	.2258	.0993	2.1540	.034	.01682	.4113
PF1	.2632	.1569	.1790	1.4701	.145	-.09213	.6186

Tabela 5.21 – Resultados do teste entre IND13 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelaram que o IND13 encontra significância estatística com PF2 ($\alpha=0,034$).

. Análise do IND14: P&D – Esforços em P&D

Dependent variable .. Ind14

Covariate	B	Beta	Std. Err.	t-Value	Sig. of t	Lower-95%	CL-Upper
PF5	.0443	.0708	.0675	.6562	.513	-.08974	.1784
PF4	-.0610	-.1094	.0636	-.9588	.340	-.18729	.0652
PF3	.0908	.1435	.0643	1.4127	.161	-.03680	.2185
PF2	.0768	.1379	.0561	1.3682	.174	-.03463	.1883
PF1	.2351	.2384	.1012	2.3235	.022	.03430	.4360

Tabela 5.22 – Resultados do teste entre IND14 e PF5/4/3/2/1

Fonte: relatório de saída do software

Os resultados encontrados revelaram que o IND14 encontra significância estatística com PF1 ($\alpha=0,022$).