



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ  
CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS  
MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO**

**JOSÉ JORGE DA SILVA JÚNIOR**

**MECANISMOS DE APRENDIZAGEM E ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES  
TECNOLÓGICAS: UM ESTUDO COM EMPRESAS DE *SOFTWARE* DO  
NORDESTE BRASILEIRO**

**FORTALEZA - CE  
2013**

JOSÉ JORGE DA SILVA JÚNIOR

**MECANISMOS DE APRENDIZAGEM E ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES  
TECNOLÓGICAS: UM ESTUDO COM EMPRESAS DE SOFTWARE DO  
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Pequenos e Médios Negócios.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara

FORTALEZA - CE  
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Universidade Estadual do Ceará**  
**Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho**  
**Bibliotecário (a) Leila Cavalcante Sátiro – CRB-3 / 544**

S586m Silva Júnior, José Jorge da.

Mecanismo de aprendizagem e acumulação de capacidades tecnológicas: um estudo de caso com empresas de software do nordeste brasileiro/José Jorge da Silva Júnior.— 2013.

CD-ROM 99f. : il. (algumas color.); 4 ¾ pol.

“CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm)”.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Mestrado Acadêmico em Administração, Fortaleza, 2013.

Área de Concentração: Pequenos e Médios Negócios.

Orientação: Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara.

1. Aprendizagem. 2. Capacidade tecnológica. 3. Modelagem de equações estruturadas. I. Título.

CDD: 658

JOSÉ JORGE DA SILVA JÚNIOR

MECANISMOS DE APRENDIZAGEM E ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES  
TECNOLÓGICAS: UM ESTUDO COM EMPRESAS DE SOFTWARE DO  
NORDESTE BRASILEIRO.

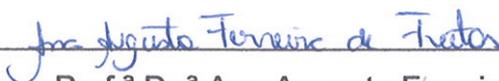
Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado Acadêmico em Administração  
do Centro de Estudos Sociais Aplicadas  
da Universidade Estadual do Ceará, como  
requisito parcial para obtenção do Título  
de Mestre em Administração.  
Área de Concentração: Pequenos e  
Médios Negócios.

Aprovada em: 09/05/2013.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara (Orientador)  
Universidade Estadual do Ceará – UECE



Prof.ª Dr.ª Ana Augusta Ferreira de Freitas  
Universidade Estadual do Ceará – UECE



Prof. Dr. Érico Veras Marques  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Dedico esta dissertação a minha amada Luma, que esteve ao meu lado em todos os eventos recentes de minha vida, sempre com companheirismo, dedicação e amor.

Também dedico à minha mãe Maria Vera Lúcia Sales Silva, que desde sempre priorizou a educação dos filhos.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por permitir chegar até onde cheguei.

Ao Professor Dr. Samuel Façanha Câmara que contribuiu muito no meu desenvolvimento acadêmico, compartilhando seu conhecimento, e que, em seu papel de orientador, colaborou de forma ímpar para a concepção deste estudo.

Aos Professores Dr.<sup>a</sup> Ana Augusta Ferreira de Freitas e Dr. Érico Veras Marques pelas valiosas contribuições dadas a esta pesquisa.

Aos demais docentes do curso que, de forma direta e indireta, também auxiliaram na realização deste estudo.

Aos colegas de curso pela convivência que certamente, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha companheira Luma Louise Sousa Lopes, que me apoiou e auxiliou durante a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

“I shall reconsider human knowledge by starting from  
the fact that we can know more than we can tell.”

Michael Polanyi

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar qual a influência que os mecanismos de aprendizado exercem sobre as capacidades tecnológicas das empresas de *software* do nordeste brasileiro. Foi feita uma revisão da literatura de capacidades tecnológicas e aprendizagem, com o foco na relação entre ambos. Uma breve descrição da indústria de *software* brasileira é feita para descrever o ambiente dos sujeitos pesquisados. A contribuição buscada pelo trabalho foi a operacionalização quantitativa de uma pesquisa comumente realizada com métodos qualitativos. Utilizou-se da estratégia de *survey* com a coleta de dados por meio da aplicação de questionários às empresas de desenvolvimento de *software* situadas nas cidades de Fortaleza/CE, Campina Grande/PB e Recife/PE. Os dados foram analisados a partir do uso da técnica de Modelagem de Equações Estruturais utilizando o *Partial Least Squares Path Modeling*. Os resultados indicam que os mecanismos de aprendizagem influem positivamente nas capacidades tecnológicas ao se considerar os efeitos totais, diretos e indiretos.

**Palavras-Chave:** Aprendizagem. Capacidade Tecnológica. Modelagem de Equações Estruturais.

## ABSTRACT

This study aimed to determine the influence that the learning mechanisms have on the technological capabilities of the software companies in northeastern Brazil. A review of the literature on technological capabilities and learning was done, with the focus on the relationship between both. A brief description of the Brazilian software industry is made to describe the environment of the subjects studied. The contribution sought by the study was the quantitative operationalization of a research commonly performed with qualitative methods. Was used survey as the strategy to collect data through the application of questionnaires to software development firms in the cities of Fortaleza/CE, Campina Grande/PB and Recife/PE. Data were analyzed from the use of the technique of Structural Equation Modeling using the *Partial Least Squares Path Modeling*. The results indicate that the learning mechanisms positively influence technological capabilities when considering the total effects, direct and indirect.

**Keywords:** Learning. Technological Capability. Structural Equation Modeling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Framework analítico.....	18
FIGURA 2 – Modelo da trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas em empresas localizadas em países em desenvolvimento.....	26
FIGURA 3 – Modelo de relações de mecanismos de aprendizagem com as funções tecnológicas. ....	49
FIGURA 4 – Estimação do modelo estrutural de efetividade inicial .....	74
FIGURA 5 – Estimação do modelo estrutural de frequência inicial .....	75
FIGURA 6 – Estimação do modelo estrutural de efetividade ajustado .....	76
FIGURA 7 – Estimação do modelo estrutural de frequência ajustado .....	77
GRÁFICO 1 – Número de empresas da IBSS – 2003-2014 .....	44
QUADRO 1 – Níveis de Capacidade Inovadora.....	28
QUADRO 2 – Mecanismos de aquisição externa de conhecimento .....	54
QUADRO 3 – Mecanismos de aquisição interna de conhecimento .....	54
QUADRO 4 – Mecanismos de socialização do conhecimento .....	55
QUADRO 5 – Mecanismos de codificação do conhecimento .....	55
QUADRO 6 – Função tecnológica de engenharia de <i>software</i> .....	56
QUADRO 7 – Função tecnológica de produtos e serviços.....	57
QUADRO 8 – Função tecnológica de processos .....	58

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1– Descrição das características das empresas respondentes.....	63
TABELA 2 – Análise descritiva das variáveis de capacidades tecnológicas. ....	64
TABELA 3 – Análise descritiva das variáveis dos mecanismos de aprendizado. ....	65
TABELA 4 – Modelo de mensuração baseado na efetividade. ....	67
TABELA 5 – Modelo de mensuração baseado na frequência.....	68
TABELA 6 – Índices de Ajuste Geral dos Modelos .....	69
TABELA 7 – Variância explicada dos construtos endógenos e teste Stone-Geisser	70
TABELA 8 – Coeficientes estruturais dos modelos estruturais .....	71
TABELA 9 – Efeitos totais dos modelos estruturais .....	79
TABELA 10 – Resultado das hipóteses .....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Mecanismos de Aquisição Externa de Conhecimento
AI	Mecanismos de Aquisição Interna de Conhecimento
APC	<i>Average Path Coefficient</i>
ARS	<i>Average R-Squared</i>
ASSESPRO	Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação
AVIF	<i>Average Variance Inflation Factor</i>
CAPRE	Comissão de Atividades de Processamento Eletrônico
CB-SEM	<i>Covariance Based Structural Equation Modeling</i>
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO	Mecanismos de Codificação do Conhecimento
COBIT	<i>Control Objectives for Information and Related Technology</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ES	Função Tecnológica Engenharia de <i>Software</i>
GTE	Grupo de Trabalho Especial
IBSS	Indústria Brasileira de <i>Software</i> e Serviços de Tecnologia da Informação
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITIC	Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação
ITIL	<i>Information Technology Infrastructure Library</i>
PC	Computadores Pessoais
PLS-PM	<i>Partial Least Squares Path Modeling</i>
PLS-R	<i>Partial Least Squares Regression</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PR	Função Tecnológica Processos
ProTeM-CC	Programa Temático Multiinstitucional em Ciência da Computação
PS	Função Tecnológica Produtos e Serviços
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RNP	Rede Nacional de Pesquisa
SEI	Secretaria Especial de Informática

SEM	Equações Estruturais
SO	Mecanismos de Socialização do Conhecimento
SOFTEX	Associação para Promoção da Excelência do <i>Software</i> Brasileiro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FRAMEWORK ANALÍTICO .....</b>	<b>18</b>
2.1	Capacidades Tecnológicas.....	19
2.1.1	Definição de Capacidades tecnológicas .....	22
2.1.2	Níveis de acumulação de capacidades tecnológicas.....	23
2.1.3	Acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de software .....	29
2.2	Aprendizagem .....	34
<b>3</b>	<b>BREVE DESCRIÇÃO DA INDÚSTRIA DE SOFTWARE BRASILEIRA .....</b>	<b>42</b>
3.1	Evolução histórica da indústria de <i>software</i> .....	42
3.2	Particularidades da indústria de <i>software</i> .....	46
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>48</b>
4.1	Hipóteses.....	50
4.2	Mensuração dos construtos.....	50
4.2.1	AE – Mecanismos de aquisição externa de conhecimento.....	53
4.2.2	AI - Mecanismos de aquisição interna de conhecimento.....	54
4.2.3	SO – Mecanismos de socialização do conhecimento.....	54
4.2.4	CO – Mecanismos de codificação do conhecimento .....	55
4.2.5	ES – Função tecnológica de engenharia de software.....	56
4.2.6	PS – Função tecnológica de produtos e serviços .....	57
4.2.7	PR – Função tecnológica de processos .....	57
4.3	Amostra .....	58
4.4	Coleta de Dados .....	59
4.5	Análise dos dados .....	60
4.5.1	Análise do modelo de mensuração.....	61
4.5.2	Análise do modelo estrutural .....	61
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
5.1	Modelo de mensuração .....	66
5.2	Modelo estrutural.....	69
5.3	Resultados da Estimação .....	72
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho realizou um estudo da determinação da evolução das capacidades tecnológicas de micro, pequenas e médias empresas numa região específica de um país de economia emergente, considerando a abordagem analítica da teoria evolucionária, desenvolvida a partir da contribuição seminal de Nelson e Winter (2005). Neste caso, uma pujante literatura vem surgindo a partir de trabalhos como: Bell (1984), Pavitt (1984), Dosi (1988a), Kim (2005) e Lall (1992). Estes autores resolveram estabelecer uma abordagem apropriada para as economias emergentes, considerando as chamadas *latecomer firms*, empresas que demoram a chegar a um nível tecnológico competitivo como as líderes mundiais em seus mercados (HOBDDAY, 1995).

Percebe-se, a partir desta literatura, que a trajetória do esforço empregado por estas empresas em direção às fronteiras tecnológicas internacionais em seus segmentos, e as consequentes mudanças tecnológicas advindas deste caminho, descreve mais de suas condições de inovar do que indicadores tradicionais de alteração tecnológica (inovação), tais como níveis de investimento em pesquisa e desenvolvimento e quantidade de registro de patentes (BELL; FIGUEIREDO, 2012; BELL, 2006; FIGUEIREDO, 2007, 2010).

Desta forma, compreender como estas trajetórias acontecem, tanto do ponto de vista de suas mudanças, como da perspectiva das variáveis que influenciam e determinam sua direção e velocidade, tornou-se a preocupação de inúmeros autores (BELL, 1984; DUTRÉNIT, 2000; FIGUEIREDO, 2002; LALL, 1992). Revisando estes trabalhos percebeu-se que alguns destes autores fizeram um esforço de determinar quais variáveis influenciam a trajetória tecnológica, descrevendo-a por meio da acumulação temporal das chamadas capacidades tecnológicas, entendidas como recursos necessários para gerir e gerar mudanças tecnológicas (BELL; PAVITT, 1993, 1995). Cabe ressaltar que as empresas movimentam-se por trajetórias específicas, em que o aprendizado leva a determinadas direções de mudança tecnológica, e nas quais a experiência derivada dessas trajetórias de mudanças reforçam os estoques existentes de conhecimento e habilidades (BELL; PAVITT, 1993).

Assim, a literatura que se preocupou com as trajetórias tecnológicas de *latecomer firms* também se empenhou em descobrir quais variáveis são influentes

na criação, gestão e acumulação destas capacidades e de que forma e em que proporção estas trajetórias influenciam no desempenho das firmas. Uma quantidade razoável de autores (ARIFFIN; BELL, 1999; BELL; FIGUEIREDO, 2012; DUTRÉNIT, 2000; KIM, 2005; LALL, 1992) tem apresentado *frameworks*, baseados na abordagem evolucionária, ou neoschumpeteriana, que procuraram guiar os testes empíricos das variáveis que determinam as trajetórias tecnológicas e como elas impactam no desempenho das empresas. Entre as variáveis determinantes das capacidades tecnológicas mais estudadas está o aprendizado, seus mecanismos de incorporação nas rotinas e atividades das empresas e suas fontes, como evidenciado nos trabalhos de Bell (1984, 2006), Figueiredo (2007) e Bell e Figueiredo (2012).

Contudo, estas pesquisas avançaram pouco em dois aspectos: i) o uso metodológico de ferramentas quantitativas e de tratamento multivariado e ii) o estudo das trajetórias tecnológicas das micro, pequenas e médias empresas. O primeiro ponto diz respeito a carência no uso de técnicas estatísticas mais robustas na determinação de causa e efeito entre as variáveis dos *frameworks* anteriormente comentados e, que ao mesmo tempo mantenham preocupação dos autores que militam neste campo teórico com a busca por fortes evidências empíricas, no intuito de estabelecer uma maior credibilidade no falseamento de hipóteses desta natureza, como aquelas que relacionam aprendizado com capacidades tecnológicas e estas com o desempenho das empresas. Apesar dessa lacuna teórico-metodológica, devem-se ressaltar as recentes iniciativas de autores como Romijn e Albaladejo (2002), Kesidou e Szirmai (2008), Yoruk e Bell (2010), Figueiredo e Brito (2010) e Hao e Yu (2011) de trazer a abordagem quantitativa para o estudo de capacidades tecnológicas na perspectiva evolucionária.

O segundo ponto diz respeito à abrangência empírica dos *frameworks* em teste na literatura mencionada, considerando as micro, pequenas e médias empresas, como uma parcela significativa das firmas, principalmente em países de economia emergente como o Brasil. Desta maneira, as ferramentas teóricas de análise precisam ser abrangentes o suficiente para incluir as especificidades das micro, pequenas e médias empresas, o que caracteriza uma lacuna atualmente existente na literatura. Neste caso, a maioria dos trabalhos utiliza como objeto de estudo e campo de teste empírico, empresas de tamanho considerável, tais como: empresas da indústria do aço, no Brasil (FIGUEIREDO, 2002), empresas da

indústria de papel e celulose, também no Brasil (FIGUEIREDO, 2010), empresas da indústria de vidros, no México (DUTRÉNIT, 2000); empresas da indústria de eletrônicos, na Malásia (ARIFFIN, 2000) e no Brasil (FIGUEIREDO, 2008), empresas da indústria automotiva e de semicondutores, na Coreia do Sul (KIM, 2005). Vale ressaltar, porém que alguns autores começam a realizar estudos em empresas de menor porte, como: os trabalhos na indústria de construção civil (GRADVOHL; FREITAS; HEINECK, 2011) e nas propriedades de criação de caprinos (IPIRANGA; QUEIROZ, 2011).

Assim sendo, as contribuições deste trabalho foram de caráter metodológico e teórico a partir de uma abordagem de análise multivariada com o foco na causalidade entre aprendizado e capacidades tecnológicas com base em *frameworks* já utilizados em estudos anteriores (e.g. FIGUEIREDO, 2003; LALL, 1992; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010) e com o foco nas empresas de menor porte.

Considerando as contribuições fornecidas por esta investigação optou-se por pesquisar as micro, pequenas e médias empresas do setor de *software* no Nordeste brasileiro. Esta escolha se deu pela importância estratégica do potencial que este setor tem para economia desta região (FERREIRA, 2008), por já haver um *framework* adaptado ao setor, elaborado por Miranda e Figueiredo (2010), para direcionar a pesquisa, pela constante indicação de inovação de produto entre todos os tamanhos de empresa nas *surveys* de inovação, sendo a maior parte das empresas de pequeno porte (SOFTEX, 2012) e pelo dinamismo tecnológico que esta indústria apresenta, tornando-a uma das indústrias intensivas em conhecimentos com maior velocidade de crescimento (ARAMAND, 2008). Além disso apontam-se as expectativas de ampliação de mercado para *software* no Brasil de cerca de 11,4% (IDC, 2012). Desta forma, o presente trabalho pretendeu contribuir também com possíveis orientações: i) nas políticas voltadas ao desenvolvimento tecnológico do setor de *software* e ii) na formulação e implementação de estratégias das empresas deste segmento.

Assim, a questão desta pesquisa é: Qual a influência dos mecanismos de aprendizado na formação das capacidades tecnológicas das pequenas e médias empresas de *software* nordestinas? O estudo apresenta como consequente objetivo geral: Determinar qual a influência que os mecanismos de aprendizado – Frequência e Efetividade – exercem sobre as capacidades tecnológicas das empresas de *software* nordestinas.

Como observado por Bell e Figueiredo (2012), o aprendizado é necessário para se construir capacidades tecnológicas. Dentro desse pressuposto, Figueiredo (2002, 2003, 2004) enfoca nos mecanismos de aprendizagem. Visto estas observações, a hipótese geral do trabalho será de que os mecanismos de aprendizagem influem positivamente no acúmulo de capacidades tecnológicas. A operacionalização desta hipótese geral será feita com base em outras hipóteses pontuais, apresentadas no capítulo 4.

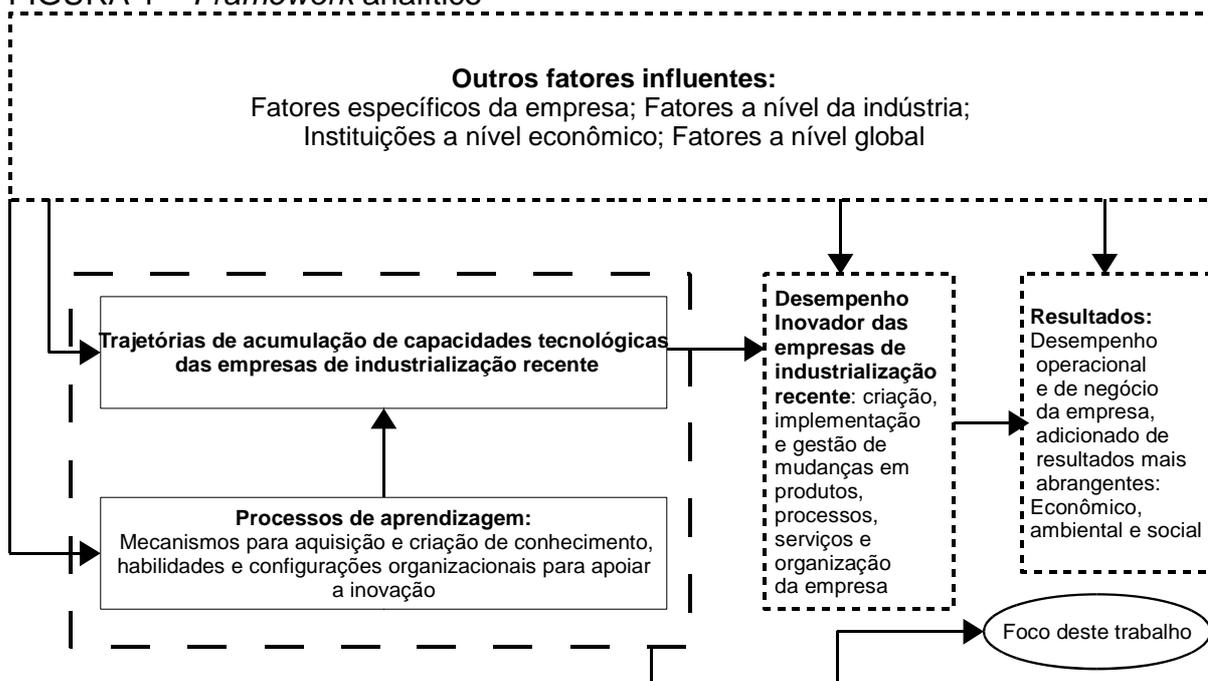
Este trabalho está organizado da seguinte forma: após a presente introdução, são apresentadas as teorias que compõem o *framework* analítico adotado no estudo (capítulo 2); uma breve descrição da indústria de *software* brasileira (capítulo 3), o desenho metodológico a ser utilizado pela pesquisa (capítulo 4), a análise dos dados e discussão dos resultados (capítulo 5) e as considerações (capítulo 6).

## 2 FRAMEWORK ANALÍTICO

Este trabalho adotou o *framework* analítico utilizado por Bell e Figueiredo (2012), apresentado na FIG. 1, que trata dos processos de aprendizagem como influentes nas trajetórias de acumulação de capacidades de inovação. Estas, por sua vez, geram desempenho inovador levando a resultados operacionais. As empresas, no entanto, não estão isoladas, elas são afetadas por outros fatores influentes: específicos da empresa; no nível da indústria; de instituições a nível econômico; e fatores a nível global.

Os processos de aprendizagem compreendem os mecanismos utilizados para a aquisição e criação de conhecimento, habilidades e configurações organizacionais. Cabe ressaltar que esses processos não influenciam diretamente no desempenho inovador ou no desempenho operacional, mas sim na criação de capacidades tecnológicas. Essas capacidades são compostas pelas habilidades, conhecimentos, experiência e sistemas organizacionais (BELL; PAVITT, 1993) e influenciam diretamente no desempenho inovador das empresas, seja por meio de mudanças em processos produtivos, em produtos ou novos arranjos organizacionais. Por sua vez, o desempenho inovador influencia no desempenho

FIGURA 1 – *Framework* analítico



Fonte: BELL; FIGUEIREDO, 2012.

operacional da empresa, por meio de novos produtos e serviços, ou por meio de melhorias de processos produtivos

Todos esses pontos apresentados podem ser influenciados por outros fatores externos a essa cadeia, como a necessidade de criar capacidades para usar uma nova tecnologia para a empresa, as condições econômicas favoráveis ou não, os ambientes de competição com mercados externos, os investimentos setoriais, as mudanças na tecnologia em empresas mais avançadas, o tamanho da empresa, a característica da mão de obra disponível, entre outros fatores (LALL, 1992).

Diante deste *framework* abrangente, este trabalho se concentrou na relação de influência dos processos de aprendizagem nas capacidades tecnológicas, que incluem as capacidades inovadoras do *framework*.

## 2.1 Capacidades Tecnológicas

Até os anos 60, as economias em desenvolvimento eram desconsideradas nos estudos de inovação. Era presumido que as capacidades adquiridas eram apenas para utilizar as tecnologias que eram importadas das economias mais avançadas, causando uma situação de dependência tecnológica. Dada a força desta visão, praticamente não existiam pesquisas relacionadas às mudanças tecnológicas em países em desenvolvimento (BELL; ALBU, 1999; BELL; PAVITT, 1993; BELL, 2006; LALL, 1992).

Essa visão foi aos poucos sendo alterada e diversos trabalhos foram realizados dentro da perspectiva das economias em desenvolvimento a partir de dois movimentos criadores das bases teóricas para o campo. No primeiro deles foram encontradas as pesquisas em ciência e tecnologia elaboradas pelo Programa em Ciência e Tecnologia ECLA/IBD/IDRC/UNDP, realizados em seis países da América Latina que, de acordo com Figueiredo (2009), foram posteriormente resumidas por Katz em 1987. O segundo movimento aconteceu através do programa de pesquisas em aquisição de capacidades tecnológicas, financiado pelo Banco Mundial e dirigido por Carl Dahlman e Larry Westphal. Este movimento culminou em investigações realizadas em empresas de países como Índia, Coréia do Sul, Brasil e México (FIGUEIREDO, 2009). Esses estudos buscaram investigar a natureza e a dinâmica dos vários mecanismos pelos quais as empresas acumularam, ou deixaram de acumular, suas capacidades tecnológicas ao longo do

tempo. Ao fazer isto, revelaram diversos aspectos do dinamismo e criatividade tecnológica em empresas de economias em desenvolvimento, focando especialmente nos mecanismos de aprendizado e seu papel na velocidade pela qual as empresas constroem suas capacidades. Tais estudos serviram de base para os estudos realizados na década de 90 (BELL; FIGUEIREDO, 2012; FIGUEIREDO, 2009).

Contemplou-se na década de 80, certa ausência de estudos que abordassem questões relativas à acumulação de capacidades tecnológicas ao longo do tempo e muito menos que averiguassem as estratégias de aprendizagem e sua ligação com a acumulação de capacidades no contexto de países em desenvolvimento (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Em meados da década de 1990, foi possível observar novos estudos que versavam sobre o papel dos mecanismos de aprendizagem na acumulação das capacidades tecnológicas em economias emergentes, especialmente nos países asiáticos que cresciam rapidamente. As pesquisas de Kim (1998), Dutrénit (2000) e Figueiredo (2002) analisaram essas capacidades e sua trajetória de acumulação ao longo do tempo avaliando as consequências das estratégias de aprendizagem nessa trajetória e, portanto, no desempenho das organizações.

Os trabalhos de Kim (1997, 1998) pormenorizam, por meio de estudos de caso, estratégias de aprendizagem que as empresas coreanas do ramo eletrônico e automobilístico utilizaram para preencher as lacunas tecnológicas existentes entre elas e as organizações líderes nos mencionados setores. O autor concluiu, após análise tanto dos processos internos como externos de aprendizagem, que investimentos por parte do governo que propiciem o desenvolvimento de sistemas nacionais de inovação são essenciais para acelerar os processos de acumulação de capacidades tecnológicas em países de economia emergente (KIM, 2005).

A análise da trajetória de acumulação de capacidades ao longo do tempo em uma indústria de vidros no México elaborada por Dutrénit (2000) evidenciou que os processos de aprendizagem internos da organização são indispensáveis ao processo de acumulação de capacidades tecnológicas. Não obstante tanto Kim (1997, 1998) como Dutrénit (2000) não averiguaram as diferenças entre empresas de um mesmo setor.

O modelo analítico concebido pelo trabalho de Figueiredo (FIGUEIREDO, 2002, 2003) examinou a relação entre as estratégias de aprendizagem intra-

organizacionais e a acumulação de capacidades tecnológicas. No estudo o modelo foi aplicado em duas empresas brasileiras de aço e identificou a relação entre os processos internos e externos de aprendizagem e a trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas. A pesquisa também apontou as diferenças entre as trajetórias de cada empresa que tem como resultado uma avaliação assimétrica do valor de mercado de cada uma no momento em que foram privatizadas.

A comparação entre várias empresas de manufatura de eletrônicos da Malásia foi elaborada por Ariffin (2000) e, posteriormente, no Brasil por Ariffin e Figueiredo (2004). Neste estudo foram analisadas 53 empresas na Malásia e 29 no Brasil. Muitas dessas empresas eram subsidiárias de empresas transnacionais, tornando esta condição um limitador para alcançar níveis mais elevados de capacidade tecnológica inovadora. Como apontado nos resultados desses estudos, a pesquisa de ponta ficava centrada nas sedes dessas corporações. No entanto, a maior parte das empresas apresentaram capacidades inovadoras, mesmo sendo apenas subsidiárias. É importante destacar que um dos resultados apontou que as patentes foram confinadas às sedes dessas empresas, o que tornava o indicador de patentes inadequado para uma subsidiária.

Posteriormente, Marins (2005) aplicou o mesmo modelo analítico a uma amostra de 18 institutos brasileiros de pesquisa e desenvolvimento. Em sua investigação a autora analisou as estratégias intra-organizacionais de aprendizagem, bem como as relações dos institutos de pesquisa com infraestrutura tecnológica e as empresas como fontes de conhecimento criadoras de capacidades tecnológicas. É importante ressaltar que o trabalho de Marins (2005) também estabeleceu os níveis de acumulação de capacidades alcançados pelos institutos pesquisados.

Outros estudos foram realizados nestes anos, mas a maioria seguiu o mesmo formato em relação à mensuração de capacidades tecnológicas e os mecanismos de aprendizagem, com mudanças em alguns pontos, como foi o caso do tratamento de subsidiárias (FIGUEIREDO; BRITO, 2010; FIGUEIREDO, 2011), redes (DANTAS; BELL, 2009, 2011) e descontinuidades (FIGUEIREDO, 2010). Foi possível inferir que nos últimos 25 anos foram realizados muitos estudos com evidências empíricas e utilização de modelos que comportavam acumulação de capacidades tecnológicas dentro do contexto das *latecomer firms*, enriquecendo a literatura da área (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

### 2.1.1 Definição de Capacidades tecnológicas

Este estudo adotou a definição proposta por Bell e Pavitt (1993, 1995) que conceituou as capacidades tecnológicas como os recursos necessários para gerir e gerar mudanças tecnológicas, incluindo habilidades, conhecimentos e experiência, estruturas e ligações institucionais. Tais recursos podem ser encontrados tanto em indivíduos, bens de capital, sistemas organizacionais, banco de dados e em várias outras fontes. Essa é uma definição mais ampla que é normalmente utilizada pela literatura de capacidades tecnológicas em países em desenvolvimento. Ela foca nos recursos necessários para a empresa empreenderem essa mudança tecnológica.

Esses recursos são constituídos na empresa de forma tangível e intangível. A tecnologia é incorporada e se acumula nesses recursos, isto é, nos sistemas técnico-físicos, nas pessoas, no sistema, no tecido organizacional e gerencial das empresas, assim como nos seus produtos e serviços. Esses recursos são acumulados como estoques, que são utilizados para realizar atividades tecnológicas, formando as capacidades tecnológicas. Esse estoque está armazenado em pelo menos quatro componentes (FIGUEIREDO, 2009):

1. Sistemas técnico-físicos: É a capacidade tecnológica incorporada nos sistemas de produção, equipamentos, *softwares*, banco de dados, estruturas etc. É uma forma de perpetuar a capacidade das pessoas na empresa, especialmente os tácitos (LEONARD-BARTON, 1995);
2. Tecido e sistemas organizacionais e gerenciais: É a capacidade tecnológica incorporada e acumulada no tecido ou sistema organizacional da empresa. Envolve as rotinas organizacionais, dos procedimentos, das normas, da produção, dos processos administrativos, técnicas de gestão da produção etc. É a forma que determina muitas das capacidades da empresa em si, como ela lida com o seu desenvolvimento, como incentiva o desenvolvimento de novos produtos, como estimula o aprendizado, o que irá guiar as escolhas em diversos pontos de decisão. É um dos pontos que mais se tem a materialização dos conhecimentos tácitos que foram aceitos e adotados na organização, portanto é de difícil replicação por outras empresas;

3. Nas pessoas: É capacidade tecnológica que está na mente das pessoas que a compõe. Constituída por conhecimentos tácitos, qualificação formal, talentos, habilidades, experiência etc. É através das pessoas que a empresa pode aprender;
4. Produtos e serviços: É a capacidade incorporada nos produtos e serviços que são desenvolvidos e produzidos pela empresa com base nos outros componentes da capacidade tecnológica. Eles expressam parte da capacidade das empresas;

As capacidades tecnológicas são difusas e abrangentes, portanto, esses componentes possuem uma relação inseparável (FIGUEIREDO, 2004). Além disso, a capacidade tecnológica é particular ao contexto da empresa, indústria, região e país onde é desenvolvida, sendo as assimetrias tecnológicas encontradas nas firmas nesses diferentes contextos, algo permanente (DOSI, 1988a, b).

É importante salientar que as capacidades tecnológicas se dividem em capacidades de produção e capacidades de inovação. As primeiras envolvem a capacidade de operar ou usar tecnologias existentes, já as segundas abrangem a capacidade de mudar a tecnologia e a produção existente (BELL; PAVITT, 1993). Essa divisão nem sempre é muito clara e a fronteira é bem tênue, visto que uma empresa pode ter as duas capacidades em paralelo e que, muitas vezes, são utilizadas de forma complementar, especialmente com o uso do aprendizado através produção, com algum esforço na mudança, por exemplo, substituição de matéria prima, e não apenas o fazer por fazer.

Todas essas capacidades são adquiridas de forma cumulativa, ou seja, os recursos que a empresa possui no presente influenciarão suas atividades no futuro. O processo de acumulação de capacidades tecnológicas é intrínseco à forma de acesso a novos recursos. Diante disto, a aprendizagem então se torna um ponto chave no processo de desenvolvimento de uma empresa para níveis mais avançados de capacidades tecnológicas (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

### *2.1.2 Níveis de acumulação de capacidades tecnológicas*

As *latecomer firms* possuem características específicas por conta de seu contexto. Normalmente começam o empreendimento a partir de uma base de tecnologia adquirida de empresas de outros países, carecendo até mesmo das

capacidades tecnológicas básicas. Para se tornarem competitivas e acompanharem as empresas que estão na liderança de seu setor, elas devem adquirir conhecimento para construir e acumular suas próprias capacidades tecnológicas. Em outras palavras, elas precisam entrar em um processo de aprendizado tecnológico (FIGUEIREDO, 2004).

Outras dificuldades encontradas inicialmente são citadas por Hobday (1995), quanto à entrada em mercados internacionais. A primeira é que as *latecomer firms* estão deslocadas das principais fontes internacionais de tecnologia e de pesquisa e desenvolvimento, isto é, isoladas dos centros de ciência e inovação, bem como defasadas tecnologicamente, carecendo de capacidade de pesquisa, desenvolvimento e engenharia. Além disso, contam com universidades locais pouco desenvolvidas e infraestrutura tecnológica deficiente. A segunda dificuldade é que geralmente estão afastadas dos principais mercados internacionais para os quais pretendem comercializar seus produtos. Ademais, o mercado interno é subdesenvolvido, precisando criar ligações com os seus usuários e superar as barreiras de mercado.

Portanto, essas empresas precisam acumular capacidades tecnológicas para se tornarem competitivas no mercado internacional. Essa acumulação envolve uma sequência desde os estágios mais básicos até os mais avançados (BELL; PAVITT, 1995; LALL, 1992). Esta ordem é determinada pela trajetória tecnológica, que nas *latecomer firms* difere das de países de economia avançadas por inverter a ordem de inovação-investimento-produção típica de empresas inovadoras destas economias. A trajetória seguida é do tipo produção-investimento-inovação (DAHLMAN; ROSS-LARSON; WESTPHAL, 1987).

Esse modelo se assemelha com o de Kim (2005), onde a empresa segue uma trajetória de três estágios: aquisição, assimilação e aprimoramento para cada degrau de capacidade tecnológica adquirida. O foco nos estágios iniciais recai mais na engenharia, com este deslocando-se para o desenvolvimento e pesquisa a partir do avanço nessa trajetória.

A necessidade de evolução e de acumulação de capacidades tecnológica de forma gradual está bem expressa na literatura (e.g. DOSI, 1988a; FIGUEIREDO, 2003; HOBDAY, 1995), sendo necessário ter formas de identificar tais estágios e de como lidar com os mesmos. A história dá exemplos de como empresas e economias inteiras podem se desenvolver de uma condição de atraso e partir para uma

situação de competitividade internacional, até mesmo liderando o desenvolvimento tecnológico mundial de determinada área, como é o caso de várias empresas do Japão e da Coréia do Sul.

As capacidades tecnológicas foram classificadas quanto a níveis desde os primeiros estudos por vários pesquisadores proeminentes na área (e.g. BELL; PAVITT, 1995; HOBDAV, 1995; LALL, 1992). Os trabalhos decorrentes seguiram abordagens semelhantes, geralmente utilizando uma sequência que começa desde os níveis de capacidade de produção até os níveis de capacidades de inovação, mesmo que tenham variado em relação aos termos e conceitos utilizados. A quantidade de níveis varia conforme os autores e na quantidade de detalhamento, mas a essência da abordagem permaneceu a mesma (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Essa tipologia está baseada no que pode ser chamada de capacidade revelada, ou aparente. Para reconhecer determinada capacidade, são identificados os níveis incrementais de novidade e significância nas atividades inovativas, inferindo que há diferentes níveis de capacidades por trás dos diferentes tipos de atividade inovativas (BELL; FIGUEIREDO, 2012). Em outras palavras, são observadas as atividades realizadas pela empresa, que possuem origem nos recursos da mesma, ou seja, nas suas capacidades tecnológicas. Essas atividades diferem entre si em termos de significância e de novidade, como a coordenação de produção rotineira e o desenvolvimento de novos processos produtivos (FIGUEIREDO, 2003), sinalizando que para o desenvolvimento de atividades diferentes são necessários níveis de capacidades tecnológicas distintos.

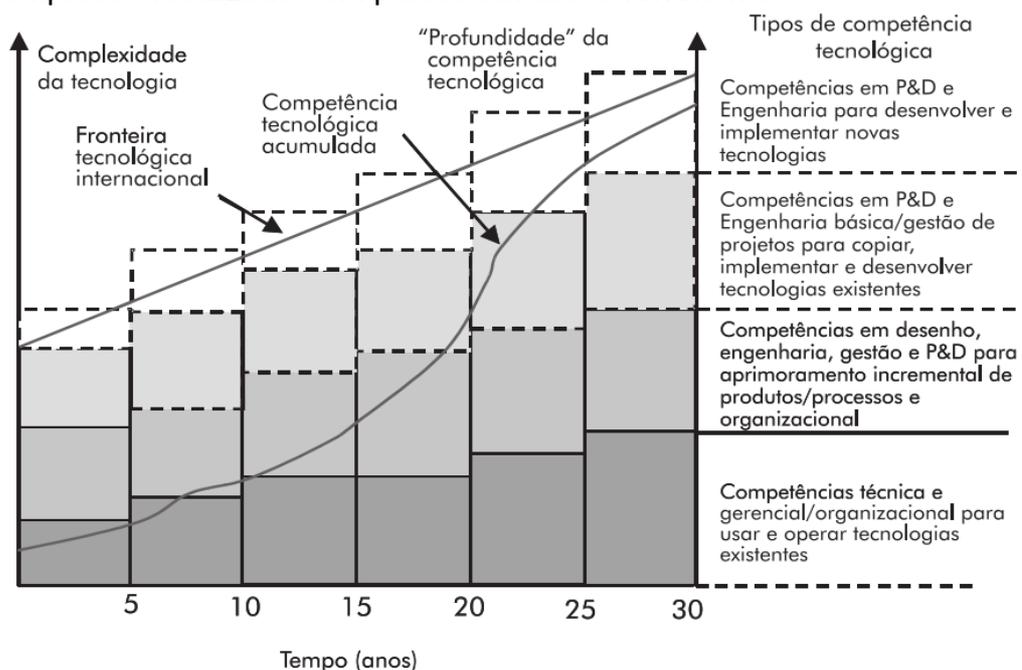
Para representar essas diferenças, foram criados modelos teóricos que dividem as capacidades tecnológicas em níveis. Bell e Pavitt (1995) propõem um modelo baseado em Lall (1992), que gradua as capacidades inovadoras em três níveis e as de produção em dois. Esses níveis, porém não são unificados, sendo subdivididos entre as atividades, ou funções tecnológicas, da empresa, como organização de processos e produção; e implementação e preparação de projetos.

Tal subdivisão de níveis de capacidades é relativa ao detalhamento a ser observado das diferentes funções tecnológicas, sempre aprimorando as habilidades existentes para subir de nível. A linearidade desses níveis não deve ser dada como certa, pois essa sequência é influenciada por diversos fatores internos e externos à empresa, como políticas governamentais (LALL, 1992). Essa evolução vai desde os níveis mais básicos de operação com base nas atividades rotineiras (relacionadas à

capacidade de produção), até as atividades inovadoras (apoiadas nas capacidades inovadoras). Tal uso amplo da definição de capacidades tecnológicas permite sua utilização adequada ao contexto de empresas em economias emergentes, considerando as dimensões técnicas e organizacionais da capacidade tecnológica (FIGUEIREDO, 2004).

A FIG.2 é uma representação gráfica da aplicação deste modelo considerando a velocidade de acumulação de capacidades tecnológicas ao longo do tempo. Neste caso, o número de anos que uma empresa leva para modificar o seu nível de capacidade tecnológica de funções específicas (FIGUEIREDO, 2002). Esse tipo de abordagem também permite analisar a relação das capacidades da empresa em relação à fronteira tecnológica, de acordo com os níveis de complexidade da tecnologia e as conseqüentes capacidades requeridas, ou seja, com o passar do tempo os requerimentos para cada nível pode se alterar, exigindo que a empresa constantemente melhore suas capacidades sob a pena de perder competitividade. Aplicações deste modelo podem ser vistas em Figueiredo (2002, 2003) para o setor de aço, Ariffin (2000) para o setor de eletrônicos, Miranda e Figueiredo (2010) para empresas de *software*, entre outros.

FIGURA 2 – Modelo da trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas em empresas localizadas em países em desenvolvimento



Fonte: BELL, 1997 *apud* FIGUEIREDO, 2004.

Fica claro a evolução da complexidade da tecnologia, e o deslocamento dos requerimentos de capacidades das empresas ao longo dos anos. Quanto mais o setor se desenvolve, mais as capacidades necessárias para usar a tecnologia aumentam, assim como aquelas para modificar a tecnologia. As *latecomer firms* devem buscar acumular capacidades tecnológicas em uma velocidade maior do que a deslocamento da fronteira tecnológica internacional, caso o objetivo seja participar ou se aproximar dessa fronteira.

Essa trajetória nem sempre segue este padrão linear de acumulação de capacidades tecnológicas, mesmo que esta seja a situação mais comum. Nos trabalhos de Lee e Lim (2001), é mostrado que as trajetórias podem seguir diferentes padrões. Há o do pioneiro, que segue os níveis de forma linear, sendo este o que determina a fronteira tecnológica. Para *latecomer firms*, três padrões são ilustrados: o de seguidor, que significa que seguirá a mesma trajetória tomada pelos pioneiros, mas em um tempo menor; o de pulador de estágio, que segue o pioneiro, mas de alguma forma pula algumas etapas, economizando tempo; a terceira é a do criador de trajetória, que ao invés de seguir o pioneiro, em algum momento cria uma tecnologia concorrente (e.g. FIGUEIREDO, 2010).

Em um trabalho mais recente, Bell e Figueiredo (2012) representaram essa divisão de níveis de capacidades tecnológicas, com o *framework* ilustrativo apresentado no QUADRO 1, que compreendeu as capacidades de produção e sua fronteira nebulosa com as capacidades inovadoras, graduadas desde o nível básico ao nível de liderança mundial. Esse modelo é semelhante ao modelo utilizado em estudos anteriores (ARIFFIN; FIGUEIREDO, 2004; BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2002, 2003; LALL, 1992; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010; TACLA; FIGUEIREDO, 2006), mas não fez a divisão por funções por ser apenas um modelo ilustrativo. Cada modelo específico deve conter as funções tecnológicas principais. Outra diferença é a ausência de diferenças entre os níveis operacionais, mas isto é particular ao grau de detalhamento e importância das capacidades rotineiras.

As capacidades tecnológicas voltadas para inovação variam em níveis, desde atividades inovativas no nível básico, onde são trabalhadas pequenas adaptações em produtos, processos e sistemas organizacionais. No nível intermediário há um esforço na imitação criativa, com mais dedicação ao desenvolvimento produtos, mesmo que seja um redesenho de concorrentes, sendo

QUADRO 1 – Níveis de Capacidade Inovadora

Níveis de Atividade Inovadora	Elementos ilustrativos da capacidade (Focando no capital humano, bases de conhecimento, etc.)
<b>Líder mundial</b>	Um corpo substancial e variado de pessoas reconhecidas internacionalmente em P & D com um número de equipes de engenheiros e profissionais correlatos altamente especializados que trabalham com pesquisas de ponta. Algumas equipes podem estar ser envolvidas em investigação em nível pré-competitivo. Grande incidência de pessoas com sofisticadas habilidades cognitivas para a geração de inovações criativas e originais. Estes são distribuídos em diferentes unidades organizacionais na empresa e também trabalhar em uma base de colaboração com profissionais de outras organizações
<b>Avançado</b>	Vários tipos de engenheiros de projeto e desenvolvimento, pesquisadores e outros profissionais especializados em diferentes áreas funcionais dentro e fora da empresa. Entre estes estão aqueles com habilidades adicionais para partilhar de conhecimentos novos e triagem/pesquisa e alavancagem de conhecimentos externos. Esses profissionais implementam pesquisa aplicada, projetos e desenvolvimento de produtos/serviços complexos e sistemas de produção que estão próximos da fronteira internacional de inovação .
<b>Incremental/intermediário</b>	Aumento do número de engenheiros e técnicos especializados alocados em diferentes e dedicadas unidades organizacionais envolvidos no desenvolvimento de produtos, no redesenho de produtos, na engenharia de processos e nos sistemas de automação. Esses profissionais trabalham em atividades como duplicação e/ou imitação criativa para modificações avançadas para produtos, sistemas de larga escala de produção, de <i>software</i> . As empresas tendem a dar preferência para profissionais com bons conhecimentos técnicos e algumas habilidades cognitivas (resolução de problemas e elaboração) para a imitação criativa.
<b>Básico</b>	Grupos de engenheiros e técnicos qualificados que trabalham informalmente em experimentos e incipientes ou informais atividades de P&D. Grupos de engenheiros e técnicos qualificados e operadores bem treinados trabalhando na implementação de pequenas adaptações em produtos, processos de produção e sistemas organizacionais e/ou automático.
<div style="text-align: center;"> <p><b>Capacidades de Inovação</b></p> <p><b>Fronteira Difusa</b></p> <p><b>Capacidades de Produção</b></p> </div>	

Fonte: Adaptado de BELL; FIGUEIREDO, 2012.

possível. No nível avançado a empresa passa a necessitar mais profissionais especializados dentro e fora da empresa, com pessoas capacitadas a fazer ligações com os conhecimentos de fora da empresa, com capacidades de análise, com

presença de pesquisa aplicada e desenvolvimento de produtos e serviços mais complexos e com um sistema de produção que é próximo da fronteira internacional.

No nível de liderança mundial, há um número substancial de engenheiros especializados, trabalhando em pesquisa de ponta. Há uma grande quantidade de pessoas com capacidades criativas e cognitivas essenciais para a inovação, sendo eles distribuídos em diferentes unidades da empresa e trabalhando de forma colaborativa com profissionais de outras organizações, como é o caso de institutos de pesquisa. Para galgar os níveis mais avançados de capacidade tecnológica, ela deve se valer de mecanismos de aprendizado, que devem ser utilizados de forma adequada ao contexto que se insere a empresa.

### 2.1.3 *Acumulação de capacidades tecnológicas da indústria de software*

Os modelos para auxiliar a mensurar as capacidades tecnológicas em *latecomer firms* normalmente são expressos por uma matriz dos níveis de capacidades tecnológicas e as funções tecnológicas, como apresentado em Figueiredo (2003). Esses modelos devem ser adaptados para refletir as principais atividades no setor estudado, o que requer uma pesquisa extensiva. No presente trabalho será utilizada uma matriz já elaborada por Miranda e Figueiredo (2010), que é específica para empresas de *software*.

O trabalho de Miranda e Figueiredo (2010) abordou a velocidade de acumulação de empresas de *software* nos estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. Dentre os resultados encontrados, destacou-se a observação das velocidades crescentes de acumulação de capacidades tecnológicas, isto é, quanto mais avançadas eram as capacidades, mais rapidamente conseguiam mover-se nas trajetórias tecnológicas. Esse mesmo padrão foi encontrado por Ariffin (2000) e Figueiredo (2007) que argumentaram que esse padrão pode ser algo específico da indústria, uma simples coincidência ou mesmo decorrência de condições externas. O estudo de Miranda e Figueiredo (2010), porém mostrou uma matriz com os níveis e as funções tecnológicas bem adaptadas para o setor de *software*.

A matriz elaborada por Miranda e Figueiredo (2010) pode ser observada no ANEXO A, quanto às capacidades tecnológicas rotineiras e às capacidades tecnológicas inovadoras. As funções tecnológicas foram dispostas em colunas e os níveis de complexidade das capacidades tecnológicas em linhas. “Essa métrica foi

adaptada, calibrada e validada com o auxílio de especialista do setor de *software*. O processo de adaptação e validação levou aproximadamente seis meses.” (MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010). Mesmo que disposta de forma linear, a acumulação de capacidades nem sempre seguirá essa trajetória (FIGUEIREDO, 2009), além de poder haver níveis distintos para cada função.

Dadas essas considerações, os níveis apresentados na mensuração de capacidades tecnológicas no ANEXO A foram descritos para um melhor entendimento dos termos utilizados com base em Miranda e Figueiredo (2010).

### **2.1.3.1 Níveis de Capacidade Tecnológica em engenharia de software**

A linha de produção de uma empresa de *software* se dá por meio da engenharia de *software*, onde as especificações de novos *softwares* e manutenções destes são aplicadas em código-fonte e transformadas em aplicativos que serão executados em computadores (MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010).

Essa função tecnológica mensura as capacidades da empresa de desenvolver *software* que atendam as necessidades dos clientes, dentro do tempo e qualidade esperados. Igualmente, se deve medir a capacidade da empresa de utilizar, personalizar e desenvolver ferramentas de engenharia de *software* que se adaptem às necessidades da organização e aos processos utilizados. As atividades que perpassam esta função, de acordo com o nível em que se encontram, são conforme Miranda e Figueiredo (2010):

1. Básico: Nessa atividade são empregadas ferramentas básicas de engenharia de *software*. Cada desenvolvedor utiliza sua própria padronização de código e documentação. Os controles de versão, bem como as cópias de segurança (*backup*) são executados pelos próprios desenvolvedores em sua máquina de desenvolvimento.
2. Extra básico: Algumas práticas de engenharia de *software* são formalizadas e sugeridas aos desenvolvedores. Alguns exemplos e partes de códigos-fonte são usados para auxiliar a acelerar o processo de desenvolvimento. As cópias de segurança dos códigos-fonte são realizadas através do uso de ferramentas adequadas de controle de versão, mas ainda de forma incipiente.

3. Pré-intermediário: As práticas aqui realizadas são padronizadas por meio de manuais, exemplos e documentos de boas práticas. Elementos de terceiros são usado em áreas específicas como interface com o usuário e comunicação em rede, por exemplo.
4. Intermediário: Neste nível encontram-se atividades como o desenvolvimento de bibliotecas próprias de componentes e personalização de elementos de terceiros. Processos de inspeção e testes de código são realizados, como forma de garantir sua qualidade e sua conformidade com os padrões pré-estabelecidos. Há, também, a interação com parceiros, fornecedores e cliente para troca de tecnologia na resolução de problemas.
5. Intermediário superior: Neste estágio as ferramentas de engenharia de *software* são integradas entre si, facilitando e acelerando as atividades de desenvolvimento. Acontece também a automação das técnicas de inspeção e teste de código, libertando os desenvolvedores de tarefas repetitivas. Equipes multidisciplinares são contempladas, trabalhando de forma complementar e integradas. Observa-se também a criação e manutenção de modelos para utilização interna.
6. Avançado: Neste nível a empresa já é considerada referência mundial em engenharia de *software* por utilizar e criar novas tecnologias que integram o processamento de informação com outras áreas como as telecomunicações e o geoprocessamento. Destaca-se também o uso de ferramentas geradoras de código, o que diminui a carga de trabalho repetitivo dos desenvolvedores. Neste grau, a empresa possui a capacidade de trabalhar com equipes fisicamente distantes e em diferentes fusos-horários. Neste nível é possível dizer que a empresa alcançou a fronteira tecnológica.

### **2.1.3.2 Níveis de capacidade tecnológica em produtos e serviços**

A função tecnológica de produtos e serviços refere-se à capacidade da empresa de transformar a tecnologia em produtos, serviços e soluções para seus clientes.

Dado que para a indústria brasileira de *software* e serviços existem vários modelos de negócios possíveis, um dos fatores determinantes do modelo de

negócio da empresa e o produto ou o serviço oferecido por ela. As atividades delineadas nesta função podem ser específicas para um ou mais modelos de negócios. Desta forma cada uma delas será classificada com as abreviações [S] = Serviço e [P] = Produto.

As capacidades da empresa de desenvolver produtos e serviços para seus clientes devem ser analisadas, mas não somente atendendo suas necessidades, e sim incluindo a oferta de soluções inovadoras que atendam a demandas ainda não identificadas. As atividades compreendidas nessas funções tecnológicas estão divididas em níveis conforme abaixo:

1. Básico: A organização realiza pequenos serviços ou tem participação em projetos maiores atendendo partes dos requisitos [S]. Neste nível as especificações são fornecidas pelos clientes e implementadas pela empresa [S]. A organização oferece manutenção em *softwares* criados por outros fornecedores, executando pequenos ajustes e correções com poucas alterações de suas funcionalidades [S];
2. Extra básico: Neste estágio a empresa realiza atividades de reengenharia e cópia de produtos já existentes no mercado [P]. Também é observada sua participação em projetos de serviços de *software* maiores e mais complexos [S]. A especificação funcional da solução ainda é executada pelo cliente, porém especificações técnicas passam a fazer parte dos serviços;
3. Pré-intermediário: Neste nível a empresa realiza análise, definição e especificações dos requisitos para o cliente [S]; identifica as necessidades pontuais de seus clientes e com base nisso sugere produtos e serviços que supram essas necessidades [S]. Também oferece serviços de integradora, configurando e implantando pacotes de *software* corporativo como ERP e CRM. Em muitas das vezes participa de grandes projetos, embora só atenda parte [S]. A empresa, nesse nível, executa a criação de produtos através de reengenharia, identificando suas deficiências, bem como as necessidades de seus clientes e suprindo-as quer seja pela criação de novas funcionalidades ou pela adequação do preço frente aos seus concorrentes [P];
4. Intermediário: Neste nível a empresa passa a identificar as necessidades de seus clientes e de seu mercado, além disso, utiliza seu

conhecimento técnico para oferecer soluções e produtos [S]. Disponibiliza serviços de integração de pacotes corporativos atendendo toda a necessidade de seus clientes por meio de configurações, personalizações e desenvolvimentos [S]. Neste estágio a organização evolui sua linha de produtos, tanto de forma horizontal, ampliando sua utilização, como de forma vertical, aumentando suas funcionalidades [P]. Dessa forma a empresa prolonga o ciclo de vida dos seus produtos [P]. Observa-se também a criação de novos produtos utilizando o conhecimento já adquirido em produtos anteriores, mas agora atingindo novos mercados e clientes [P];

5. Intermediário superior: Este nível abrange atividades como o desenvolvimento de produtos em tecnologias de ponta como a telefonia celular, convergência, TV digital, computadores móveis e integração de sistemas;

6. Avançado: Aqui se observam a pesquisa e o desenvolvimento de soluções e produtos de última geração que buscam mercados quase que inexistentes e tornam-se estado da arte no setor como, por exemplo, *grid computing*, computação móvel, convergência, etc. Neste nível a empresa alcançou a fronteira tecnológica estabelecida para produtos e serviços.

### **2.1.3.3 Níveis de capacidade tecnológica em processos**

A função tecnológica de processos caracteriza a capacidade que a empresa possui de organizar e gerenciar seu processo de engenharia de *software*. Nesta função são avaliadas não apenas a existência e a formalização de processos, mas também o quanto eles são adequados para a realidade da empresa e sua capacidade de progredi-los e inová-los.

1. Básico: Neste nível os processos operacionais ainda não são formalizados. Para cada projeto ou área o próprio gerente é quem estabelece o processo, a documentação necessária e as ferramentas que serão utilizadas ao longo do projeto. As práticas ainda não são documentadas, variando de acordo com cada projeto;

2. Extra básico: Neste nível já se observam uma padronização básica dos processos, onde as grandes etapas passam a ser realizadas de forma

semelhante, mas ainda sem formalização ou mesmo a documentação necessária;

3. Pré-intermediário: Acontece a documentação e formalização do processo de engenharia de *software* e gerência de projetos. Os processos se repetem nos variados projetos com algumas mudanças. A equipe é capacitada em metodologias de gestão de processos;

4. Intermediário: A empresa utiliza ferramentas para controle e apoio de processos. Ocorre também a gestão de qualidade de cada fase do processo. Os processos são organizados e documentados pela empresa, que obtém certificações relacionadas a processos, a exemplo *International Organization for Standardization (ISO)*, *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*, *Project Management Institute (PMI)*, entre outros, e adapta processos internos às práticas destas certificações;

5. Intermediário superior: Aqui os processos passam a ser controlados com métricas de qualidade. A estrutura da empresa é adaptada ao processo de desenvolvimento por meio da criação de áreas específicas para desenvolvimento, testes, configurações, etc. Se observa a automatização de etapas importantes do processo de engenharia de *software*, como testes unitários e controle de versão;

6. Avançado: Acontece o aprimoramento contínuo dos processos de ferramentas da empresa. O próprio processo prevê sua melhoria incremental. Além disso, o processo é adaptável para cada projeto, dada suas características como tempo e tamanho. Ao atingir este nível a organização alcança a fronteira tecnológica estabelecida para os processos.

Esses níveis fazem sentido para identificar características e ou atividades típicas que as empresas em determinado nível de capacidade tecnológica apresentam. O desenvolvimento dessas capacidades tecnológicas é atribuído especialmente à aprendizagem, particularmente a tecnológica.

## **2.2 Aprendizagem**

Na literatura o termo aprendizagem possui diversas definições, caracterizando-se como um conceito ubíquo (DODGSON, 1993). Bell e Figueiredo (2012) afirmam que alguns autores a compreendem como um tipo de inovação,

outros como um tipo particular de conhecimento e outros como um processo de aquisição de conhecimento de fora da firma. Este estudo entendeu a aprendizagem como um conjunto de processos, custosos e deliberados, pelos quais conhecimentos e habilidades técnicas adicionais são adquiridos pelos indivíduos e, conseqüentemente, pela organização ao longo do tempo (BELL; FIGUEIREDO, 2012; BELL, 1984). Nesse sentido a aprendizagem se refere a diferentes fontes de conhecimentos que são internas e externas para a empresa. Isso indica que existem várias formas de se adquirir conhecimento organizacional.

É importante ressaltar a natureza cumulativa do aprendizado para o estoque de conhecimentos que possibilita serem realizadas as atividades inovadoras (COHEN; LEVINTHAL, 1990; MALERBA, 1992). Os fatores que mais explicam as variações na profundidade e continuidade de acumulação de capacidades inovativas são aqueles relacionados com os esforços utilizados para criar estas capacidades. A intensidade, persistência e efetividade com que as empresas administram e investem no processo de adquirir e criar capital humano, bem como a base de conhecimento necessária para as estratégias inovativas são importantes para a empresa ter capacidade de inovar. Esse investimento e administração são considerados aprendizagem. Resumindo, aprendizagem é o processo de criação de capacidades para inovar (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

O conhecimento enquanto resultado do processamento de informações e aproveitamento de visões subjetivas dos indivíduos existe em duas formas: O conhecimento tácito e o explícito (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Antes mesmo de Nonaka e Takeuchi popularizarem essa taxonomia do conhecimento, Polanyi em 1966, em sua obra *The Tacit Dimension*, já fazia essa distinção. Segundo o autor o conhecimento tácito é aquele intrínseco e subjetivo ao indivíduo, que não pode ser facilmente registrado ou transmitido a outras pessoas. Silva (2004) afirma que as informações incorporadas em indivíduos e organizações podem ser difundidas através das experiências com outras pessoas, processos de intercâmbio e cooperação (LUNDVALL, 2001). O conhecimento explícito, ou codificado, é aquele estruturado de maneiras formais é possível de ser verbalizado. Esse tipo de conhecimento pode ser facilmente transferido, armazenado, compartilhado em documentos e sistemas de informação (NONAKA; TAKEUCHI, 1997; POLANYI, 1966).

Nonaka e Takeushi (1997) apontam que o conhecimento só poderá ser de fato trabalhado se este estiver sob constante processo de conversão entre os tipos tácito e explícito. Os mesmos autores advogam que essa conversão do conhecimento ocorre em quatro processos distintos a saber:

- a) Socialização (ou compartilhamento): O primeiro mecanismo de conversão do conhecimento é a socialização, que compreende os processos pelos quais os indivíduos compartilham o conhecimento tácito entre si (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Essa socialização pode ocorrer por meio de processos formais e informais pelos quais o conhecimento tácito é transmitido entre os indivíduos, individualmente ou em grupos. Esses processos podem envolver observação, reuniões, resolução de problemas em grupo, rotatividade de trabalho e espaços compartilhados (NONAKA, 1994; LEONARD-BARTON, 1995).
- b) Codificação (ou externalização): A codificação engloba os processos pelos quais os conhecimentos tácitos dos indivíduos se tornam explícitos em diversas formas (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). Neste processo se busca articular o conhecimento tácito em conceitos explícitos para torná-los mais fáceis de serem entendidos. Esta conversão pode se traduzir em procedimentos, rotinas, documentos, padronizações e outras formas de códigos. A elaboração de treinamentos internos serve como codificação do conhecimento e como um momento para haver socialização do conhecimento (LEONARD-BARTON, 1995). Esses processos facilitam o compartilhamento de conhecimento dentro da empresa e fazem com que o conhecimento deixe de existir apenas nos indivíduos, ou que dependa da presença de tais sujeitos. Dos quatro modos de conversão do conhecimento este é considerado a chave para a criação do conhecimento por criar conceitos novos e explícitos com base no conhecimento tácito (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).
- c) Combinação: Esse processo define a conversão do conhecimento explícito em conhecimento explícito através da troca de conhecimento por meio de documentos, reuniões, conversas ao telefone ou sistemas computadorizados (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

- d) **Internalização:** Considerado o processo de incorporação do conhecimento explícito no conhecimento tácito do indivíduo. Esse mecanismo está relacionado a ideia do “aprender fazendo”.

Ao classificarem as formas pelas quais os conhecimentos podem ser convertidos, Nonaka e Takeuchi (1997) entendem que o conhecimento pode vir de várias partes, bem como os processos de aprendizagem podem acontecer tanto dentro como fora da organização. Figueiredo (2002, 2003), em seu *framework* de aprendizado, fez uma divisão entre os processos de aquisição de conhecimento (aquisição externa e interna) e o de conversão do conhecimento (socialização e codificação). Esta divisão deriva de estudos anteriores das atividades de construção do conhecimento (e.g. LEONARD-BARTON, 1995; NONAKA, 1994).

Os processos de aquisição refletem o aprendizado no nível dos indivíduos, onde nos indivíduos obtém conhecimento de variadas fontes. Os processos de conversão fazem alusão aos o aprendizado no nível organizacional, onde o conhecimento adquirido pelos indivíduos se transforma em conhecimento organizacional. Após a aquisição é necessário que esse conhecimento seja incorporado pelas empresas. Neste ponto, mecanismos de conversão de conhecimento devem ser utilizados para que o conhecimento adquirido a nível individual possa ser compartilhado com o restante da organização (FIGUEIREDO, 2003). Esta é a forma de tornar mais perene um conhecimento tácito individual, como foi salientado por Leonard-Barton (1995)

- a) **Mecanismos de aquisição externa de conhecimento (Aprendizagem externa):** A aquisição externa de conhecimento consiste nos processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimentos tácitos e codificados de fora da empresa. Essas aquisições podem vir de várias fontes e de diversas formas, sendo semelhantes tanto em países de economia emergente quanto nos países mais desenvolvidos, diferenciando apenas que nos países desenvolvidos a aquisição é utilizada para manter suas capacidades e para continuar movendo a fronteira tecnológica (FIGUEIREDO, 2003; LEONARD-BARTON, 1995). Já os países de economia emergente utilizam a aquisição externa de conhecimento para construir suas capacidades tecnológicas.

São exemplos desses mecanismos: treinamentos externos, aquisição de conhecimento codificado, aquisição de especificações de produtos que

não requerem muitas modificações, contratação de capital humano capacitado a inovar, laboratório de P&D, configurações organizacionais, etc. (ARIFFIN, 2000; BELL; ALBU, 1999; DANTAS; BELL, 2009; HOBDDAY, 1995; KIM, 2005; entre outros).

- b) Mecanismos de aquisição interna de conhecimento: Estes compreendem os processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimento realizando atividades dentro da empresa, por exemplo, por meio de rotinas ou melhorias nos processos e na organização da produção, equipamentos e produtos. Esta forma de conhecimento é adquirida inicialmente na forma tácita, e pode ser codificado posteriormente. São exemplos os treinamentos, a comunicação do conhecimento, a articulação e assimilação de conhecimento, a aquisição de experiência, a criação de conhecimento via P&D, codificação do conhecimento, criação de configurações organizacionais, entre outros (ARIFFIN; BELL, 1999; ARIFFIN; FIGUEIREDO, 2004; DUTRÉNIT, 2000; HOBDDAY, 1995; KIM, 2005; LEONARD-BARTON, 1995; entre outros).
- c) Mecanismos de socialização do conhecimento: Já citado anteriormente, é através desses processos que o conhecimento tácito de um indivíduo é convertido em conhecimento tácito de outro, compondo assim uma troca de saberes tácitos (NONAKA; TAKEUCHI, 1997; NONAKA, 1994). A empresa então pode se beneficiar o que os indivíduos sabem e apropriar esses conhecimentos na organização (KOGUT; ZANDER, 1992, 1996; LEONARD-BARTON, 1995). Os treinamentos internos também são processos que podem ser utilizados para compartilhar o conhecimento tácito, dado que os participantes tenham as habilidades mínimas requeridas para absorver esse conhecimento.

A socialização cumpre um papel importante na difusão de conhecimento tácito e explícito dentro da organização, criando certo entendimento das crenças e melhorando a tomada de decisão dentro das práticas sociais da empresa, permitindo a remoção das barreiras para a criação de conhecimento e incorporação destes por meio de práticas sociais (GHERARDI, 2000, 2001; NONAKA; VON KROGH, 2009). Treinamentos internos, por exemplo, conseguem transmitir conhecimento de indivíduos mais experientes para outros de forma que o conhecimento explícito não

conseguiria (ZANDER; KOGUT, 1995). A importância da socialização é ainda mais evidente por transmitir conhecimentos dentro da organização, por meio de interação entre os indivíduos, que não pode ser reproduzido facilmente pelos concorrentes (LEONARD-BARTON, 1995), pois os indivíduos sempre sabem mais do que são capazes de externalizar (POLANYI, 1966). O compartilhamento social de conhecimento tácito é pré-requisito para a aplicação adequada do mesmo (NONAKA; VON KROGH, 2009).

- d) Mecanismos de codificação do conhecimento: Também anteriormente citado, esses processos representam a forma como o conhecimento tácito é transformado em explícito, simplificado, assumindo um caráter mais acessível (KOGUT; ZANDER, 1992). Um exemplo é a criação de uma rotina a partir do conhecimento tácito de um gestor, que mesmo depois de ele não estar mais na empresa, vai contribuir com o seu conhecimento, envolvido na rotina, que ficou na organização. Nesta categoria pode se encaixar o aprender fazendo (*learning-by-doing*), que é a forma ativa de fazer que caracteriza o aprendizado, pois o simples fazer passivo possui certas limitações quanto à fonte de conhecimento (BELL, 1984).

No entanto a codificação pode comprometer os conhecimentos de uma empresa, pois pode ser facilmente imitável, enquanto o conhecimento tácito é mais difícil de replicar (KOGUT; ZANDER, 1992). Assim, algumas empresas podem manter conhecimentos explícitos em formatos que se encaixem mais nas suas idiossincrasias ou que sejam mais gerais, como é o caso de padronização de procedimentos.

Figueiredo (2002, 2003) divide os mecanismos de aprendizagem em quatro características: variedade, intensidade, funcionamento e interação. A variedade é a dimensão que está ligada à variedade dos mecanismos de aprendizagem que podem existir nas organizações. Analisar essa dimensão exige um exame das atividades desenvolvidas pela empresa. Como exemplo é possível dizer que dentro do processo de aquisição externo de conhecimento existem vários outros micro processos como a contratação de profissionais externos. Neste estudo, no entanto esta característica não é explorada tendo em vista o fato de que não

seria possível analisar as atividades realizadas por cada empresa participante da pesquisa;

A Intensidade mostra de forma geral a intensidade no uso do mecanismo na empresa, ou seja, sua frequência de uso. Dentro desta pesquisa foi usado o termo frequência por se referir à consistência de utilização de determinado processo de aprendizagem e ser mais claro o significado para os sujeitos pesquisados.

O funcionamento reflete o modo como os processos de aprendizagem são efetivos dentro da organização. No contexto dessa investigação essa dimensão foi denominada de efetividade, pois tendo em vista de que foi avaliada a percepção do resultado a partir da realização de determinada atividade. O mecanismo efetivo foi entendido como aquele que cumpriu plenamente seu papel dentro do seu escopo onde foi realizado. O mecanismo não efetivo foi entendido como aquele que não foi útil para a empresa.

A Interação está relacionada com a forma pela qual os processos de aprendizagem influenciam uns aos outros. Essa característica, no entanto, não foi avaliada neste estudo em nível de atividades, mas em nível de mecanismos, pois inviabilizaria a comparação entre os sujeitos. De forma geral a interação se coloca pela influência dos mecanismos de aquisição nos de conversão e a influência da socialização na codificação (FIGUEIREDO, 2003; NONAKA; VON KROGH, 2009).

De acordo com Figueiredo (2003, 2009) uma grande variedade de processos de aprendizagem na organização faz com que os indivíduos obtenham conhecimento em alto grau e este passe da esfera individual para a esfera organizacional. Da mesma forma Pavitt (1998) salienta que o modo como os processos de aprendizagem são conduzidos impacta diretamente na geração de capacidades tecnológicas.

O uso conjunto desses mecanismos de aprendizagem faz com que uma empresa tenha a possibilidade de acumular conhecimento e criar capacidades tecnológicas. É vital que se identifique quais os melhores mecanismos de aprendizagem a serem utilizados de acordo com as singularidades de cada empresa.

Todos esses mecanismos de aprendizagem não esgotam as variáveis que influem na acumulação de conhecimento e na conseqüente criação de capacidades tecnológicas, pois vários fatores podem afetar esse aprendizado. Um dos fatores pode ser a dificuldade de aplicar esses mecanismos, como é o caso de

escassez de mão de obra qualificada, dificuldades de absorção de tecnologias, estilos de lideranças, valores da empresa, além de outros fatores inerentes ao tecido organizacional. Contudo, o foco deste trabalho foi nos mecanismos apenas, sem levar em conta esses outros fatores, dada a complexidade e particularidade de cada empresa.

### 3 BREVE DESCRIÇÃO DA INDÚSTRIA DE SOFTWARE BRASILEIRA

Este capítulo descreve as características das unidades de análise deste estudo. A indústria de *software* tem muitas peculiaridades que devem ser observadas ao longo do tempo, em especial a sua natureza intangível, o que abre possibilidades infinitas para a forma de inovar.

#### 3.1 Evolução histórica da indústria de *software*

Tanto os *hardwares* como os *softwares* utilizados no Brasil até o início da década de 70 eram importados e comercializados pelas filiais de grandes empresas transnacionais (GOMEL; SBRAGIA, 2011). Temerosos com a instalação de uma dependência tecnológica do país, o governo brasileiro adotou uma série de medidas que tinha como objetivo desenvolver a tecnologia nacional. Esse conjunto de medidas culminou na criação do Grupo de Trabalho Especial (GTE), em 1971, que tinha o propósito de modernizar o parque industrial brasileiro por meio da tecnologia da informação. A Comissão de Atividades de Processamento Eletrônico (CAPRE) foi criada no ano seguinte e tinha como meta inicial racionalizar a utilização de computadores na administração pública federal. Em 1974, foi constituída a Digibrás com o objetivo de desenvolver a tecnologia nacional para a fabricação de microcomputadores.

O cume da política de intervenção do governo brasileiro foi atingido no ano de 1976, no instante em que a CAPRE, já fortalecida e investida de novas atribuições, restringiu o mercado nacional de micro e minicomputadores à somente empresas nacionais, ficando as organizações multinacionais limitadas ao mercado de mainframes. É importante salientar a criação, em 1979, da Secretaria Especial de Informática (SEI) que regulamentaria, no ano de 1982, o *software*, deixando este de ser considerado apenas um complemento para o *hardware*. Além disso, a SEI estabeleceu vários benefícios e privilégios para as empresas nacionais do ramo. Em 1984, com a instituição da Lei da Informática, fica estabelecida a reserva de mercado de oito anos para quase todos os serviços e produtos de *software* no país. Ou seja, tudo o que foi consumido nacionalmente a termos de *software* no período de oito anos era proveniente da indústria nacional.

Entretanto as medidas estabelecidas com o intuito de estimular uma indústria nacional de *softwares* forte não conseguiram alcançar tal objetivo, na forma como era esperado. Embora a Indústria Brasileira de *Software* e Serviços de Tecnologia da Informação (IBSS) tenha crescido bastante, saindo de US\$ 200 milhões em 1979 para US\$ 4 bilhões em 1990 (SOFTEX, 2002) não conseguiu alcançar o nível de competitividade da indústria de *software* internacional. Tampouco desenvolveu capacidades para competir com elas em mercados internacionais. O fracasso da política foi ocasionado pela falta de incentivo para pesquisa e desenvolvimento, ausência de uma infraestrutura tecnológica para capacitar especialistas bem como a carência de incentivos e financiamentos para as empresas nacionais.

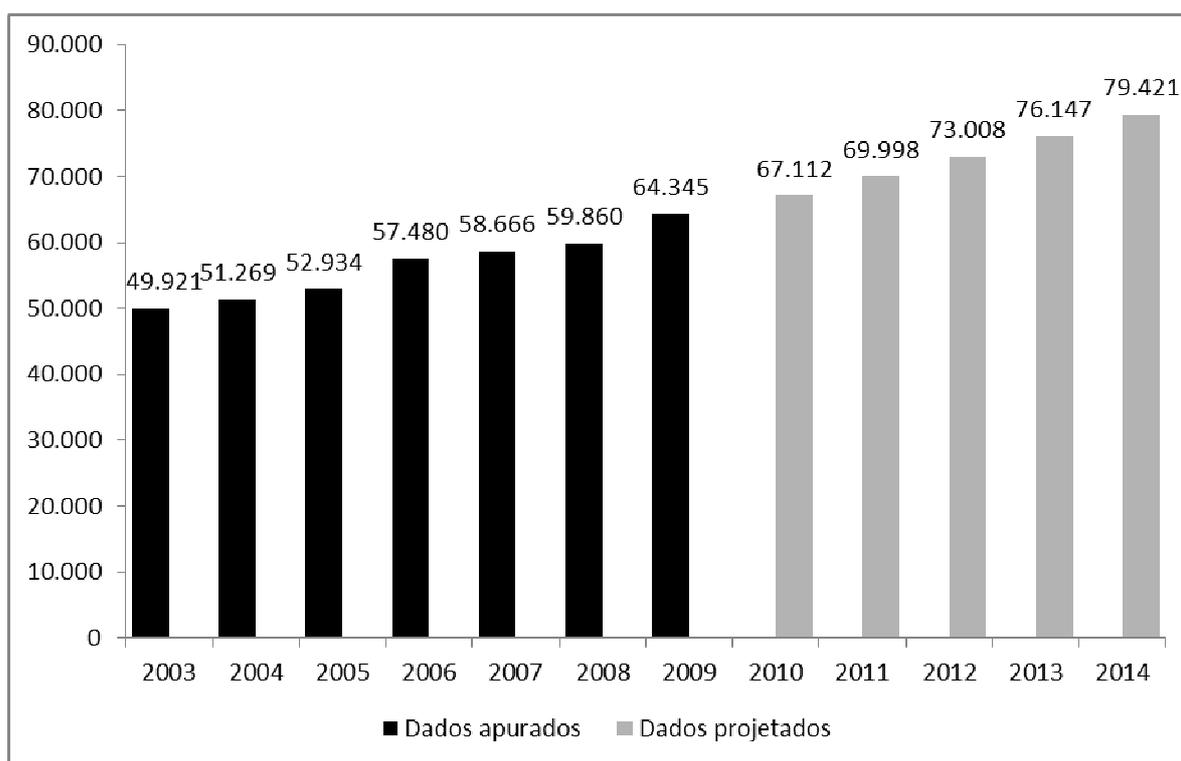
Os anos 90 foram marcados pela abertura do mercado de *software* à competição internacional. A IBSS, que até aquele momento era protegida pelo governo passou a enfrentar sérios problemas ao se deparar com concorrentes maiores, mais fortes e mais competitivos. Por isso, com o objetivo de apoiar as IBSS surgiram algumas iniciativas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para a criação de uma infraestrutura tecnológica para os centros de pesquisa (Rede Nacional de Pesquisa - RNP), para desenvolvimento de capital humano (Programa Temático Multiinstitucional em Ciência da Computação – ProTeM-CC) e para o fortalecimento da indústria nacional focada na excelência de produção e na exportação (Programa SOFTEX).

O término da reserva de mercado trouxe também alguns benefícios como a redução do custo de *hardware* que levou a uma difusão do uso de computadores pessoais (PC) no Brasil e, conseqüentemente, o aumento do mercado consumidor tanto de *hardware* como de *software*.

Hoje em dia, segundo a SOFTEX (2012), a IBSS cresceu em média 4,3% ao ano no período de 2003 a 2009 e as projeções estabelecidas para 2012 eram de que a IBSS possua um número aproximado de 73 mil empresas, conforme mostra o GRÁFICO 1. Para 2014 são esperadas aproximadamente 80 mil empresas em todo o país. É importante ressaltar que, de acordo com relatório da SOFTEX (2012), das 73 mil empresas que compõem a IBSS 70 mil delas têm até 19 pessoas ocupadas, ou seja, 95% são consideradas microempresas, de acordo com a classificação do SEBRAE (2011).

Ainda no período de 2003 a 2009 a receita líquida da indústria de *software* nacional cresceu 8,2% ao ano, apresentando desempenho superior ao PIB brasileiro (SOFTEX, 2012). A expectativa para o fim do ano de 2012 é que a receita da IBSS alcance aproximadamente R\$ 71 bilhões, representando 1,8% do PIB brasileiro. Destaca-se também o aumento da participação das pequenas empresas, aqui consideradas de acordo com a classificação do SEBRAE (2011) como aquelas com entre 20 e 99 pessoas ocupadas. No ano de 2009, conforme aponta a SOFTEX (2012), a receita líquida dessas empresas representou 76,5% do total da receita do setor. Embora as empresas consideradas médias e grandes, ou seja, com 100 ou mais pessoas ocupadas (SEBRAE, 2011), ainda represente uma parcela significativa do setor a tendência é que, ao longo dos anos as microempresas ampliem sua participação na receita do setor (SOFTEX, 2012).

GRÁFICO 1 – Número de empresas da IBSS – 2003-2014



Fonte: SOFTEX, 2012

O número de pessoas ocupadas na IBSS também apresentou crescimento de, em média, 10,1%. A projeção para o ano de 2012 é de 600 mil pessoas ocupadas, entre assalariados e sócios proprietários (SOFTEX, 2012).

A receita líquida advinda de exportações também cresceu no período de 2004 a 2008. No ano último ano da série essa receita atingiu o montante de R\$ 3,1 bilhões, expressando o crescimento de, em média, 32,1% ao ano. Esse mesmo patamar foi mantido no ano de 2009, tendo os Estados Unidos como principal mercado externo consumidor dos produtos da IBSS.

O estudo da SOFTEX (2012) também registrou, no período de 2003 a 2008, um aumento no crescimento dos cursos como ciência da computação, engenharia da computação e processamento da informática, tanto nas modalidades de bacharelado como tecnólogo. Apesar do crescimento tímido, os cursos de bacharelado tiveram um aumento de 3,8% ao passo que os cursos tecnológicos apresentaram um crescimento bem mais expressivo, de 16,5% ao ano. O crescimento do número de instituições que oferecem cursos de pós-graduação em ciência da computação, no período de 2006 a 2009, também foi registrado. Em 2006 eram apenas 30 instituições, já em 2009 somavam 45 instituições com oferta de cursos de pós-graduação na área.

Paralela à pesquisa realizada pela SOFTEX (2012) foi possível acessar também um estudo elaborado pela Associação Brasileira das Empresas de *Software* (ABES) que apontou dados semelhantes aos apresentados pela SOFTEX, quanto ao crescimento do setor.

Segundo a ABES (2012) o setor de TI cresceu 14,8% no ano de 2011 e os setores específicos de *software* e serviço cresceram na casa de 12,6% no mesmo período. Em nível mundial, conforme o estudo, o mercado de *software* e serviços apresentou um crescimento da ordem de 10% no ano de 2011. Isso mostra que o mercado brasileiro apresentou um aumento superior ao mercado mundial, situando-se como sétimo mercado de TI e décimo no *ranking* mundial de *software* e serviços, movimentando cerca de 21,44 bilhões de dólares, entre mercado interno e mercado de exportação (ABES, 2012).

A projeção para o final da década de 2010 é que o mercado de *software* chegue à sétima posição no *ranking* mundial de *software* e serviços, alcançando um PIB de aproximadamente 60 bilhões de dólares (ABES, 2012). Diante disso observa-se que o Brasil vem apresentando um crescimento superior ao verificado em países tradicionais no setor como Estados Unidos, Japão e Inglaterra, destacando-se como um mercado em ascensão.

Ao analisar a IBSS a partir de uma perspectiva regional a SOFTEX (2012), avaliou dados de uma pesquisa realizada em 2008 com as empresas de pequeno, médio e grande porte e verificou que a região sudeste foi a responsável por 81,9% da receita líquida da IBSS. Essa concentração de receita foi superior à verificada para o número de empresas, mostrando que aquelas com sede na região possuem, em média, capacidade maior de geração de receita.

Se comparada as outras regiões do país, a Sudeste concentra empresas de maior porte, perdendo apenas para a região Centro-Oeste que, em virtude das empresas públicas situadas no Distrito Federal, apresenta o maior valor médio de pessoas ocupadas por empresa (301 pessoas). No entanto, a média de receita líquida gerada por pessoa ocupada ainda é maior no Sudeste (R\$ 173,4 mil – Valores obtidos em 2008 e corrigidos de acordo com o IGPI-DI do ano-base 2010).

No Nordeste observou-se uma quantidade de 158 empresas e 12.753 pessoas ocupadas, gerando uma média de 81 pessoas ocupadas/empresa. A receita líquida apresentada pela região é de R\$ 770, 301 mil, com uma média de R\$ 60,40 por pessoa ocupada (SOFTEX, 2012).

Ressalta-se que esse estudo desconsiderou as microempresas, com até 19 pessoas ocupadas, o que representa um enviesamento da pesquisa tendo em vista que a própria SOFTEX afirma que 95% da IBSS é composta por microempresas.

### **3.2 Particularidades da indústria de *software***

A indústria de *software* possui características que são específicas do seu setor. Diferente de muitas indústrias de transformação tradicionais, a matéria prima da indústria de *software* está no conhecimento do seu capital humano. Pode-se considerar que sem o capital humano uma empresa de *software* estaria sem o seu estoque de matéria prima. Neste ponto há uma grande dependência da disponibilidade de trabalhadores qualificados e de políticas organizacionais que retenham o capital humano.

Outro ponto é a falta de fronteiras na concepção do produto. Por tratar-se de um item que existe apenas de forma digital, as possibilidades são infinitas. Assim, o mesmo produto pode ser incrementado de forma infinita de acordo com as mudanças aplicadas. Isto reforça a dinâmica do setor, muitos produtos novos entram

no mercado e os produtos existentes devem ser atualizados constantemente para manter o mercado. Esta velocidade de mudança exige das empresas uma capacidade de inovar constantemente, na maioria das vezes de forma incremental.

Existe também uma tipologia do tipo de *software* oferecido como produto. Este pode ser um *software* de pacote, chegando ao mercado pronto para ser utilizado, sem a possibilidade de personalização para aquele usuário único que não já esteja embutido no produto vendido. Este deve satisfazer as necessidades de seus clientes para manter-se atualizado para as novas necessidades e tecnologias utilizadas.

Há o *software* serviço, ou sob encomenda, semelhante a um *software* de pacote, com a diferença de ser desenvolvido para um cliente em específico que normalmente fica com a propriedade intelectual do produto. Os custos em oferecer esse tipo de *software* é mais baixo, pois não exigem investimentos preliminares em desenvolvimento do produto, nem em marketing. Ademais, é comum que o serviço de criar um *software* gere novos serviços para a manutenção e progresso do mesmo, produzindo bons ganhos com baixos investimentos.

Outro tipo de *software* é o embarcado, que é muitas vezes imperceptível para os consumidores, mas que estão mais presentes em todo equipamento eletrônico, desde celulares, impressoras, fornos elétricos, televisores e muitos outros. A sua chegada ao mercado se dá através do equipamento e inicialmente era desenvolvido pelos próprios fabricantes desses equipamentos mas, hoje em dia, estes *softwares* ficam cada vez mais a cargo de outras empresas ou institutos de pesquisa.

De acordo com o estudo da SOFTEX (2012), no período de 2007 a 2009 o número de empresas que se dedicam ao desenvolvimento de *software* customizável e portais, provedores de conteúdo e serviços de informação na internet cresceram em detrimento das indústrias dedicadas a produção de *software* sob encomenda.

## 4 METODOLOGIA

Esta pesquisa apresentou natureza quantitativa, de caráter descritivo e explicativo. As pesquisas classificadas como descritivas, conforme colocam Gil (1987) e Vergara (2010) têm como intuito principal descrever a população ou o fenômeno em estudo, bem como estabelecer relações entre variáveis. Já os estudos classificados como explicativos são aqueles que visam tornar algo inteligível, esclarecendo quais variáveis são causais e determinando as relações entre variáveis causais e de efeito (VERGARA, 2010). Esta pesquisa, portanto, assume caráter descritivo por tratar de um setor que já foi estudado, mas não abordado com um tratamento quantitativo mais robusto e explicativo por visar estabelecer uma relação entre as variáveis estudadas.

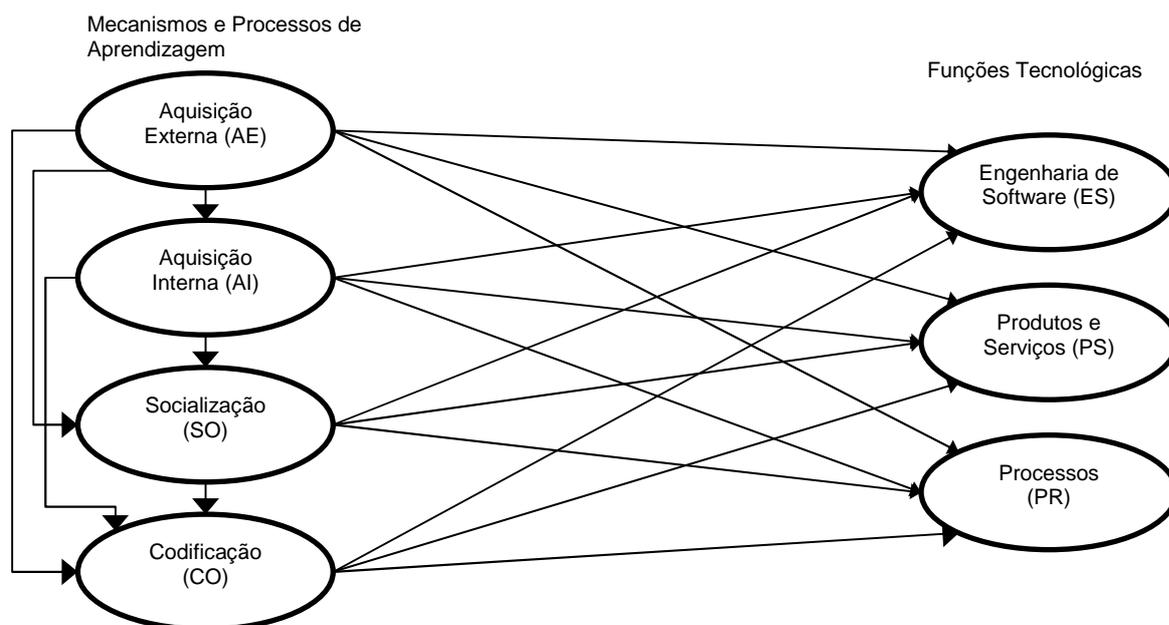
Tendo em vista o objetivo principal deste estudo de determinar qual a influencia da aprendizagem tecnológica sobre as capacidades tecnológicas das empresas de *software* nordestinas, observa-se uma situação em que há variáveis relacionadas com a aprendizagem de um lado e as variáveis de capacidades tecnológicas de outro. Além disso, são várias relações que podem ser estabelecidas ao se considerar os mecanismos de aprendizagem por categorias (aquisição e conversão) e as funções tecnológicas (incluindo divisões acerca do tipo de capacidade tecnológica).

O modelo adotado para representar essas relações foi ilustrado na FIG.3, considerando os construtos dos mecanismos de aquisição externa de conhecimento (AE), aquisição interna de conhecimento (AI), socialização do conhecimento (SO) e codificação do conhecimento (CO). Os construtos relacionados com as capacidades tecnológicas foram divididos nas funções tecnológicas engenharia de *software* (ES), produtos e serviços (PS) e processos (PR).

De acordo com a literatura e exemplos empíricos anteriores (ARIFFIN; FIGUEIREDO, 2004; BELL; FIGUEIREDO, 2012; FIGUEIREDO, 2002, 2003; TACLA; FIGUEIREDO, 2006), a aprendizagem é essencial para a criação de capacidades tecnológicas e está relacionada desde a criação de capacidades básicas que muitas vezes carece no início da operação da empresa (HOBDAV, 1995). Assim, foi trabalhada a relação de cada construto de mecanismos de aprendizagem com as funções tecnológicas de acordo com o tipo de capacidade

tecnológica. Cada construto foi formado por variáveis observáveis de acordo com a literatura já traçada neste trabalho.

FIGURA 3 – Modelo de relações de mecanismos de aprendizagem com as funções tecnológicas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Decidiu-se mensurar os construtos de aprendizagem de duas maneiras, a saber: i) considerou-se a frequência com que as ações empresariais relacionadas ao aprendizado organizacional ocorreram; ii) considerou-se a efetividade destas mesmas ações. Esta diferenciação estabeleceu a estimativa de dois modelos. Um para cada tratamento dado às variáveis de aprendizagem.

Para a operacionalização da pesquisa optou-se pelo delineamento de *survey*, que de acordo com Pinsonneault e Kraemer (1992) e Babbie (1999), objetiva produzir descrições quantitativas de alguns aspectos de determinada população, podendo estar preocupado tanto com as relações entre as variáveis, que é o caso desta investigação, ou com a projeção de uma descrição da população estudada. A escolha desse delineamento de pesquisa se deu devido a viabilidade para uma comparação de uma maior quantidade de empresas do que comparado a estudos qualitativos em profundidade, considerando recursos semelhantes. Além disso, a

estratégia de *survey* aumenta as chances de replicação da pesquisa e sua aplicação em situações de menor acesso a dados.

#### 4.1 Hipóteses

De acordo com a FIG.3 as relações entre os mecanismos de aprendizagem e as capacidades tecnológicas existem e estão baseadas na revisão da literatura que este trabalho apresenta. Essas relações foram convergentemente mostradas no framework proposto por Bell e Figueiredo (2012), no entanto, este trabalho contribui com o teste empírico deste *framework*, utilizando técnicas de modelagem de equações estruturais, para estimar se estas relações existem e como se dão no setor estudado.

Assim, traçaram-se doze hipóteses a serem testadas. Este número é dado pela quantidade de relações de causalidade propostas no modelo da FIG.3. As declarações seguem o seguinte modelo geral:

Hipótese 1: Os mecanismos de aquisição externa de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas (H1a) de engenharia de software, (H1b) de produtos e serviços, (H1c) de processos.

Hipótese 2: Os mecanismos de aquisição interna de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas (H2a) de engenharia de software, (H2b) de produtos e serviços, (H2c) de processos.

Hipótese 3: Os mecanismos de socialização do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas (H3a) de engenharia de software, (H3b) de produtos e serviços, (H3c) de processos.

Hipótese 4: Os mecanismos de codificação do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas (H4a) de engenharia de software, (H4b) de produtos e serviços, (H4c) de processos.

#### 4.2 Mensuração dos construtos

Para a consecução da pesquisa de acordo com as relações propostas entre a aprendizagem e as capacidades tecnológicas, foi criado um modelo em que foram utilizadas variáveis latentes para os mecanismos de aprendizagem e as

funções tecnológicas. Essas variáveis latentes foram mensuradas a partir de variáveis observáveis, compondo assim o modelo de mensuração (CHIN, 1998).

Os construtos utilizados foram formativos. No construto formativo, cada variável manifestada representa uma dimensão diferente de um conceito subjacente. Portanto, diferente de um modelo reflexivo, não assume homogeneidade ou unidimensionalidade do bloco. A variável latente é definida como uma combinação linear das variáveis observadas correspondentes. Estes indicadores não precisam covariar, fazendo com que a consistência interna não seja algo relevante (DIAMANTOPOULOS; WINKLHOFER, 2001; KOCK, 2012; MACKENZIE, 2003; VINZI et al., 2010).

O questionário utilizado, apresentado no APÊNDICE A, foi elaborado com base na matriz de capacidades tecnológicas de Miranda e Figueiredo (2010) contidas no ANEXO A para as questões referentes às capacidades tecnológicas. As questões para identificação dos mecanismos de aprendizagem foram elaboradas com base no modelo apresentado por Figueiredo (2003, 2004, 2009).

Na mensuração dos níveis de capacidade tecnológica, procurou-se verificar o grau de consolidação das atividades referentes a cada nível. A consolidação das atividades foi dada a partir do quanto estas atividades são desenvolvidas na empresa, em uma escala de onze pontos (0 a 10), onde zero significa que a empresa não realiza ou não pode realizar tais atividades sem ter que aprender antes e dez significa que a empresa realiza ou pode realizar estas atividades normalmente em suas rotinas.

Para os mecanismos de aprendizado foram utilizadas duas perguntas por item, uma concernente à efetividade e outra à frequência. Compreendeu-se por efetividade o quão efetivo foi determinado mecanismo, dentro de uma escala de onze pontos (0 a 10), onde zero significa que o mecanismo não serviu para a empresa e dez se o mecanismo cumpriu plenamente seu papel dentro do seu escopo. Quanto à frequência no uso do mecanismo, foi verificado o quanto tal atividade é ou foi desenvolvida pela empresa, com uma escala de quatro pontos. No contexto desta pesquisa a frequência é apresentada nos termos da seguinte classificação:

- a) Nunca usou: [O mecanismo] Nunca foi utilizado pela empresa;
- b) Apenas uma vez: Utilização do processo ou mecanismo em uma única oportunidade ou por um curto período de tempo (ex.: contratação de uma

consultoria para certificação apenas uma vez por um curto período de tempo);

- c) Intermitente: Utilização do processo ou mecanismo de forma descontínua ou intermitente (ex.: realização de reuniões durante um período, depois abandonar a ideia. Algum tempo depois retomá-la, podendo repetir o mesmo ciclo);
- d) Contínuo: Utilização do processo ou mecanismo de forma contínua ou, dependendo da natureza do processo, em diversas ocasiões (ex.: sempre realizar um treinamento técnico quando estiver disponível).

Para melhor adaptação do questionário aplicado neste estudo, foi realizada uma consulta a especialistas em duas etapas. Na primeira etapa foram consultados três especialistas da área de *software*: um empresário do ramo de criação de software, com 25 anos de experiência; um pesquisador doutor com experiência no mercado e na teoria a ser aplicada; e um pesquisador mestre com vasta experiência de mercado e coordenador do Núcleo de Inovação Tecnológica na Universidade Estadual do Ceará à época da aplicação da pesquisa.

Nesta ocasião, as perguntas referentes às capacidades tecnológicas estavam todas agrupadas como foi apresentado no ANEXO A. Requerendo ao respondente julgar se estava dentro de determinado nível de acordo com as atividades mencionadas em cada nível. Isto causou problemas na interpretação dos respondentes durante os testes, sendo solucionado com a separação dos níveis de capacidade tecnológica em suas atividades, exigindo que cada respondente informasse apenas a consolidação destas atividades em separado. Esse processo de adaptação do instrumento ocorreu no período de setembro a novembro de 2012.

Feitas estas alterações, foi realizada uma nova consulta aos especialistas com o intuito de verificar a adequação do questionário. Sendo realizada mais uma mudança em relação ao formato das perguntas referentes aos mecanismos de aprendizagem, tornando as perguntas mais claras e removendo as questões redundantes por conta da duração do questionário e para se adequar à abordagem formativa dada a esses construtos. Esta adaptação foi realizada no início de 2013.

Após a aplicação dos questionários foram realizadas checagens das evidências empíricas das variáveis investigadas, a exemplo do que fez Yoruk (2011), com o intuito de determinar a capacidade tecnológica das empresas. Isto foi

realizado através de observação direta e por meio de dados disponíveis das empresas. Dado que a literatura afirma que as capacidades tecnológicas se apresentam na forma de capacidades manifestas, o tratamento dado às mesmas neste estudo baseia-se nas respostas fornecidas pelos entrevistados quando questionados sobre as atividades estabelecidas pela empresa. A partir disso, foi feita uma classificação de cada empresa quanto ao nível de capacidade tecnológica para cada função tecnológica. Essa classificação foi aprovada em uma entrevista relacional (SPINK, 2004) com um dos especialistas antes consultados, pesquisador doutor, que atua na área de tecnologia da informação, que conhece o mercado e compreende a classificação por níveis de capacidades tecnológicas.

A identificação das variáveis foi dada por uma codificação. Para os mecanismos de aprendizagem foram utilizados os códigos dos construtos (AE, AI, SO e CO) e sua ordem no questionário, numericamente. Já as capacidades tecnológicas foram codificadas pelo código da função tecnológica (ES, PS e PR), seguido de um número representando o nível de capacidade a que se refere. Além disso, segue outro número para a ordem que aparece no questionário dentro desse nível (Por exemplo: ES\_6\_1 identifica a função tecnológica engenharia de *software* no nível 6, inovador avançado, sendo a primeira pergunta deste nível no questionário).

#### 4.2.1 AE – Mecanismos de aquisição externa de conhecimento

A definição do construto dos mecanismos de aquisição externa de conhecimento se baseou na utilizada por diversos trabalhos que lidam com a aquisição de conhecimento (FIGUEIREDO, 2009), que consiste nos processos pelos quais se adquire conhecimentos externos à empresa, tácitos ou explícitos (LEONARD-BARTON, 1995; NONAKA; VON KROGH, 2009). Este construto envolveu desde a contratação de pessoal de fora da empresa (KOGUT; ZANDER, 1992), até o envio de membro da firma para participar de treinamentos (KIM, 2005), eventos, contato com instituições externas (IPIRANGA et al., 2012) e outras atividades relacionadas. Os itens do questionário utilizados para mensurar este construto estão no QUADRO 2.

## QUADRO 2 – Mecanismos de aquisição externa de conhecimento

Código	Pergunta
AE_1	Contratação de consultores externos para certificações e melhorias na empresa
AE_2	Treinamentos e capacitações externas dos funcionários
AE_3	Participação de congressos e seminários
AE_4	Interação para desenvolvimento de projetos com clientes
AE_5	Interação para desenvolvimento de projetos com parceiros
AE_6	Aquisição de tecnologia de fonte externa
AE_7	Recrutamento de técnicos especializados, trainees, recém formados, etc
AE_8	Pesquisa em fontes externas (Internet, Livros, Manuais, etc)

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 4.2.2 AI - Mecanismos de aquisição interna de conhecimento

O construto dos mecanismos de aquisição interna de conhecimento é entendido como os processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimento em atividades dentro da empresa (FIGUEIREDO, 2003). Estas podem ser atividades de pesquisa e desenvolvimento internos (DOSI, 1988a), treinamentos internos (ZANDER; KOGUT, 1995), mudanças de rotina (LEONARD-BARTON, 1995), etc. Os itens utilizados no questionário para este construto foram listados no QUADRO 3.

## QUADRO 3 – Mecanismos de aquisição interna de conhecimento

Código	Pergunta
AI_1	Atividade de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa
AI_2	Treinamentos internos para melhoria de processos
AI_3	Aprendendo pelas rotinas
AI_4	Resolução conjunta de problemas

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 4.2.3 SO – Mecanismos de socialização do conhecimento

Esse construto é formado pelos processos que são inerentes às atividades de socialização do conhecimento, ou seja, à transmissão de conhecimento tácito dentro da empresa (NONAKA; VON KROGH, 2009). Cumpre papel fundamental por compor os esforços de compartilhamento de conhecimento tácito em práticas sociais (GHERARDI, 2000, 2001). Pode ser usado de diversas

formas, sempre ligado com a interação dos indivíduos (KOGUT; ZANDER, 1992; LEONARD-BARTON, 1995; ZANDER; KOGUT, 1995). Figueiredo (FIGUEIREDO, 2009) apresenta diversas aplicações que orientaram a escolha dos itens que compuseram o questionário (QUADRO 4).

QUADRO 4 – Mecanismos de socialização do conhecimento

Código	Pergunta
SO_1	Desenvolvimento conjunto com clientes e parceiros
SO_2	Ferramentas de disseminação de conhecimento
SO_3	Rotação de funções, trabalho em equipes multidisciplinares, forças-tarefa
SO_4	Solução compartilhada de problemas
SO_5	Visitas no exterior
SO_6	Participação em redes sociais com discussões técnicas
SO_7	Treinamentos internos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

#### 4.2.4 CO – Mecanismos de codificação do conhecimento

Esse construto é formado pelos processos que objetivam transformar parte do conhecimento tácito em conhecimento explícito, facilitando a transmissão de conhecimento dentro da empresa (FIGUEIREDO, 2003; KOGUT; ZANDER, 1992). No caso das empresas de *software* muitos itens são determinados por determinações de certificações e especificações que compelem a empresa a codificar suas rotinas, além de documentação de processos. Os itens utilizados no questionário se encontram no QUADRO 5.

QUADRO 5 – Mecanismos de codificação do conhecimento

Código	Pergunta
CO_1	Certificações
CO_2	Codificações e especificações
CO_3	Padrões, normas e boas práticas
CO_4	Sistemas de controle operacional e gerencial

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

#### 4.2.5 ES – Função tecnológica de engenharia de software

Esse construto representa as capacidades tecnológicas da função tecnológica de engenharia de *software*. As perguntas utilizadas foram baseadas nas atividades relacionadas com a engenharia de *software* contidas em Miranda e Figueiredo (2010), como se encontra no QUADRO 6.

QUADRO 6 – Função tecnológica de engenharia de *software*

Código	Pergunta
ES_6_1	Ferramentas próprias de engenharia de <i>software</i>
ES_6_2	Integração com ferramentas de outras áreas de conhecimento, como Geoposicionamento e Telecom
ES_6_3	Ferramentas geradoras de código
ES_6_4	Equipes geograficamente distantes
ES_5_1	Integração das ferramentas de engenharia
ES_5_2	Ferramentas automatizadas de inspeção de código e testes de <i>software</i>
ES_5_3	Equipes multidisciplinares integradas e ferramentas de colaboração
ES_5_4	Técnicas de geração de versões diárias
ES_5_5	Frameworks de desenvolvimento de <i>software</i>
ES_4_1	Adaptações das ferramentas de engenharia
ES_4_2	Padronização das práticas de teste e inspeção de código
ES_4_3	Interação com fornecedores, clientes e parceiros
ES_4_4	Criação e controle de versões automatizadas
ES_4_5	Técnicas avançadas de controle de versão
ES_4_6	Criação de biblioteca de componentes
ES_3_1	Padronização e documentação das práticas de engenharia de <i>software</i>
ES_3_2	Utilização de componente de terceiros
ES_3_3	Técnicas incipientes de reaproveitamento de código
ES_3_4	Controle de versão de código-fonte
ES_2_1	Melhor utilização das ferramentas de engenharia de <i>software</i>
ES_2_2	Formalização incipiente das práticas de engenharia de <i>software</i>
ES_2_3	Backup centralizado do código-fonte
ES_2_4	Pequenos exemplos de código fonte para reaproveitamento
ES_1_1	Utilização de ferramentas de engenharia de <i>software</i> de forma incipiente
ES_1_2	Práticas de engenharia de <i>software</i> ad hoc (caso a caso)

Fonte: Adaptado de MIRANDA; FIGUEIREDO (2010).

#### 4.2.6 PS – Função tecnológica de produtos e serviços

O construto de capacidades tecnológicas de produtos e serviços foi mensurado de acordo com as atividades contidas na matriz de Miranda e Figueiredo (2010). No questionário foi feita uma observação de produtos [P] e serviços [S], com as perguntas dispostas no QUADRO 7.

QUADRO 7 – Função tecnológica de produtos e serviços

Código	Pergunta
PS_6_1	Serviços de P&D com tecnologias e tendências de ponta, como <i>grid computing</i> , convergência de mídias e TV Digital [S]
PS_6_2	P&D com tecnologias de ponta, visando ao lançamento de produtos inovadores e difíceis de copiar [P]
PS_5_1	Soluções de alto valor agregado e alta complexidade e conhecimento técnico e de negócios [S]
PS_5_2	Soluções completas com integração e personalização de <i>software</i> corporativo [S]
PS_5_3	Utilização de tecnologias de ponta, como RFID, reconhecimento de voz, para criar produtos capazes de gerar demanda [P]
PS_4_1	Soluções desenvolvidas com conhecimento específico do negócio do cliente [S]
PS_4_2	Configuração e personalização de <i>softwares</i> corporativos (ERP, CRM) [S]
PS_4_3	Evolução contínua dos produtos (horizontal e vertical) [P]
PS_4_4	Novos produtos utilizando conhecimento já adquirido em produtos anteriores [P]
PS_3_1	Realiza análise, definição e especificação dos requisitos para o cliente [S]
PS_3_2	Implantação de <i>softwares</i> corporativos (ERP, CRM) [S]
PS_3_3	Reengenharia de produtos, porém agregando funcionalidades [P]
PS_2_1	Atende as especificações funcionais do cliente, realizando a especificação técnica [S]
PS_2_2	Projetos completos e maiores [S]
PS_2_3	Reengenharia de produtos já existentes no mercado [P]
PS_1_1	Replicação de especificações funcionais e técnicas determinadas pelos clientes [S]
PS_1_2	Pequenas soluções ou partes de projetos [S]
PS_1_3	Manutenção de soluções já existentes [S]

Fonte: Adaptado de MIRANDA; FIGUEIREDO (2010).

#### 4.2.7 PR – Função tecnológica de processos

Esse construto representa a capacidade que a empresa possui para organizar e gerenciar o seu processo de engenharia de *software*. As questões foram baseadas nas capacidades tecnológicas elaboradas por Miranda e Figueiredo (2010), com as assertivas do questionário dispostas da seguinte forma QUADRO 8.

## QUADRO 8 – Função tecnológica de processos

Código	Pergunta
PR_6_1	Aprimoramento contínuo dos processos, tanto a partir de avanços incrementais nos processos existentes quanto a partir de novos métodos e tecnologias
PR_5_1	Os processos controlados com métricas de qualidade
PR_5_2	A estrutura da empresa adaptada ao processo
PR_5_3	Automatização de etapas cruciais do processo, como testes unitários e controle de versão
PR_4_1	Gestão estratégica da qualidade
PR_4_2	Obtenção de certificações (CMM, MPSBr, ITIL e CobIT)
PR_4_3	Adaptação dos processos às práticas sugeridas nessas certificações (CMM, MPSBr, ITIL e CobIT)
PR_4_4	Processos apoiados e controlados por <i>software</i>
PR_3_1	Padronização do processo de engenharia de <i>software</i>
PR_3_2	Capacitação em metodologias de gestão de processos
PR_3_3	Técnicas de controle de qualidade incipientes
PR_2_1	Padronização básica dos processos, as grandes etapas do processo passam a ser executadas de forma semelhante, porém ainda sem formalização e documentação necessária
PR_1_1	Processos operacionais não formalizados
PR_1_2	Cada projeto segue um processo diferente

Fonte: Adaptado de MIRANDA ; FIGUEIREDO (2010).

### 4.3 Amostra

A pesquisa foi realizada com as indústrias de *software* localizadas no Nordeste brasileiro, especialmente as situadas na cidade de Fortaleza/CE, Recife/PE e Campina Grande/PB. Salienta-se que o estudo concentrou-se nas micro, pequenas e médias empresas, estabelecidas de acordo com a classificação do SEBRAE (2011) com base no número de pessoas ocupadas. O contato com essas empresas se deu através de grupos que elas participam, como o SOFTEX, a Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação (ASSESPRO), o Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação (ITIC), o Porto Digital e o Farol Digital, entre outros, além de contatos diretos.

Foi utilizada uma amostragem por conveniência de 330 casos, não probabilística, pois os elementos foram incluídos na amostra sem probabilidades previamente especificadas ou conhecidas deles serem selecionados. Esse tipo de amostra facilita a coleta de dados em uma população relativamente difícil de definir (ANDERSON; SWEENEY; WILLIAMS, 2007).

#### 4.4 Coleta de Dados

A coleta foi realizada por meio de formulário impresso e eletrônico com declaração das empresas em relação às capacidades tecnológicas e mecanismos de aprendizagem para uma maior abrangência de empresas, Isto objetivou uma maior credibilidade ao uso do *survey*, que sempre foram criticados para o uso na linha de pesquisa de acumulação de capacidades tecnológicas. O processo propriamente dito de coleta de dados se deu no período de janeiro a março de 2013, tendo sido realizado nas cidades de Fortaleza/CE, Campina Grande/PB e Recife/PE das seguintes formas:

**Fortaleza/CE:** Aplicação do questionário por pesquisador especialista por meio de visitas às empresas listadas na ASSESPRO/CE. A ASSESPRO, associação que representa, congrega e integra as empresa de tecnologia da informação tem como objetivo incentivar a competitividade do setor, contribuindo para o seu desenvolvimento. Além disso, foram realizadas buscas independentes de empresas locais que não são filiadas a nenhuma associação por meio de sites de buscas.

**Campina Grande/PB:** O formulário eletrônico foi enviado por e-mail para as empresas integradas e listadas no endereço eletrônico do Farol Digital e associadas a ASSESPRO. O projeto Faro Digital, desenvolvido pelo SEBRAE-PB, tem como objetivo promover a inovação e o fortalecimento do setor de Tecnologia da Informação e Comunicação nas cidades de João Pessoa, Campina Grande, Patos e Cajazeiras. O envio do formulário via e-mail foi precedido de contato telefônico.

**Recife/PE:** O formulário on-line foi enviado para as empresas que integram o projeto Porto Digital e outras associadas a ASSESPRO/PE. O Porto Digital é o arranjo produtivo de tecnologia da informação, comunicação e economia criativa, situado na capital pernambucana que tem como objetivo fomentar o desenvolvimento das empresas de *software* da região. O envio foi precedido de contato telefônico para confirmação do endereço de e-mail dos respondentes.

A aplicação dos questionários obteve resposta de 44 empresas de Fortaleza e 3 empresas de Recife. Não foi obtido nenhum dado das empresas de Campina Grande. Tal resultado provavelmente foi consequência da forma de aplicação dos questionários, que em Fortaleza foram presenciais, enquanto Recife e Campina Grande se limitaram a contato telefônico seguido do envio do formulário

eletrônico via e-mail. A extensão do questionário também foi um fator na baixa taxa de resposta, mas sem as informações necessárias a pesquisa perderia dados importantes para responder ao problema apresentado. Apesar dessas limitações e dificuldades, a amostra total obtida foi de 47 empresas.

#### **4.5 Análise dos dados**

O método utilizado para verificar a influência dos mecanismos de aprendizado nas capacidades tecnológicas foi a modelagem de equações estruturais (*Structural Equation Modeling* - SEM) com a estimação PLS, também chamado de *Partial Least Squares Path Modeling* (PLS-PM), para evitar confusão com o *Partial Least Squares Regression* (PLS-R) (BIDO et al., 2009). O uso de SEM é adequado para situações em que se quer analisar relações entre múltiplas variáveis (HAIR et al., 2009), que neste caso inclui o uso de variáveis latentes. Vale ressaltar a diferença entre a *Covariance Based Structural Equation Modeling* (CB-SEM) com o PLS-PM, principalmente que o primeiro foca na covariância para estimar a adequação do modelo e o segundo na variância. No entanto ambos não devem ser vistos como excludentes, mas complementares (HAIR et al., 2012).

A estimação pelo PLS-PM usada tanto para os parâmetros de mensuração (variáveis latentes), quanto os estruturais (relações entre as variáveis latentes) (CHIN, 1998). Esta abordagem possui maior robustez ao lidar com dados que não sejam normais, com uma amostra de menor tamanho e tem maior viabilidade para um enfoque mais exploratório, onde o modelo de mensuração não foi extensivamente testado (CHIN, 2010). Originalmente o PLS-PM foi criado pensando em um cenário de estimação de diferentes modelos para aprender com os dados e sobre o fenômeno subjacente sendo estudado (HAIR et al., 2012).

Uma das vantagens primárias do PLS-PM é que ele funciona particularmente bem com pequenas amostras, modelos mais complexos, prontamente pode utilizar construtos formativos e foca na previsibilidade (CHIN, 2010; HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011). Baseado nessas características, a técnica é adequada à problemática e à amostra da pesquisa.

#### 4.5.1 *Análise do modelo de mensuração*

Esta pesquisa utilizou construtos formativos para mensurar as dimensões dos mecanismos de aprendizagem, pois estas são formadas por diferentes facetas, nem sempre correlacionadas, que podem explicar a aquisição e conversão de conhecimento. Cada construto formativo é composto pelos seus indicadores de forma semelhante a uma regressão múltipla, onde a variável latente é a dependente e os indicadores são as variáveis explanatórias (DIAMANTOPOULOS; RIEFLER; ROTH, 2008).

Quanto à validação, há uma diferenciação no tratamento do modelo de mensuração formado por construtos formativos, pois os critérios utilizados tradicionalmente para os construtos reflexivos são inadequados (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011). Critérios como alfa de Cronbach e confiabilidade composta são inapropriados para construtos formativos (DIAMANTOPOULOS; WINKLHOFER, 2001), assim como a validade discriminante e a convergente também não são adequadas. São apropriados para avaliar um construto formativo os pesos de regressão, as cargas fatoriais, a multicolinearidade e as significâncias. Os pesos representam a importância relativa, as cargas fatoriais a importância absoluta e a multicolinearidade deve ser verificada para avaliar a possibilidade de distorções na análise dos valores estimados (CENFETELLI; BASSELLIER, 2009; HAIR et al., 2012).

Uma característica que é inerente ao algoritmo utilizado no WarpPLS é o isolamento do modelo de mensuração da influência das relações do modelo estrutural, assim o arranjo dos construtos não afeta os coeficientes dos indicadores para com as variáveis latentes. Desta forma, uma única tabela com os resultados do modelo de mensuração é necessária, mesmo após mudanças nas relações entre os construtos (KOCK, 2012).

#### 4.5.2 *Análise do modelo estrutural*

A verificação do ajuste do modelo pode ser realizada avaliando alguns indicadores como: *Average Path Coefficient* (APC), *Average R-Squared* (ARS) e *Average Variance Inflation Factor* (AVIF). Os coeficientes APC e ARS devem estar significantes a pelo menos  $p < 0,05$  e o AVIF, que representa a média da

multicolinearidade do modelo, deve estar abaixo de 5 (HAIR et al., 2009; KOCK, 2012). Cabe ressaltar que o APC mensura a média dos coeficientes de caminho do modelo estrutural, na intensidade que as variáveis latentes preditoras impactam nas dependentes, já o ARS mensura a média da variância explicada ( $R^2$ ) dos construtos endógenos, previstos por outras variáveis latentes.

A redução na quantidade de caminhos em um modelo tipicamente diminui a ARS, mesmo que esses caminhos sejam não significantes. Tendo em vista esta situação, o APC deve ser observado quando modelos são comparados, pois se alguma relação com um baixo coeficiente for acrescentada, o APC reduzirá o seu valor, mesmo que o ARS aumente, e vice-versa. O AVIF pode aumentar no caso de haver caminhos que estejam se sobrepondo, isto é, com colinearidade. Um alto AVIF indica a presença de variáveis latentes que poderiam ser agrupadas em uma única variável por serem redundantes ou apenas um caminho inadequado.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta as análises realizadas e a discussão dos resultados. Inicialmente trata-se o modelo de mensuração, que é correspondente aos construtos formados pelas variáveis observadas (indicadores). Em seguida apresentam-se os modelos estruturais que correspondem às relações que os construtos podem ter entre si, que é o principal objetivo deste trabalho.

Relembrando os passos da análise, primeiramente o modelo de mensuração estimado para que os construtos fiquem prontos para serem interligados. Depois da avaliação dos construtos formativos, foi feita a análise do modelo estrutural. No modelo estrutural, os construtos interagem com os vizinhos que estejam ligados com eles por meio do algoritmo iterativo Warp 3 PLS do *software* WarpPLS 3.0 (KOCK, 2012). Depois da avaliação do modelo inicial, foi feito um ajuste no modelo, que foi avaliado e depois utilizado para fazer o teste das hipóteses deste trabalho.

### 5.1 Análise descritiva

Este estudo obteve 47 questionários respondidos válidos, que foram posteriormente analisados. A análise descritiva dos dados dos respondentes (TAB. 1), mostrou uma predominância de empresas de micro e pequeno porte. A idade média das empresas apresentou valor de 12,87, com desvio-padrão de 7,67, que indicou uma alta variação da média. A experiência do fundador apresentou média de 13,15 anos e desvio-padrão de 7,75. Os altos desvios indicaram uma alta variabilidade em termos de idade e experiência do fundador.

TABELA 1– Descrição das características das empresas respondentes.

Porte	Frequência	Percentual		Média	Desvio-Padrão
Micro	19	40,4	Idade da empresa	12,8723	7,67440
Pequena	18	38,3			
Média	9	19,1			
Grande	1	2,1	Experiência do fundador em anos	13,1596	7,75586
Total	47	100			

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dados da pesquisa.

A TAB.2 apresenta a análise descritiva dos níveis de capacidade tecnológica para cada função tecnológica das empresas entrevistadas. A função Engenharia de *Software* apresentou uma média de 4,91 e desvio-padrão de 1,32, Produto e Serviço uma média de 4,96 e desvio-padrão de 1,04 e Processos uma média de 4,79 e desvio-padrão de 1,63. Isto sugere que empresas de maior capacidade tecnológica tenderam a responder ao questionário com maior facilidade, enquanto as empresas de menor nível, por terem menor capacidade, se evitaram respondê-lo.

TABELA 2 – Análise descritiva das variáveis de capacidades tecnológicas.

Variável	Média	Desvio Padrão
ES	4,91	1,32
PS	4,96	1,04
PR	4,79	1,63

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dados da pesquisa.

A análise descritiva das variáveis referentes aos mecanismos de aprendizado está exposta na TAB.3, com resultados das duas abordagens utilizadas para mensurar os mecanismos, efetividade e frequência. Ressalta-se que a efetividade pontua entre 0 e 10, enquanto a frequência segue uma escala de 1 a 4.

O mecanismo de aquisição do conhecimento com maiores médias tanto em efetividade quanto frequência foram, em ordem decrescente: “Pesquisa em fontes externas, como internet, livros, manuais, etc.”, “Resolução conjunta de problemas”, “Interação para o desenvolvimento de projetos com clientes”, “Aprendendo pelas rotinas”, “Solução compartilhada de problemas”, “Desenvolvimento conjunto com clientes e parceiros” e “Atividade de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa”. Os valores desses itens apontam a predominância no uso de mecanismos que não demanda muito investimento e que requerem um envolvimento da equipe internamente e com os clientes e parceiros.

Os itens com menores médias consistem em “Visitas no exterior”, “Contratação de consultores externos para certificações e melhorias na empresa” e “Certificações”, sugerindo que ações mais dispendiosas acabam por serem menos frequentes e ao mesmo tempo não muito efetivas. Neste ponto não há como identificar se os mecanismos foram menos efetivos por serem menos frequentes ou

vice-versa. O que se pode observar é que há uma relação entre o custo dos mecanismos e a sua utilização pelas empresas.

TABELA 3 – Análise descritiva das variáveis dos mecanismos de aprendizado.

Efetividade			Frequência		
Variável	Média	Desvio Padrão	Variável	Média	Desvio Padrão
AE_E_1	4,15	4,19	AE_F_1	2,15	1,18
AE_E_2	6,77	2,99	AE_F_2	2,85	0,91
AE_E_3	6,70	3,13	AE_F_3	2,91	0,88
AE_E_4	8,36	2,39	AE_F_4	3,64	0,71
AE_E_5	6,36	3,61	AE_F_5	2,96	1,06
AE_E_6	6,04	3,26	AE_F_6	2,77	0,89
AE_E_7	6,34	3,86	AE_F_7	2,94	1,15
AE_E_8	9,23	1,52	AE_F_8	3,85	0,36
AI_E_1	7,77	2,90	AI_F_1	3,47	0,88
AI_E_2	8,43	2,70	AI_F_2	3,23	0,76
AI_E_3	8,06	2,62	AI_F_3	3,64	0,82
AI_E_4	8,79	2,00	AI_F_4	3,74	0,57
SO_E_1	7,94	2,57	SO_F_1	3,60	0,68
SO_E_2	5,60	3,68	SO_F_2	2,72	1,10
SO_E_3	6,28	3,71	SO_F_3	2,96	1,18
SO_E_4	8,00	2,61	SO_F_4	3,62	0,80
SO_E_5	1,96	3,41	SO_F_5	1,55	0,93
SO_E_6	5,83	4,06	SO_F_6	2,83	1,24
SO_E_7	7,62	2,86	SO_F_7	3,30	0,81
CO_E_1	4,47	4,17	CO_F_1	2,30	1,25
CO_E_2	6,00	3,92	CO_F_2	2,89	1,22
CO_E_3	7,53	2,87	CO_F_3	3,47	0,93
CO_E_4	7,04	3,45	CO_F_4	3,34	1,09

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dados da pesquisa.

Os dados utilizados para a estimação do modelo em estudo se consistem nos níveis de capacidade tecnológica e no uso dos mecanismos de aprendizagem. Esses dados compuseram os indicadores para a estimação das variáveis latentes exógenas do modelo.

## 5.2 Modelo de mensuração

Neste trabalho foram utilizadas duas formas de análise em relação aos construtos dos mecanismos de aprendizagem. Ambas constam das mesmas questões, mas avaliam as características de efetividade e frequência separadamente. Há, portanto, dois modelos de mensuração paralelos com os resultados apresentados na TAB. 4 e TAB. 5.

Os modelos de mensuração baseados na efetividade (TAB. 4) tiveram apenas os indicadores AE\_E\_6 e AE\_E\_8 não significantes no critério de  $p < 0,05$ . O primeiro, no entanto, é significativo à  $p < 0,1$ . Ao se examinar os coeficientes de carga dos mesmos, foi verificado que eles não se encaixam no critério de importância absoluta (coeficiente acima de 0,6). Por outro lado, esses indicadores possuem importância teórica relevante ao construto AE\_E e não podem ser descartados sem prejuízo. Decidiu-se então manter todos os indicadores no construto (CENFETELLI; BASSELLIER, 2009). O restante dos indicadores apresentou um bom nível de significância ( $p < 0,01$ ). A multicolinearidade de todos os indicadores se mostrou dentro do critério de  $VIF < 5$ , sendo aceitos níveis até  $VIF = 10$  (HAIR et al., 2009; HAIR et al., 2012). A decisão de manter todos os indicadores foi motivada pela discussão do valor teórico de cada indicador para um construto formativo e os riscos de se excluir variáveis apenas por critérios estatísticos (DIAMANTOPOULOS; RIEFLER; ROTH, 2008; DIAMANTOPOULOS; WINKLHOFER, 2001).

Observou-se no modelo baseado na frequência (TAB. 5) resultado semelhante ao obtido no modelo baseado em efetividade (TAB. 4). Os indicadores AE\_F\_6 e AE\_F\_8 apresentaram-se como não significantes à  $p < 0,05$ , mas com AE\_F\_6 significativo à  $p < 0,1$ . As suas cargas também não observam o critérios de importância absoluta (coeficiente de 0,6), mas optou-se pela mesma decisão relativa ao modelo baseado em efetividade de manter os indicadores no construto. Os indicadores AI\_F\_2 e AI\_F\_4 apresentaram significância apenas à  $p < 0,1$ , mas possuem coeficiente carga acima ou próxima de 0,6, revelando a sua importância absoluta ao construto. A multicolinearidade mostrou-se dentro dos critérios aceitáveis (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011).

TABELA 4 – Modelo de mensuração baseado na efetividade.

Construto	Indicador	Pesos		Cargas		VIF
		Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p	
AE_E	AE_E_1	0,258	<0,001	0,757	<0,001	1,760
	AE_E_2	0,230	0,002	0,676	0,002	2,014
	AE_E_3	0,206	<0,001	0,606	0,002	1,465
	AE_E_4	0,230	0,002	0,676	<0,001	2,325
	AE_E_5	0,192	0,004	0,564	0,003	1,710
	AE_E_6	0,108	0,081	0,318	0,085	1,273
	AE_E_7	0,262	<0,001	0,769	<0,001	2,307
	AE_E_8	0,091	0,160	0,269	0,129	1,706
AI_E	AI_E_1	0,281	0,002	0,769	<0,001	1,632
	AI_E_2	0,280	0,002	0,765	<0,001	1,659
	AI_E_3	0,325	<0,001	0,889	<0,001	3,124
	AI_E_4	0,320	<0,001	0,876	<0,001	2,971
SO_E	SO_E_1	0,237	<0,001	0,836	<0,001	2,724
	SO_E_2	0,197	<0,001	0,695	<0,001	1,723
	SO_E_3	0,221	<0,001	0,780	<0,001	2,064
	SO_E_4	0,222	<0,001	0,782	<0,001	2,057
	SO_E_5	0,137	0,011	0,484	0,003	1,284
	SO_E_6	0,197	<0,001	0,694	<0,001	1,571
	SO_E_7	0,182	0,001	0,641	<0,001	1,531
CO_E	CO_E_1	0,294	<0,001	0,731	<0,001	1,509
	CO_E_2	0,347	<0,001	0,862	<0,001	2,118
	CO_E_3	0,329	<0,001	0,818	<0,001	1,838
	CO_E_4	0,295	<0,001	0,734	<0,001	1,448
ES	ES	1,000	<0,001	1,000	<0,001	0,000
OS	PS	1,000	<0,001	1,000	<0,001	0,000
PR	PR	1,000	<0,001	1,000	<0,001	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dados da pesquisa.

Em ambos os modelos de mensuração foram mantidos todos os indicadores para não haver prejuízo do seu significado, especialmente por se tratar de construtos formativos (DIAMANTOPOULOS; WINKLHOFER, 2001). Salienta-se que os valores apresentados para o modelo de mensuração não se alteram por conta das mudanças no modelo estrutural (KOCK, 2012), logo todos esses valores são definitivos para o restante das análises deste trabalho.

TABELA 5 – Modelo de mensuração baseado na frequência

Construto	Indicador	Pesos		Cargas		VIF
		Coefficiente	Valor-p	Coefficiente	Valor-p	
AE_F	AE_F_1	0,249	<0,001	0,671	<0,001	1,549
	AE_F_2	0,220	0,005	0,592	0,003	1,475
	AE_F_3	0,191	0,019	0,513	0,013	1,240
	AE_F_4	0,253	0,010	0,682	0,009	1,744
	AE_F_5	0,216	<0,001	0,581	<0,001	1,543
	AE_F_6	0,116	0,094	0,312	0,077	1,283
	AE_F_7	0,289	<0,001	0,780	<0,001	1,801
	AE_F_8	0,130	0,126	0,350	0,112	1,379
AI_F	AI_F_1	0,314	0,031	0,645	0,017	1,226
	AI_F_2	0,290	0,075	0,596	0,049	1,265
	AI_F_3	0,408	<0,001	0,840	0,001	1,905
	AI_F_4	0,370	0,075	0,761	0,036	1,752
SO_F	SO_F_1	0,267	<0,001	0,742	<0,001	1,680
	SO_F_2	0,178	0,005	0,494	0,003	1,197
	SO_F_3	0,273	0,001	0,759	<0,001	1,750
	SO_F_4	0,273	<0,001	0,760	0,004	1,829
	SO_F_5	0,172	0,021	0,478	0,002	1,236
	SO_F_6	0,223	<0,001	0,621	<0,001	1,334
	SO_F_7	0,168	0,048	0,466	0,041	1,221
CO_F	CO_F_1	0,362	0,001	0,755	<0,001	1,486
	CO_F_2	0,394	<0,001	0,821	<0,001	1,679
	CO_F_3	0,327	0,001	0,681	0,008	1,317
	CO_F_4	0,294	0,001	0,613	0,003	1,180
ES	ES	1,000	<0,001	1,000	<0,001	0,000
OS	PS	1,000	<0,001	1,000	<0,001	0,000
PR	PR	1,000	<0,001	1,000	<0,001	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

A eliminação de um indicador formativo é indicada somente quando um alto grau de multicolinearidade ocorre. Foi utilizado o índice de inflação de variância como parâmetro e com o corte de 5, abaixo do recomendado pela literatura devido ao tamanho da amostra, já que indicadores formativos não necessariamente implicam em um padrão específico de correlações entre eles (HAIR et al., 2012).

### 5.3 Modelo estrutural

Uma visão geral dos índices de ajuste dos modelos é encontrada na TAB. 6. Os modelos denominados iniciais são os que possuem a maior quantidade de relações entre os construtos, dando um sentido exploratório entre as relações. Muitos caminhos apresentaram-se não significantes e com um baixo coeficiente, já nos modelos ajustados, alguns caminhos foram removidos, modificando a relações entre os construtos sem afetar o modelo de mensuração.

O ajuste do modelo levou em consideração os coeficientes de caminho e suas significâncias, além da base teórica, em especial no bloco de construtos de mecanismos de aprendizagem. De acordo com a literatura, os mecanismos de aquisição influenciam os de conversão e os de conversão influenciam as capacidades tecnológicas (FIGUEIREDO, 2003, 2009; NONAKA; VON KROGH, 2009).

As diferenças dessa modificação podem ser percebidas pela variação nos índices de ajuste. O APC aumentou consideravelmente nos dois modelos (0,163 para efetividade e 0,162 para frequência), pois foram removidas as relações não significantes e os caminhos concorrentes que competiam pela explicação de um construto, o que tornava uma relação que deveria ser significativa em não significativa.

O ARS aumentou em 0,005 no modelo de frequência e diminuiu em 0,021, apresentando uma alteração pequena em relação à quantidade de caminhos que foram removidos (8 de 18), mostrando que as alterações não reduziram expressivamente o poder explicativo do modelo.

TABELA 6 – Índices de Ajuste Geral dos Modelos

Índice	Efetividade inicial		Efetividade ajustado		Frequência Inicial		Frequência ajustado	
	Resultado	p	Resultado	p	Resultado	p	Resultado	p
APC	0,277	<0,001	0,440	<0,001	0,263	<0,001	0,425	<0,001
ARS	0,470	0,002	0,475	<0,001	0,445	<0,001	0,424	0,001
AVIF	2.497		1,596		1,939		1,406	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

O AVIF em todos os modelos já apresentava valores aceitáveis, indicando a ausência de construtos redundantes que poderiam afetar a estimação dos

coeficientes dos caminhos, portanto a multicolinearidade não se mostrou como um problema. O ajuste reduziu ainda mais o AVIF dos modelos, indicando uma melhora neste quesito.

Os índices apresentaram melhoras após o ajuste no modelo de uma forma geral, especialmente em relação aos coeficientes de caminho. Como na modelagem de equação estrutural por PLS o maior foco é na previsibilidade, um dos mais importantes indicadores é a variância explicada ( $R^2$ ) que está apresentada na TAB. 7, juntamente com o resultado do teste Stone-Geisser ( $Q^2$ ), que é uma forma de avaliar a capacidade do modelo de prever. Um valor maior do que zero revela relevância preditiva (HAIR; RINGLE; SARSTEDT, 2011). Nos modelos apresentados todos os indicadores de previsibilidade do modelo estão adequados ( $Q^2$ ).

O construto que apresenta o maior valor de  $R^2$  é o da Socialização, que no modelo ajustado tem como preditores os construtos de aquisição de conhecimento externo e interno, de acordo com a literatura que sugere a influência das fontes de conhecimento e a socialização deste dentro da organização (FIGUEIREDO, 2003; LEONARD-BARTON, 1995; NONAKA; VON KROGH, 2009). A explicação dos construtos de capacidades tecnológicas é dada pelos construtos de Socialização e Codificação, que de acordo com a TAB. 8 é em maior parte por conta da Socialização. Provavelmente isto se deve pela incorporação do conhecimento tácito na empresa por meio da interação dos membros, que em um cenário de mudança constante é mais fácil de ser transmitido por meio das práticas sociais (DOSI, 1988a; GHERARDI, 2001; NONAKA; VON KROGH, 2009).

TABELA 7 – Variância explicada dos construtos endógenos e teste Stone-Geisser

Variáveis latentes	Modelos							
	Efetividade inicial		Efetividade ajustado		Frequência inicial		Frequência ajustado	
Critério	$R^2$	$Q^2$	$R^2$	$Q^2$	$R^2$	$Q^2$	$R^2$	$Q^2$
AI	0,397	0,400	0,397	0,400	0,248	0,255	0,393	0,378
SO	0,716	0,722	0,716	0,722	0,638	0,635	0,636	0,643
CO	0,541	0,531	0,541	0,540	0,417	0,408	0,454	0,444
ES	0,266	0,249	0,285	0,298	0,320	0,308	0,241	0,248
OS	0,431	0,448	0,437	0,446	0,514	0,525	0,433	0,444
PR	0,469	0,489	0,474	0,475	0,535	0,516	0,387	0,388

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

As relações estruturais entre os construtos são apresentadas na TAB. 8 na forma de coeficientes, com sua significância e o VIF para cada bloco (regressão múltipla). Conforme já apresentado nos índices de ajuste do modelo, a maioria dos coeficientes melhoraram seus valores, e todos os relacionados diretamente com os construtos das capacidades tecnológicas aumentaram após o ajuste, além de melhora nos VIF.

Em relação ao modelo ajustado, os coeficientes mostram valores significantes, e com um peso mediano e positivo. Isso mostra que as ligações entre os construtos que foram mantidas estão adequadas, além de estarem de acordo com a ideia de interação entre os mecanismos de aprendizagem que posteriormente impactam no desenvolvimento das capacidades tecnológicas (BELL; PAVITT, 1995).

TABELA 8 – Coeficientes estruturais dos modelos estruturais

Variáveis latentes		Modelos							
		Efetividade inicial		Efetividade ajustado		Frequência Inicial		Frequência ajustado	
Critério	Preditora	$\beta$	VIF	$\beta$	VIF	$\beta$	VIF	$\beta$	VIF
AI	AE	0,630***		0,630***		0,498***		0,627***	
SO	AE	0,478***	1,65	0,478***	1,65	0,477***	1,29	0,532***	1,62
	AI	0,461***	1,65	0,461***	1,65	0,454***	1,29	0,351**	1,62
CO	AE	0,450***	2,25	0,435***	1,63	0,332***	1,84	0,418***	1,38
	AI	0,400***	2,57	0,381***	1,63	0,467**	2,01	0,352**	1,38
	SO	-0,036	3,51			-0,023	3,11		
ES	AE	0,048	2,44			0,285	1,64		
	AI	-0,105	2,32			-0,018	1,69		
	SO	0,348**	2,91	0,534***		0,255	1,96	0,491***	
	CO	0,127	2,04			0,125	1,61		
PS	AE	0,233	2,56			0,411**	2,01		
	AI	0,087	2,08			0,031	1,81		
	SO	0,467**	2,64	0,562***	1,48	0,238	2,55	0,450***	1,28
	CO	0,115	2,04	0,153*	1,48	0,219**	1,43	0,315***	1,28
PR	AE	0,287**	2,52			0,491***	1,63		
	AI	0,102	3,26			0,112	2,56		
	SO	0,337*	3,99	0,451***	1,62	0,041	2,93	0,377***	1,35
	CO	0,276**	2,03	0,311***	1,62	0,259***	1,61	0,339***	1,35

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Nota: \*\*\* p<0,01; \*\* p<0,05; e \* p<0,1.

Em resumo, os modelos estruturais passaram nos testes que indicam a sua adequação e que apresentaram melhoras nos resultados após o ajuste. Tanto o modelo inicial quanto o ajustado estão dentro dos parâmetros aceitáveis de ajuste. Considerando que os mais importantes indicadores para o modelo estrutural são a variância explicada, a significância dos caminhos e os seus coeficientes, os resultados para cada modelo estrutural são apresentados nas FIG. 4, FIG. 5, FIG. 6 e FIG. 7.

#### 5.4 Resultados da Estimação

Os resultados da estimação dos modelos iniciais são apresentados nas FIG. 4 e FIG. 5, enquanto os modelos ajustados estão nas FIG. 6 e FIG. 7. A representação gráfica das relações entre os construtos são apresentados por meio de setas. Cada variável latente é representada por um formato oval com o nome do construto, e o seu código, e, caso seja endógena, a sua variância explicada ( $R^2$ ) por outras variáveis latentes preditoras.

Cada caminho apresenta um coeficiente beta ( $\beta$ ), padronizado, que denota a força da associação multivariada entre as variáveis do modelo. O símbolo “NS” refere-se a caminhos estatisticamente não significantes, “\*” indica nível de significância de  $p < 0,1$ , “\*\*\*” indica  $p < 0,05$  e “\*\*\*\*”  $p < 0,01$ .

Os resultados do modelo de efetividade inicial (FIG. 4) demonstram que as relações dos mecanismos e processos de aprendizagem são significantes com exceção da relação entre socialização e codificação. Isto pode se dar pela característica de codificação já incorporados dentro das rotinas das empresas de *software* de uma forma institucionalizada, o que faz com que a codificação não seja afetada pela socialização. Os mecanismos de aquisição conseguem explicar bem os mecanismos de socialização e codificação, com níveis de  $R^2$  moderados para substanciais, 0,716 e 0,541, respectivamente.

A relação entre os construtos de aprendizagem e as capacidades tecnológicas apresentou níveis de significância aceitáveis entre AE e PR, SO com ES, OS e PR, assim como CO com PR. Cabe ressaltar que os coeficientes de Socialização são os mais elevados para os construtos de capacidade tecnológica que os outros caminhos, que pode ser explicado pela interação entre os membros, e pela natureza tácita de muitas atividades que influem nas capacidades tecnológicas.

Lembrando que devido ao fato dos caminhos concorrerem com o poder de explicação da variável critério, foram feitos ajustes no modelo no sentido de melhorar a explicação.

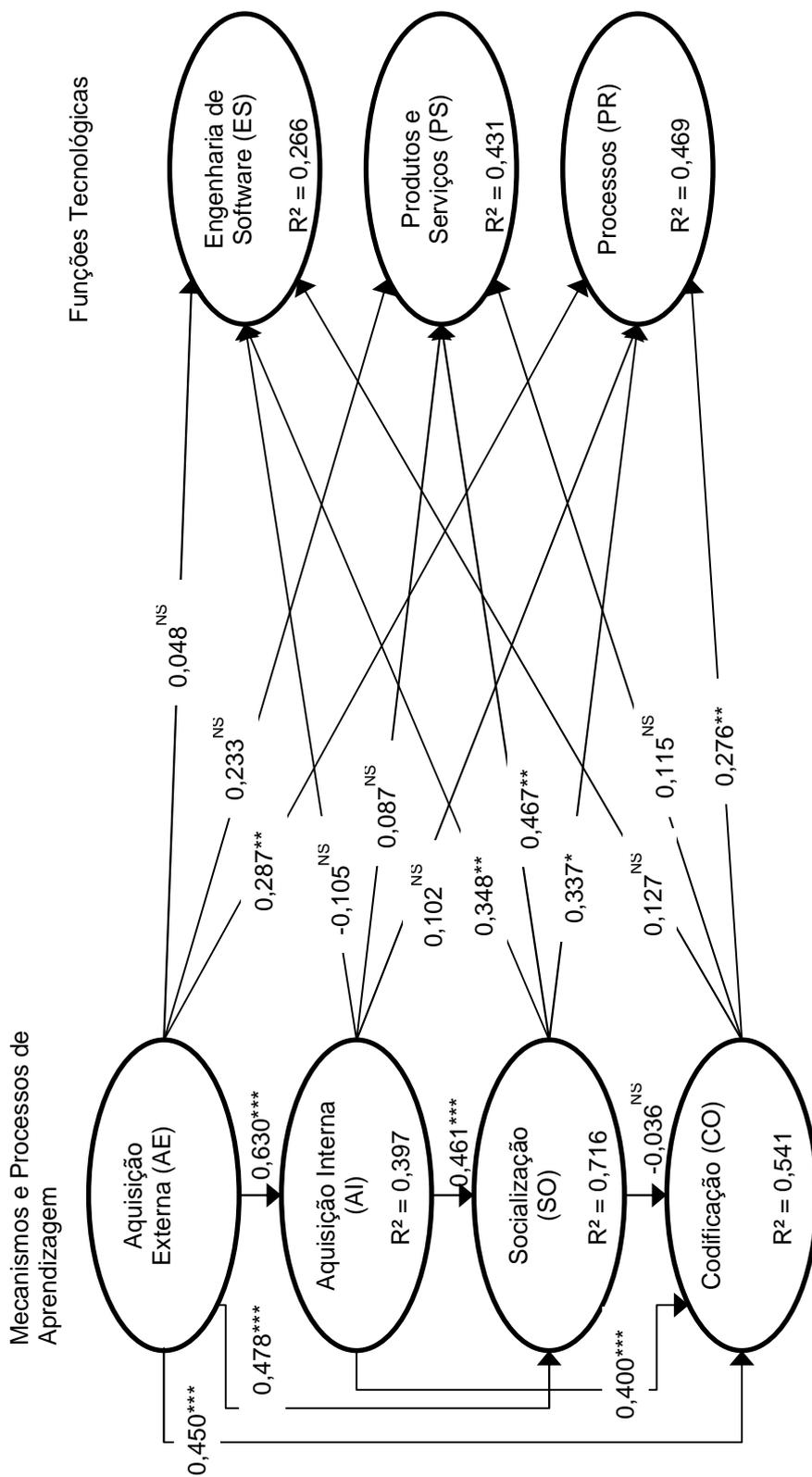
O modelo de frequência inicial (FIG. 5) evidenciou relações semelhantes entre os construtos de aprendizagem. Já a sua relação com as capacidades tecnológicas demonstrou um comportamento mais irregular. A Aquisição Externa (AE) teve uma relação significativa com Produtos e Serviços (PS) e Processos (PR), a Codificação (CO) teve relações significativas com PS e PR. Neste modelo não houve nenhum caminho significativo para a Engenharia de *software* (ES). Como há a possibilidade de concorrência de caminhos e para haver coerência na mudança dos modelos, as modificações foram semelhantes para ambos.

Essas alterações estão de acordo com Figueiredo (2003), que aponta que as empresas devem utilizar seus mecanismos de conversão do conhecimento para que o conhecimento adquirido por indivíduos por meio dos mecanismos de aquisição sejam incorporados à empresa, especialmente a socialização, pois esta é a maior responsável pela transmissão de conhecimento tácito (NONAKA, 1994). É interessante verificar se a mesma relação baseando-se na efetividade terá aceitação no modelo baseado em frequência, pois representa duas características dos mecanismos e processos de aprendizagem adotados neste estudo. Optou-se por fazer as alterações apresentadas na FIG. 6 e FIG. 7.

Conforme já discutido, os modelos ajustados apresentaram melhores indicadores de ajuste de modelo, especialmente no coeficiente de caminho médio (APC) e na redução da multicolinearidade média (AVIF) (TAB. 6). Além disso, com a exceção de CO para PS ( $p < 0,1$ ), todos os outros caminhos foram significantes em pelo menos  $p < 0,05$ .

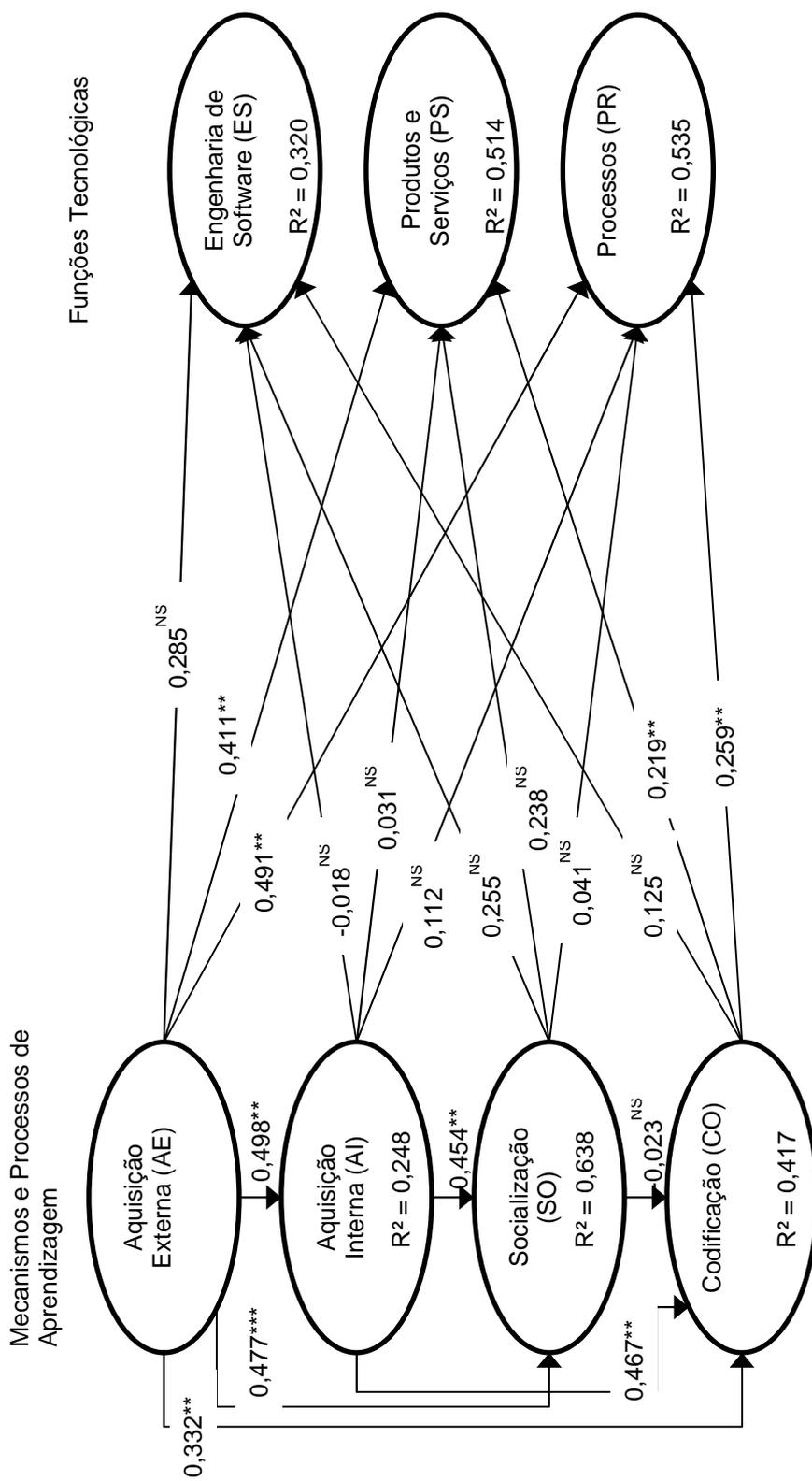
Essas alterações estão de acordo com Figueiredo (2003), que aponta que as empresas devem utilizar seus mecanismos de conversão do conhecimento para que o conhecimento adquirido por indivíduos por meio dos mecanismos de aquisição sejam incorporados à empresa, especialmente a socialização, pois esta é a maior responsável pela transmissão de conhecimento tácito (NONAKA, 1994). É interessante verificar se a mesma relação baseando-se na efetividade terá aceitação no modelo baseado em frequência, pois representa duas características dos mecanismos e processos de aprendizagem adotados neste estudo. Optou-se por fazer as alterações apresentadas na FIG. 6 e FIG. 7.

FIGURA 4 – Estimação do modelo estrutural de efetividade inicial



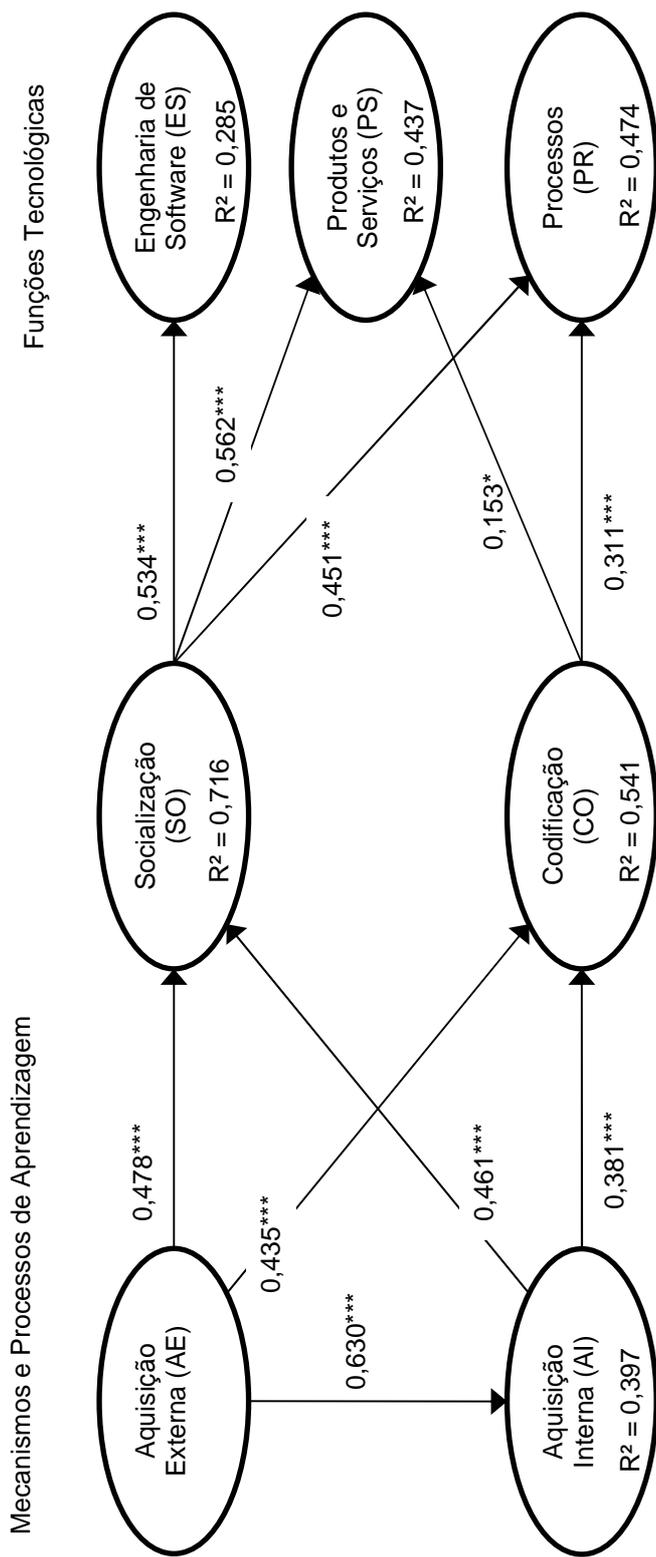
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa  
 Notas: NS= não significativo; \* =  $p < 0,1$ ; \*\* =  $p < 0,05$ ; \*\*\* =  $p < 0,01$

FIGURA 5 – Estimação do modelo estrutural de frequência inicial



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa  
 Notas: NS= não significativo; \* =  $p < 0,1$ ; \*\* =  $p < 0,05$ ; \*\*\* =  $p < 0,01$

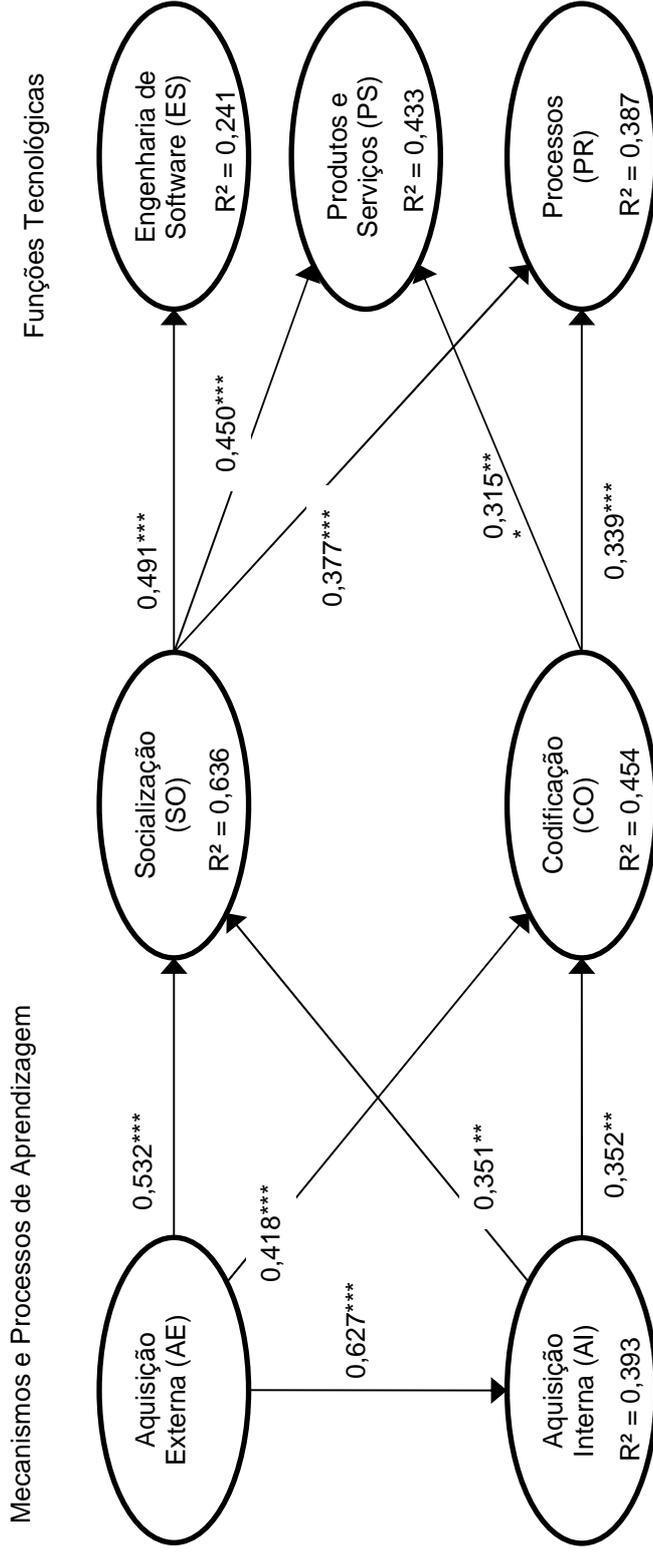
FIGURA 6 – Estimação do modelo estrutural de efetividade ajustado



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

Notas: NS= não significante; \* =  $p < 0,1$ ; \*\* =  $p < 0,05$ ; \*\*\* =  $p < 0,01$

FIGURA 7 – Estimação do modelo estrutural de frequência ajustado



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa  
 Notas: NS= não significante; \* =  $p < 0,1$ ; \*\* =  $p < 0,05$ ; \*\*\* =  $p < 0,01$

Conforme já discutido, os modelos ajustados apresentaram melhores indicadores de ajuste de modelo, especialmente no coeficiente de caminho médio (APC) e na redução da multicolinearidade média (AVIF) (TAB. 6). Além disso, com a exceção de CO para PS ( $p < 0,1$ ), todos os outros caminhos foram significantes em pelo menos  $p < 0,05$ .

Os resultados das FIG. 6 e FIG. 7 apontam a Socialização (SO) com coeficientes moderados e significantes em relação às capacidades tecnológicas em ambos os modelos. Já a codificação apenas teve resultados satisfatórios no ajuste do modelo com caminhos para a PS e PR, com a ressalva de um nível de significância próximo ao limite aceitável ( $p < 0,1$ ) no modelo de efetividade ajustado. Esse desempenho da Codificação pode se dar pela Codificação estar mais ligada aos processos e formalizações de procedimentos, que acaba não variando tanto nas empresas que possuem um mínimo nível de formalização de processos. Além disso, a Engenharia de *Software* fica mais ligada com técnicas dadas pelo mercado, o que pode ser mais explicado pela escolha dos membros no uso de determinada técnica e não na codificação do que foi criado pela empresa. Isso poderia ser diferente caso a empresa criasse todas as suas técnicas de engenharia de *software*, o que não é a regra no setor. O caminho para ES criava uma concorrência de caminhos que não eram significantes e reduziam os índices de ajuste do modelo.

Mesmo com os caminhos sendo significantes e adequados ao estudo, é possível verificar a variância explicada e a sua interpretação. O construto Engenharia de *Software* apresentou o menor  $R^2$  dos modelos, podendo sinalizar a influência de fatores não identificados na pesquisa que representem a acumulação de capacidades tecnológicas em relação a esta função tecnológica, podendo ser afetada por padrões e normas externas à empresa, ou mesmo uso de tecnologias que não são desenvolvidas internamente. No entanto, a explicação, mesmo em um nível fraco, aponta a importância dos mecanismos de aprendizagem para o construto ES. Já os construtos Produtos e Serviços (PS) e Processos (PR) apresentaram  $R^2$  moderados, próximos a 50%, o que mostra que eles são mais dependentes dos esforços ativos da empresa para que essas capacidades se desenvolvam.

Observando apenas as relações significantes e seus sinais, é possível fazer a listagem da não rejeição das seguintes hipóteses: H3a, H3b, H3c, H4b e H4c, caso seja considerado apenas os efeitos diretos. Os efeitos entre os construtos

nem sempre são apenas diretos, é importante que os efeitos indiretos sejam levados em consideração para a avaliação da influência dos mecanismos de aprendizagem nas capacidades tecnológicas.

Os efeitos totais, que indicam os efeitos diretos somados aos indiretos, são apresentados na TAB. 9 para cada modelo utilizado. Dadas as diversas relações entre os construtos no modelo, alguns efeitos indiretos podem ocorrer. De forma direta um construto pode não influenciar outro ( $a \rightarrow b$ ), mas pode influenciar por meio de um construto que faça uma mediação entre eles ( $a \rightarrow c \rightarrow b$ ), tendo a possibilidade que esta variável influa significativamente. O efeito total de um construto sobre outro é a soma dos efeitos diretos e indiretos (HAIR et al., 2009). Os efeitos totais foram calculados pelo WarpPLS (KOCK, 2012) e estão representados na para todos os modelos.

TABELA 9 – Efeitos totais dos modelos estruturais

Variáveis latentes		Modelos			
		Efetividade inicial	Efetividade ajustado	Frequência Inicial	Frequência ajustado
Critério	Preditora	Efeito total	Efeito total	Efeito total	Efeito total
AI	AE	0,630***	0,630***	0,498***	0,627***
SO	AE	0,768***	0,768***	0,703***	0,751***
	AI	0,461***	0,461***	0,454***	0,351**
CO	AE	0,674**	0,675***	0,548***	0,639***
	AI	0,383*	0,381***	0,456***	0,352**
	SO	-0,036		-0,023	
ES	AE	0,335	0,410***	0,524**	0,369***
	AI	0,104	0,246***	0,155	0,172*
	SO	0,344*	0,534***	0,252	0,491***
	CO	0,127		0,125	
PS	AE	0,724***	0,535***	0,713***	0,539***
	AI	0,347	0,317***	0,239	0,269***
	SO	0,463**	0,562***	0,233	0,450***
	CO	0,115	0,153*	0,219**	0,315***
PR	AE	0,797**	0,556***	0,718**	0,500***
	AI	0,364	0,326***	0,249	0,252**
	SO	0,328*	0,451***	0,035	0,377***
	CO	0,276**	0,311***	0,259***	0,339***

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Nota: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; e \*  $p < 0,1$ .

Os caminhos dos mecanismos de aquisição de conhecimento para as capacidades tecnológicas foram removidos, tendo os mecanismos de conversão (SO e CO) como mediadores dessa relação conforme mostra a TAB. 9 por meio dos efeitos totais, que somam os efeitos diretos e indiretos dos construtos. O caminho entre Socialização e Codificação não foi significativo e foi removido, o restante das relações entre os mecanismos de aprendizagem foi mantido.

Estes valores são importantes para entender os efeitos dos mecanismos mesmo quando não há uma ligação direta entre os construtos, pois nem sempre as relações entre os mecanismos de aprendizagem são tão diretos nas capacidades. Isto está de acordo com outros trabalhos de abordagem qualitativa que apresentam a importância do uso de vários mecanismos de aprendizagem para que o conjunto funcione adequadamente (ARIFFIN, 2000; BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2003, 2009; KIM, 2005; TACLA; FIGUEIREDO, 2006).

Considerando os efeitos totais, todas as hipóteses não são rejeitadas (TAB. 10), com exceção da H4a (Os mecanismos de codificação do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas), pois este caminho foi removido e não havia nenhuma variável latente para atuar como mediadora. A hipótese H4a foi rejeitada mesmo considerando os efeitos totais.

TABELA 10 – Resultado das hipóteses

(Continua)

Hipóteses	Efeitos Totais		Situação
	Efetividade	Frequência	
H1a - Os mecanismos de aquisição externa de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de engenharia de <i>software</i>	0,410**	0,369***	Não rejeitada
H1b - Os mecanismos de aquisição externa de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de produtos e serviços	0,535***	0,539***	Não rejeitada
H1c - Os mecanismos de aquisição externa de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de processos	0,556***	0,500***	Não rejeitada
H2a - Os mecanismos de aquisição interna de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de engenharia de <i>software</i>	0,246***	0,172*	Não rejeitada
H2b - Os mecanismos de aquisição interna de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de produtos e serviços	0,317***	0,269***	Não rejeitada

TABELA 10 – Resultado das hipóteses

Hipóteses	Efeitos Totais		Situação
	Efetividade	Frequência	
H2c - Os mecanismos de aquisição interna de conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de processos	0,326***	0,252**	Não rejeitada
H3a - Os mecanismos de socialização do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de engenharia de <i>software</i>	0,534***	0,491***	Não rejeitada
H3b - Os mecanismos de socialização do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de produtos e serviços	0,562***	0,450***	Não rejeitada
H3c - Os mecanismos de socialização do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de processos	0,451***	0,377***	Não rejeitada
H4a - Os mecanismos de codificação do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de engenharia de <i>software</i>	..	..	Removido do modelo
H4b - Os mecanismos de codificação do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de produtos e serviços	0,153*	0,315***	Não rejeitada
H4c - Os mecanismos de codificação do conhecimento influem positivamente as capacidades tecnológicas de processos	0,311***	0,339***	Não rejeitada

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Nota: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; e \*  $p < 0,1$ .

Este resultado também está de acordo com a literatura que remete a uma atuação conjunta dos mecanismos de aprendizagem (BELL; FIGUEIREDO, 2012; FIGUEIREDO, 2003; KIM, 2005; KOGUT; ZANDER, 1992, 1996; LEONARD-BARTON, 1995; NONAKA; VON KROGH, 2009). Uma importante contribuição é observar empiricamente a relação dos mecanismos de aprendizagem diretamente nas capacidades tecnológicas e as influências indiretas. O uso de múltiplos modelos com resultados convergindo para um mesmo modelo pode apontar para uma relação entre a efetividade do uso de mecanismos com a sua frequência.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo determinar qual a influência que os mecanismos de aprendizado exercem sobre as capacidades tecnológicas das empresas de *software* nordestinas buscando responder à seguinte problemática: Qual a influência dos mecanismos de aprendizado na formação das capacidades tecnológicas das pequenas e médias empresas de *software* nordestinas?

Para tanto foi realizada uma pesquisa empírica que utilizou, para a análise dessas influências, a modelagem de equações estruturais, especificamente com a estimação utilizando os mínimos quadrados parciais e com o uso de algoritmos que comportam relações não lineares, adequados para o uso em estudos com certo teor exploratório.

A partir da análise dos dados foi identificado que os mecanismos de aprendizado possuem uma relação entre si antes de influir diretamente no desenvolvimento das capacidades tecnológicas. Inicialmente foi utilizado um modelo que comportava todas as relações possíveis entre os mecanismos de aprendizado, mas, visando um modelo mais estável, alterações foram feitas de acordo com a teoria subjacente. O modelo final apresentou a relação positiva dos mecanismos de aquisição de conhecimento sobre os mecanismos de conversão do conhecimento. Após esse processo é que ocorre a influência dos mecanismos de conversão do conhecimento sobre as capacidades tecnológicas, destacadas dentro de suas funções tecnológicas.

A partir desse modelo, também foi avaliada a influência indireta dos construtos de aprendizado com base nos seus efeitos totais, para não se limitar apenas às relações diretas. Esta avaliação resultou na não rejeição das hipóteses levantadas neste estudo que foram passíveis de serem testadas.

Cabe ressaltar que os mecanismos de aprendizagem foram avaliados de acordo com a sua efetividade e frequência. Ambos os modelos mantiveram consistência na forma como influem as capacidades tecnológicas.

Os achados desse estudo revelam a importância da gestão dos mecanismos de aprendizagem para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas, destacando que a utilização de mecanismos de aquisição do conhecimento deve ser acompanhada de mecanismos para a conversão desse

conhecimento, pois apenas após essa etapa que o conhecimento passa a compor a capacidade tecnológica da organização.

Assim, diante destes resultados, sugere-se que o investimento em conversão do conhecimento, especialmente a socialização, deve ser prioritário nas empresas de software, pois os mecanismos de conversão assumem o papel de mediação entre a aquisição de conhecimento, externo e interno, e sua efetiva conversão em capacidades tecnológicas. Isso pode ser executado na forma de uso de ferramentas de disseminação de conhecimento, rotação de funções, trabalho em equipes multidisciplinares e soluções compartilhadas de problemas.

Do ponto de vista científico, este estudo traz a aplicação de uma metodologia quantitativa para uma área onde já havia diversos estudos de natureza qualitativa que versavam sobre a relação entre os mecanismos de aprendizagem e as capacidades tecnológicas. Essas investigações anteriores já apontavam para a importância dos mecanismos de conversão do conhecimento para que a aquisição deste desenvolvessem as capacidades tecnológicas.

A principal contribuição foi dada na aplicação de uma pesquisa quantitativa transversal utilizando modelagem de equações estruturais para analisar essas relações entre os mecanismos de aprendizagem e as capacidades tecnológicas. Os resultados indicam que as hipóteses levantadas neste estudo a partir da literatura consultada, considerando as influências diretas e indiretas dos mecanismos de aprendizagem nas capacidades tecnológicas, não podem ser rejeitadas.

No contexto empírico estudado, a codificação apresentou um papel mais voltado para capacidades tecnológicas de processos e produtos e serviços, mas sem o mesmo peso que os mecanismos de socialização. Isso pode acontecer pela característica do conhecimento tácito para o desenvolvimento das capacidades tecnológicas, sendo a socialização uma das principais ferramentas para transmiti-lo na empresa.

Em suma, os mecanismos de aprendizagem influenciam como um todo nas capacidades tecnológicas, especialmente indiretamente, pois há uma distinção entre o adquirir conhecimentos e consolidá-lo na empresa, transformando-o em uma capacidade. Um exemplo ilustrativo é o treinamento externo de membros da empresa que adquirem uma gama nova de técnicas, que se não forem devidamente

compartilhada na empresa pode nunca chegar a ser relevante para a melhoria das capacidades tecnológicas da mesma.

No entanto, este trabalho não pôde avaliar a acumulação de capacidades ao longo do tempo, tendo se limitado a um recorte com várias empresas em um dado período. Conforme foi abordado em trabalhos anteriores, o resgate das características dos mecanismos de aprendizagem e as capacidades tecnológicas podem dar uma visão interessante de como essas relações podem se desenvolver ao longo do tempo com uma abordagem quantitativa, com dados em painel. Essa limitação é uma oportunidade de pesquisa que ainda não foi explorada dentro desta abordagem de capacidades tecnológicas, especialmente utilizando uma pesquisa de natureza quantitativa.

Além disso, há a possibilidade de incluir em estudos futuros o desempenho inovador e operacional das empresas em relação às suas capacidades tecnológicas, tanto como em recorte do tempo quanto ao longo do tempo. Outra oportunidade é a comparação entre localizações geográficas distintas, fazendo uma comparação multigrupo.

Um modelo a ser utilizado em um estudo mais completo deve ser composto de pelo menos três grupos de construtos: mecanismos de aprendizagem, capacidades tecnológicas e desempenho, inovador e operacional. O uso de outras variáveis moderadoras pode ser utilizado como complemento, especialmente para fatores externos que podem tanto nas capacidades tecnológicas quanto no desempenho. Um modelo neste formato fica mais próximo a um modelo completo, apesar de ser mais difícil de ser operacionalizado.

## REFERÊNCIAS

ABES. *Mercado Brasileiro de Software: Panorama e tendências*. 1. ed. São Paulo: Associação Brasileira das Empresas de Software, 2012.

ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A. *Estatística Aplicada à Administração e Economia*. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

ARAMAND, M. Software products and services are high tech? New product development strategy for software products and services. *Technovation*, v. 28, n. 3, p. 154-160, mar. 2008.

ARIFFIN, N. *The internationalization of innovative capabilities: the malaysian electronics industry*. SPRU, University of Sussex, 2000.

ARIFFIN, N.; BELL, M. Firms, politics and political economy: patterns of subsidiary-parent linkages and technological capability-building in electronics TNC subsidiaries in Malaysia. In: JOMO, K. S.; FELKE, G.; RASIAH, R. (Org.). *Industrial Technology Development in Malaysia*. UK: Routledge, 1999. p. 150-190.

ARIFFIN, N.; FIGUEIREDO, P. Internationalization of innovative capabilities: counter-evidence from the electronics industry in Malaysia and Brazil. *Oxford Development Studies*, v. 32, n. 4, 2004.

BABBIE, E. *Métodos de Pesquisa de Survey*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1999.

BELL, M. "Learning" and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: KING, K.; FRANSMAN, M. (Org.). *Technological Capability in Third World*. London: Macmillan, 1984. p. 187-209.

BELL, M. Time and technological learning in industrialising countries: how long does it take? How fast is it moving (if at all)? *International Journal of Technology Management*, v. 36, n. 1-3, 2006.

BELL, M.; ALBU, M. Knowledge systems and technological dynamism in industrial clusters in developing countries. *World Development*, v. 27, n. 9, p. 1715-1734, 1999.

BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: recent empirical contributions and implications for research. *Canadian Journal of Development Studies/Revue Canadienne d'Études du Développement*, v. 33, n. 1, p. 14-40, 2012.

BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, p. 157-211, 1993.

BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I. U. (Ed.). *Trade, technology and international competitiveness*. Washington: The World Bank, 1995.

BIDO, D. de S. et al. Indicadores Formativos na Modelagem em Equações Estruturais com Estimacão via PLS-PM: Como lidar com a Multicolinearidade entre eles? In: Encontro de Ensino e Pesquisa em Administrao e Contabilidade, 2., Curitiba. *Anais...* Curitiba: ANPAD, 2009. CD-ROM.

CENFETELLI, R.; BASSELLIER, G. Interpretation of formative measurement in information systems research. *MIS Quarterly*, v. 33, n. 4, p. 689-707, 2009.

CHIN, W. How to Write Up and Report PLS Analyses. In: ESPOSITO VINZI, V. et al. (Org.). *Handbook of Partial Least Squares: Concepts, methods and applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 655-690.

CHIN, W. Issues and opinion on structural equation modeling. *MIS Quarterly*, v. 22, n. 1, 1998.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

DAHLMAN, C.; ROSS-LARSON, B.; WESTPHAL, L. Managing technological development: lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, v. 15, n. 6, p. 759-775, 1987.

DANTAS, E.; BELL, M. Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: the case of Petrobras in Brazil. *Research Policy*, v. 38, p. 829-844, 2009.

DANTAS, E.; BELL, M. The Co-Evolution of Firm-Centered Knowledge Networks and Capabilities in Late Industrializing Countries: The Case of Petrobras in the Offshore Oil Innovation System in Brazil. *World Development*, v. 39, n. 9, p. 1570-1591, set. 2011.

DIAMANTOPOULOS, A.; RIEFLER, P.; ROTH, K. P. Advancing formative measurement models. *Journal of Business Research*, v. 61, n. 12, p. 1203-1218, dez. 2008.

DIAMANTOPOULOS, A.; WINKLHOFER, H. Index construction with formative indicators: an alternative to scale development. *Journal of Marketing Research*, v. 38, n. 2, p. 269-277, 2001.

DODGSON, M. Organization Learning: A Review of Some Literatures. *Organization Studies*, v. 3, n. 14, p. 375-394, 1993.

DOSI, G. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988a.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. . et al. (Org.). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, 1988b. .

DUTRÉNIT, G. *Learning and knowledge management in the Firm: from knowledge accumulation to strategic capabilities*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2000.

FERREIRA, L. de M. *Estudo Comparativo de Arranjos e Sistemas Produtivos Locais de Software no Nordeste do Brasil*. Tese de Doutorado – UFRJ/Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2008.

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. *RBI-Revista Brasileira de Inovação*, v. 3, n. 2, 2004.

FIGUEIREDO, P. N. Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource-processing firms. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 77, n. 7, p. 1090-1108, 2010.

FIGUEIREDO, P. N. *Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil*. Rio de Janeiro: LTC, 2009. p. 340.

FIGUEIREDO, P. N. Industrial policy changes and firm-level technological capability development: evidence from Northern Brazil. *World Development*, v. 36, n. 1, p. 55-88, 2008.

FIGUEIREDO, P. N. Learning processes features and technological capability-accumulation: explaining inter-firm differences. *Technovation*, v. 22, n. 11, p. 685-698, 2002.

FIGUEIREDO, P. N. Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel. *Industrial and Corporate Change*, v. 12, n. 3, p. 607-643, 1 jun. 2003.

FIGUEIREDO, P. N. The Role of Dual Embeddedness in the Innovative Performance of MNE Subsidiaries: Evidence from Brazil. *Journal of Management Studies*, v. 48, n. 2, p. 417-440, 30 mar. 2011.

FIGUEIREDO, P. N. What recent research does and doesn't tell us about rates of latecomer firms' capability accumulation. *Asian Journal of Technology Innovation*, v. 2, n. 15, p. 161-195, 2007.

FIGUEIREDO, P. N.; BRITO, K. The innovation performance of MNE subsidiaries and local embeddedness: evidence from an emerging economy. *Journal of Evolutionary Economics*, v. 21, n. 1, p. 141-165, 28 jul. 2010.

GHERARDI, S. From Organizational Learning to Practice-Based Knowing. *Human Relations*, v. 54, n. 1, p. 131-139, 1 jan. 2001.

GHERARDI, S. Practice-Based Theorizing on Learning and Knowing in Organizations. *Organization*, v. 7, n. 2, p. 211-223, 1 maio 2000.

- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 1987.
- GOMEL, M. M.; SBRAGIA, R. A competitividade da indústria brasileira de software e a influência da capacitação tecnológica no desempenho exportador. *Revista de Administração e Inovação*, v. 8, n. 1, p. 169-195, 2011.
- GRADVOHL, R. F.; FREITAS, A. A. F.; HEINECK, L. F. M. Desenvolvimento de um modelo para análise da acumulação de capacidades tecnológicas na indústria da construção civil: subsetor de edificações. *Ambiente Construído*, v. 11, n. 1, p. 41-51, 2011.
- HAIR, J. F. et al. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science*, v. 40, n. 3, p. 414-433, 7 jun. 2012.
- HAIR, J. F. et al. *Análise Multivariada de Dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. p. 688.
- HAIR, J. F. et al. The Use of Partial Least Squares Structural Equation Modeling in Strategic Management Research: A Review of Past Practices and Recommendations for Future Applications. *Long Range Planning*, v. 45, n. 5-6, p. 320-340, out. 2012.
- HAIR, J. F.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *The Journal of Marketing Theory and Practice*, v. 19, n. 2, p. 139-152, 1 abr. 2011.
- HAO, S.; YU, B. The Impact of Technology Selection on Innovation Success and Organizational Performance. *iBusiness*, v. 03, n. 04, p. 366-371, 2011.
- HOBDAY, M. *Innovation in East Asia: The Challenge to Japan*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 1995.
- IDC. *IDC apresenta as previsões para o mercado de Tecnologia da Informação e Comunicação em 2012*.
- IPIRANGA, A. S. R. et al. Estratégias de inovação de catching-up: as ligações de aprendizagem entre um instituto de P&D e pequenas empresas. *Revista de Administração Pública*, v. 46, n. 3, p. 677-700, 2012.
- IPIRANGA, A. S. R.; QUEIROZ, W. Paths of Innovation of Catching-up: the Dynamics of Build-up of Technological Capacities in Small Companies Participant of the Goat Husbandry Productive Chain. 2011, Copenhagen: [s.n.], 2011.
- KESIDOU, E.; SZIRMAI, A. Local knowledge spillovers, innovation and export performance in developing countries: empirical evidence from the Uruguay software cluster. *The European Journal of Development Research*, v. 20, n. 2, p. 281-298, jun. 2008.
- KIM, L. Crisis construction and organizational learning: Capability building in catching-up at Hyundai Motor. *Organization Science*, v. 9, n. 4, p. 157-170, 1998.

KIM, L. *Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coréia*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005. p. 388.

KIM, L. The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors. *California Management Review*, v. 39, n. 3, p. 142-156, 1997.

KOCK, N. WarpPLS 3.0 user manual. Laredo, Texas: Script Warp Systems. Retrieved April, 2012.

KOGUT, B.; ZANDER, U. Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, v. 3, n. 3, p. 383-397, 1992.

KOGUT, B.; ZANDER, U. What Firms Do? Coordination, Identity, and Learning. *Organization Science*, v. 7, n. 5, p. 502-518, 1 set. 1996.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n. 2, p. 165-186, fev. 1992.

LEE, K.; LIM, C. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. *Research Policy*, v. 30, n. 3, p. 459-483, mar. 2001.

LEONARD-BARTON, D. *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press, 1995. p. 334.

LUNDEVALL, B.A. Políticas de Inovação na Economia do Aprendizado. *Parcerias Estratégicas*, n. 10, p. 200-218, 2001.

MACKENZIE, S. B. The Dangers of Poor Construct Conceptualization. *Journal of the Academy of Marketing Science*, v. 31, n. 3, p. 323-326, 1 jun. 2003.

MALERBA, F. Learning by Firms and Incremental Technical Change. *The Economic Journal*, v. 102, n. 413, p. 845-859, 1992.

MARINS, L. *Globalização de Competências Tecnológicas Inovadoras no Contexto de industrialização recente: Evidências de uma amostra de institutos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em tecnologias de informação e comunicação (TIC) no Brasil*. Dissertação de Mestrado – FGV/EBAPE, Rio de Janeiro, 2005.

MIRANDA, E. C.; FIGUEIREDO, P. N. Dinâmica da acumulação de capacidades inovadoras: evidências de empresas de Software no Rio de Janeiro e em São Paulo. *RAE*, v. 50, n. 1, p. 75-93, 2010.

NELSON, R. R.; WINTER, G. W. *Uma Teoria Evolucionária*. Campinas: Editora da UNICAMP, 2005. p. 632.

NONAKA, I. A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization science*, v. 5, n. 1, p. 14-37, 1994.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. *Criação de Conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

NONAKA, I.; VON KROGH, G. Perspective-Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advancement in Organizational Knowledge Creation Theory. *Organization Science*, v. 20, n. 3, p. 635-652, 22 jan. 2009.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 13, n. 1984, p. 343-373, 1984.

PAVITT, K. Technologies, Products and Organization in the Innovating Firm: What Adam Smith Tells Us and Joseph Schumpeter Doesn't. *Industrial and Corporate Change*, v. 7, n. 3, p. 433-452, 1998.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. Survey research methodology in management information systems: an assessment. *Journal of Management Information System*, 1992.

POLANYI, M. *The tacit dimension*. London: Routledge and Kegan Paul, 1966.

ROMIJN, H.; ALBALADEJO, M. Determinants of innovation capability in small electronics and software firms in southeast England. *Research Policy*, v. 31, n. 7, p. 1053-1067, set. 2002.

SEBRAE. *Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2010-2011*. Brasília: DIEESE, 2011. p. 204.

SILVA, S. L. Gestão do conhecimento: uma revisão crítica orientada pela abordagem da criação do conhecimento. *Ciência da Informação*, v. 33, n. 2, p. 143-151, 2004.

SOFTEX. *A Indústria de Software no Brasil 2002: fortalecendo a economia do conhecimento*. Campinas: SOFTEX, 2002. p. 80.

SOFTEX, O. Software e Serviços de TI: A indústria brasileira em perspectiva. – Vol.2. Campinas: *Observatório SOFTEX*, 2012. p. 475.

SPINK, M. J. *Práticas discursivas e produção de sentidos no cotidiano: aproximações teóricas e metodológicas*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

TACLA, C. L.; FIGUEIREDO, P. N. The dynamics of technological learning inside the latecomer firm: evidence from the capital goods industry in Brazil. *International Journal of Technology Management*, v. 36, n. 1/2/3, p. 62, 2006.

VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010. p. 94.

VINZI, V. et al. *Handbook of Partial Least Squares*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 813.

YORUK, E.; BELL, M. An Exploration of Innovation System Dynamics in an Emerging Economy: Firms' Deepening Capabilities and the Changing Structure of System Links – The Materials Industry in Turkey 1967 to 2001. 2010, Brighton: [s.n.], 2010.

ZANDER, U.; KOGUT, B. Knowledge and the speed of the transfer and imitation of organizational capabilities: An empirical test. *Organization Science*, v. 6, n. 1, p. 76-92, 1995.

ANEXO A – Modelo para descrição de capacidades tecnológicas rotineiras em empresas de *software*

(Continua)

Níveis de Capacidade	Engenharia de <i>Software</i>	Produtos e Serviços <sup>1</sup>	Processos
<b>Capacidades Rotineiras</b>			
<b>Nível 1 Básico</b>	Utilização de ferramentas de engenharia de <i>software</i> de forma incipiente; Práticas de engenharia de <i>software ad hoc</i> .	Replicação de especificações funcionais e técnicas determinadas pelos clientes [S]; Pequenas soluções ou partes de projetos [S]; Manutenção de soluções já existentes [S];	Processos operacionais não-formalizados. Cada projeto segue um processo diferente.
<b>Nível 2 Extra básico</b>	Melhor utilização das ferramentas de engenharia de <i>software</i> ; Formalização incipiente das práticas de engenharia de <i>software</i> ; <i>Backup</i> centralizado do código-fonte; Pequenos exemplos de código fonte para reaproveitamento.	Atende as especificações funcionais do cliente, realizando a especificação técnica [S]; Projetos completos e maiores [S]; Reengenharia de produtos já existentes no mercado [P]	Padronização básica dos processos, as grandes etapas do processo passam a ser executadas de forma semelhante, porém ainda sem formalização e documentação necessária.
<b>Nível 3 Pré-Intermediário</b>	Padronização e documentação das práticas de engenharia de <i>software</i> . Utilização de componente de terceiros. Técnicas incipientes de reaproveitamento de código; Controle de versão de código-fonte.	Realiza análise, definição e especificação dos requisitos para o cliente. [S]; Implantação de <i>softwares</i> corporativos (ERP <sup>2</sup> , CRM <sup>3</sup> ) [S]; Reengenharia de produtos, porém agregando funcionalidades [P]	Padronização do processo de engenharia de <i>software</i> . Capacitação em metodologias de gestão de processos. Técnicas de controle de qualidade incipientes.
<b>Capacidades Inovadoras</b>			
<b>Nível 4 Intermediário</b>	Adaptações das ferramentas de engenharia; Padronização das práticas de teste e inspeção de código; Interação com fornecedores, clientes e parceiros; Criação e controle de versões automatizado; Técnicas avançadas de controle de versão; Criação de biblioteca de componentes;	Soluções desenvolvidas com conhecimento específico do negócio do cliente [S]; Configuração e personalização de <i>softwares</i> corporativos (ERP, CRM) [S]; Evolução contínua dos produtos (horizontal e vertical) [P]; Novos produtos utilizando conhecimento já adquirido em produtos anteriores [P];	Gestão estratégica da qualidade; obtenção de certificações (CMMI <sup>4</sup> , ITIL <sup>5</sup> e CobIT <sup>6</sup> ). Adaptação dos processos às práticas sugeridas nestas certificações; Processos apoiados e controlados por <i>software</i> .

<sup>1</sup> Cada atividade da função tecnológica produtos e serviços está marcada com um indicador do modelo de negócios que a utiliza: [S] = Serviço; [P] = Produtos.

<sup>2</sup> ERP – *Enterprise resource planning*

<sup>3</sup> CRM – *Customer relationship management*

<sup>4</sup> CMMI - Capability Maturity Model Integration

<sup>5</sup> ITIL – *Information Technology Infrastructure Library*

<sup>6</sup> COBIT - *Control Objectives for Information and related Technology*

ANEXO A – Modelo para descrição de capacidades tecnológicas inovadoras em empresas de *software*

(Conclusão)

Níveis de Capacidade	Engenharia de <i>Software</i>	Produtos e Serviços	Processos
<b>Capacidades Inovadoras</b>			
<b>Nível 5 Intermediário- superior</b>	Integração das ferramentas de engenharia; Ferramentas automatizadas de inspeção de código e testes de <i>software</i> ; Equipes multidisciplinares integradas e ferramentas de colaboração; Técnicas de geração de versões diárias; <i>Frameworks</i> de desenvolvimento de <i>software</i> .	Soluções de alto valor agregado e alta complexidade e conhecimento técnico e de negócios [S]; Soluções completas com integração e personalização de <i>software</i> corporativo [S]; Utilização de tecnologias de ponta, como RFID <sup>7</sup> , reconhecimento de voz, para criar produtos capazes de gerar demanda [P];	Os processos controlados com métricas de qualidade. A estrutura da empresas adaptada ao processo. Automatização de etapas cruciais do processo, como testes unitários e controle de versão.
<b>Nível 6 Avançado</b>	Ferramentas próprias de engenharia de <i>software</i> ; Integração com ferramentas de outras áreas de conhecimento como Geo-posicionamento e Telecom; Ferramentas geradoras de código; Equipes geograficamente distantes;	Serviços de P&D com tecnologias e tendências de ponta, como <i>Grid computing</i> , convergência de mídias e TV Digital [S]; P&D com tecnologias de ponta, visando o lançamento de produtos inovadores e difíceis de copiar [P];	Aprimoramento contínuo dos processos tanto a partir de avanços incrementais nos processos existentes quanto a partir de novos métodos e tecnologias.

Fonte: MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010.

<sup>7</sup> RFID – *Radio Frequency Identification*

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Caro gestor(a)/empresário(a) o Sr.(a) está sendo convidado a responder esta pesquisa que ajudará as empresas de *software* nordestinas a se posicionarem em relação a gestão da tecnologia e da inovação, revelando de forma agregada, o que o setor vem realizando nesta área com relação a importantes variáveis de decisão como: mecanismos de aprendizagem, evolução tecnológica e a geração de vantagens competitivas. As empresas e seus gestores a partir dos resultados desta pesquisa serão capazes de visualizar quais fatores são mais influentes no desempenho empresarial.

### 1. Perfil da empresa:

- a. Nome da empresa: \_\_\_\_\_
- b. Cargo do respondente: \_\_\_\_\_
- c. Ano de criação da empresa: \_\_\_\_\_
- d. Qual a formação acadêmica/técnica do respondente? (Área e título)  
\_\_\_\_\_
- e. Quantos anos de experiência na área de desenvolvimento de *software* o gestor da empresa possuía na formação da empresa? \_\_\_\_\_

### 2. Qual a classificação da empresa em relação ao seu porte?

- 1-( ) Micro
- 2-( ) Pequena
- 3-( ) Média
- 4-( ) Grande

### 3. Responda às questões referentes às capacidades que a sua empresa possua na área de engenharia de *software*.

"A **engenharia de *software*** é a aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável para o projeto, desenvolvimento, operação e manutenção de *software*, bem como o estudo dessas abordagens."

Assinale a consolidação dessas práticas na empresa. Isto é, o quanto esta atividade está desenvolvida na empresa, relacionando-se com a capacidade de realizar. Este ponto deve ter uma **nota de 0 a 10**, podendo tomar como base uma escala percentual, sendo "0", **0% consolidado (a empresa não realiza ou não pode realizar sem ter que aprender antes)** até "10", **100% consolidado (a empresa realiza ou pode realizar essas atividades normalmente em suas rotinas)**.

<b>Capacidades Tecnológicas – Engenharia de Software</b>		<b>Consolidação</b>
		<b>0 a 10</b>
01	Ferramentas próprias de engenharia de <i>software</i>	
02	Integração com ferramentas de outras áreas de conhecimento, como Geoposicionamento e Telecom	
03	Ferramentas geradoras de código	
04	Equipes geograficamente distantes	
05	Integração das ferramentas de engenharia	
06	Ferramentas automatizadas de inspeção de código e testes de <i>software</i>	
07	Equipes multidisciplinares integradas e ferramentas de colaboração	
08	Técnicas de geração de versões diárias	
09	Frameworks de desenvolvimento de <i>software</i>	
10	Adaptações das ferramentas de engenharia	
11	Padronização das práticas de teste e inspeção de código	
12	Interação com fornecedores, clientes e parceiros	
13	Criação e controle de versões automatizadas	
14	Técnicas avançadas de controle de versão	
15	Criação de biblioteca de componentes	
16	Padronização e documentação das práticas de engenharia de <i>software</i>	
17	Utilização de componente de terceiros	
18	Técnicas incipientes de reaproveitamento de código	
19	Controle de versão de código-fonte	
20	Melhor utilização das ferramentas de engenharia de <i>software</i>	
21	Formalização incipiente das práticas de engenharia de <i>software</i>	
22	Backup centralizado do código-fonte	
23	Pequenos exemplos de código fonte para reaproveitamento	
24	Utilização de ferramentas de engenharia de <i>software</i> de forma incipiente	
25	Práticas de engenharia de <i>software</i> ad hoc (caso a caso)	

**4. Responda às questões referentes às capacidades que a sua empresa possua na área de produtos [P] e serviços [S].**

Assinale a consolidação dessas práticas na empresa. Isto é, o quanto esta atividade está desenvolvida na empresa, relacionando-se com a capacidade de realizar.

Este ponto deve ter uma **nota de 0 a 10**, podendo tomar como base uma escala percentual, sendo "0", **0% consolidado (a empresa não realiza ou não pode realizar sem ter que aprender antes)** até "10", **100% consolidado (a empresa realiza ou pode realizar essas atividades normalmente em suas rotinas)**.

Capacidades Tecnológicas – Produtos e Serviços		Consolidação
		0 a 10
01	Serviços de P&D com tecnologias e tendências de ponta, como grid computing, convergência de mídias e TV Digital [S]	
02	P&D com tecnologias de ponta, visando ao lançamento de produtos inovadores e difíceis de copiar [P]	
03	Soluções de alto valor agregado e alta complexidade e conhecimento técnico e de negócios [S]	
04	Soluções completas com integração e personalização de <i>software</i> corporativo [S]	
05	Utilização de tecnologias de ponta, como RFID, reconhecimento de voz, para criar produtos capazes de gerar demanda [P]	
06	Soluções desenvolvidas com conhecimento específico do negócio do cliente [S]	
07	Configuração e personalização de <i>softwares</i> corporativos (ERP, CRM) [S]	
08	Evolução contínua dos produtos (horizontal e vertical) [P]	
09	Novos produtos utilizando conhecimento já adquirido em produtos anteriores [P]	
10	Realiza análise, definição e especificação dos requisitos para o cliente [S]	
11	Implantação de <i>softwares</i> corporativos (ERP, CRM) [S]	
12	Reengenharia de produtos, porém agregando funcionalidades [P]	
13	Atende as especificações funcionais do cliente, realizando a especificação técnica [S]	
14	Projetos completos e maiores [S]	
15	Reengenharia de produtos já existentes no mercado [P]	
16	Replicação de especificações funcionais e técnicas determinadas pelos clientes [S]	
17	Pequenas soluções ou partes de projetos [S]	
18	Manutenção de soluções já existentes [S]	

**5. Responda às questões referentes às capacidades que a sua empresa possua na área de processos.**

Assinale a consolidação dessas práticas na empresa. Isto é, o quanto esta atividade está desenvolvida na empresa, relacionando-se com a capacidade de realizar.

Este ponto deve ter uma **nota de 0 a 10**, podendo tomar como base uma escala percentual, sendo "0", **0% consolidado (a empresa não realiza ou não pode realizar sem ter que aprender antes)** até "10", **100% consolidado (a empresa realiza ou pode realizar essas atividades normalmente em suas rotinas)**.

Capacidades tecnológicas – Processos		Consolidação
		0 a 10
01	Aprimoramento contínuo dos processos, tanto a partir de avanços incrementais nos processos existentes quanto a partir de novos métodos e tecnologias	
02	Os processos controlados com métricas de qualidade	
03	A estrutura da empresa adaptada ao processo	
04	Automatização de etapas cruciais do processo, como testes unitários e controle de versão	
05	Gestão estratégica da qualidade	
06	Obtenção de certificações (CMMI, MPSBr, ITIL e CobIT)	
07	Adaptação dos processos às práticas sugeridas nessas certificações (CMMI, MPSBr, ITIL e CobIT)	
08	Processos apoiados e controlados por <i>software</i>	
09	Padronização do processo de engenharia de <i>software</i>	
10	Capacitação em metodologias de gestão de processos	
11	Técnicas de controle de qualidade incipientes	
12	Padronização básica dos processos, as grandes etapas do processo passam a ser executadas de forma semelhante, porém ainda sem formalização e documentação necessária	
13	Processos operacionais não formalizados	
14	Cada projeto segue um processo diferente	

6. **Responda às questões referentes aos mecanismos de aprendizagem que a sua empresa possua.**

Assinale a frequência dessas práticas na empresa. Isto é, o quanto esta atividade é ou foi desenvolvida pela empresa, baseando-se na seguinte referência:

Nunca realizou	Nunca foi utilizado pela empresa
Apenas uma vez	Utilização do processo ou mecanismo em uma única oportunidade ou por um curto período de tempo (ex.: contratação de uma consultoria para certificação apenas uma vez por um curto período de tempo)
Intermitente	Utilização do processo ou mecanismo de forma descontínua ou intermitente (ex.: realização de reuniões durante um período, depois abandonar a ideia. Algum tempo depois retomá-la, podendo repetir o mesmo ciclo)
Contínuo	Utilização do processo ou mecanismo de forma contínua ou, dependendo da natureza do processo, em diversas ocasiões (ex.: sempre realizar um treinamento <b>técnico quando estiver disponível</b> )

Quanto a Efetividade, este ponto deve ter uma **nota de 0 a 10**, podendo tomar como base uma escala percentual, sendo "0", **0% efetivo (o mecanismo não serviu para a empresa, foi um fracasso)** até "10", **100% efetivo (o mecanismo cumpriu plenamente seu papel dentro do seu escopo, foi um sucesso. ex.: o treinamento conseguiu repassar plenamente novos conhecimentos acerca de uma nova tecnologia).**

a. **Mecanismos e Processos Externos de Aquisição de Conhecimento**

Mecanismos e Processos Externos de Aquisição de Conhecimento		Frequência				Efetividade
		Nunca utilizou	Apenas uma vez	Intermitente	Contínuo	0 a 10
01	Contratação de consultores externos para certificações e melhorias na empresa					
02	Treinamentos e capacitações externas dos funcionários					
03	Participação de congressos e seminários					
04	Interação para desenvolvimento de projetos com clientes					
05	Interação para desenvolvimento de projetos com parceiros					
06	Aquisição de tecnologia de fonte externa					
07	Recrutamento de técnicos especializados, trainees, recém formados, etc					
08	Pesquisa em fontes externas (Internet, Livros, Manuais, etc)					

**b. Mecanismos e Processos Internos de Aquisição de Conhecimento**

Mecanismos e Processos Internos de Aquisição de Conhecimento		Frequência				Efetividade
		Nunca utilizou	Apenas uma vez	Intermitente	Contínuo	0 a 10
01	Atividade de Pesquisa e Desenvolvimento na empresa					
02	Treinamentos internos para melhoria de processos					
03	Aprendendo pelas rotinas					
04	Resolução conjunta de problemas					

**c. Mecanismos e Processos de Compartilhamento do Conhecimento**

Mecanismos e Processos de Compartilhamento do Conhecimento		Frequência				Efetividade
		Nunca utilizou	Apenas uma vez	Intermitente	Contínuo	0 a 10
01	Desenvolvimento conjunto com clientes e parceiros					
02	Ferramentas de disseminação de conhecimento					
03	Rotação de funções, trabalho em equipes multidisciplinares, forças-tarefa					
04	Solução compartilhada de problemas					
05	Visitas no exterior					
06	Participação em redes sociais com discussões técnicas					
07	Treinamentos internos					

**d. Mecanismos e Processos de Codificação do Conhecimento**

Mecanismos e Processos de Codificação do Conhecimento		Frequência				Efetividade
		Nunca utilizou	Apenas uma vez	Intermitente	Contínuo	0 a 10
01	Certificações					
02	Codificações e especificações					
03	Padrões, normas e boas práticas					
04	Sistemas de controle operacional e gerencial					