



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM ADMINISTRAÇÃO

MÁRCIA CAROLINA ARAÚJO RODRIGUES

FINANCIAMENTO DA INOVAÇÃO E MUDANÇA TECNOLÓGICA: OS IMPACTOS
DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA NA MATURIDADE TECNOLÓGICA (*TRL*) DE
PROJETOS DE PD&I

FORTALEZA - CEARÁ

2018

MÁRCIA CAROLINA ARAÚJO RODRIGUES

FINANCIAMENTO DA INOVAÇÃO E MUDANÇA TECNOLÓGICA: OS IMPACTOS
DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA NA MATURIDADE TECNOLÓGICA (TRL) DE
PROJETOS DE PD&I

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração. Área de Concentração: Gestão, Organizações e Ambientes.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara.

FORTALEZA - CEARÁ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Rodrigues, Márcia Carolina Araújo .

Financiamento da inovação e mudança tecnológica: os impactos da subvenção econômica na maturidade tecnológica (TRL) de projetos de P&DI (recursos eletrônicos) / Márcia Carolina Araújo Rodrigues. - 2018 .

1 CD-ROM: il.; 4 N pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 128 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Mestrado Acadêmico em Administração, Fortaleza, 2018 .

Área de concentração: Gestão, Organizações e Ambientes..

Orientação: Prof.ª Dra. Samuel Feijó Cêzara..

1. Financiamento da Inovação. 2. Maturidade Tecnológica. 3. Aprendizagem Organizacional. I. Título.

MÁRCIA CAROLINA ARAÚJO RODRIGUES

FINANCIAMENTO DA INOVAÇÃO E MUDANÇA TECNOLÓGICA: OS IMPACTOS
DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA NA MATURIDADE TECNOLÓGICA (TRL) DE
PROJETOS DE PD&I

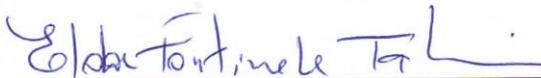
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração. Área de Concentração: Gestão, Organizações e Ambientes.

Aprovada em: 06 de março de 2018.

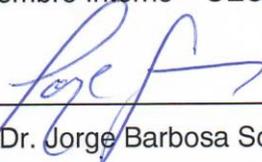
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara
(Orientador e Presidente da Banca - UECE)



Prof.ª Dr.ª Elda Fontinele Tahim
(Membro Interno – UECE)



Prof. Dr. Jorge Barbosa Soares
(Membro Externo – UFC)

Às fontes supremas de inspiração, por me darem serenidade para aceitar o que não pode mudar, coragem para mudar o que pode e sabedoria para identificar a diferença.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha querida mãe, Marilúcia, que atrevidamente partiu meu coração no primeiro semestre do curso, ao não me permitir sequer dar-lhe em vida a notícia da aprovação. Seu amor, coragem e espírito aventureiro sempre inspiraram minha trajetória e hoje me permitem olhar no espelho com calma e determinação, afastando o medo do incerto e com mais foco no hoje, no agora. Inovação.

Ao meu pai, Francisco, pelos aprendizados, foco e objetividade que ajudaram a conscientizar-me da minha vocação para o empreendedorismo. Um cearense, que com uma maranhense me fizeram orgulhosa por ter nascido no meio do caminho entre os dois. Precisão.

Aos meus irmãos, Dávila, Mônica, Marcelo e Fernando pela paciência e compreensão com a ausência em momentos importantes e pelo acolhimento e diversão nos momentos de presença. Amor.

Aos meus sogros, Maria Dolores e Antônio Carlos, pela preocupação, carinho, preces e por suportarem o *stress* refletido durante a execução desse trabalho. Resiliência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Samuel Façanha, pelos exemplos, flexibilidade, bom humor e oportunidade de trabalho na Redenit-CE, que me fizeram aprender mais rápido a dinâmica do ambiente de inovação cearense. Vivência.

Aos membros da minha banca avaliadora, Prof.^a Dr.^a Elda Tahim e Prof. Dr. Jorge Soares pelas valiosas contribuições. Sabedoria.

À equipe da FUNCAP, em especial à Telma Lima, Goretti Mamedio e Mayara Carmo que auxiliaram-me durante a coleta de dados. Persistência.

Aos companheiros de jornada da Turma 13, em especial àqueles que em tão pouco tempo vivemos emoções tão intensas que me permitem chamá-los orgulhosamente de Amigos. Companheirismo.

À Locomotiva que moveu a Redenit-CE em 2017, pela ajuda para lidar com algumas situações delicadas, por emprestarem ouvidos para algumas lamúrias e por me acolherem tão bem: Martonio Mendes, Patrícia Mesquita, Mayara Portela, Nathalia Cavalcante, Marília Coelho e Cassiano Oliveira. Trabalho.

Ao trio de Amigas que se tornaram minha família por alguns meses: Gisele Antenor, Mariana Antenor e Geralda Martins. Obrigada pela confiança e por fornecerem abrigo em sua residência e corações. Família.

Finalmente, agradeço ao Wendel Carlos, parceiro de trabalho, estudo e amor que há uma década é sócio das minhas perdas, conquistas e aprendizados. Mais uma grande realização entra simultaneamente nos nossos currículos. Vida.

“O importante para o governo não é fazer coisas que os indivíduos já estão fazendo, e fazê-las um pouco melhor ou um pouco pior; mas fazer aquelas coisas que no momento não são feitas de forma alguma”.

(John Maynard Keynes)

RESUMO

Esclarecer as relações existentes entre o financiamento da inovação, a maturidade tecnológica e o desenvolvimento econômico é de grande importância para auxiliar gestores a alcançarem maior efetividade no desempenho de seus papéis. Embora haja uma diversidade de fatores a serem considerados e o setor privado demonstre pouca disposição em investir no desenvolvimento tecnológico inicial, o financiamento das atividades inovadoras é tido como primordial para conduzir o desenvolvimento econômico. Nesse sentido, o setor público assume a maior parte do risco ao aportar recursos para financiar projetos iniciais de PD&I e frequentemente não obtém o devido reconhecimento pelo desafio assumido. Enquanto a estrutura político-financeira brasileira dificulta a atração do setor privado para as fases iniciais, um vale da morte é criado à medida que a tecnologia amadurece. Para esclarecer alguns delineamentos dessa dinâmica no Estado do Ceará, verificou-se as relações entre a subvenção econômica concedida pela FUNCAP, a maturidade tecnológica dos projetos financiados e o aprendizado das organizações a eles vinculadas. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de abordagem mista, com uma tipologia descritivo-explicativa e delineamento *ex-post facto*. Os dados foram tratados com uso das técnicas de análise fatorial exploratória, análise de variância e regressão linear. Identificou-se fragilidades no ecossistema de inovação cearense que podem auxiliar o rearranjo das políticas públicas e privadas de financiamento à inovação, promovendo melhores resultados rumo às mudanças tecnológicas necessárias para o desenvolvimento do Estado. Os resultados demonstram que o financiamento não influenciou o aprendizado, mas os projetos sofreram impacto positivo direto do financiamento e do aprendizado acumulado. Percebeu-se que o financiamento contribuiu significativamente para o aumento da maturidade dos projetos, entretanto não afetou o conhecimento acumulado. O estudo contribui no esclarecimento de relações existentes entre financiamento e desenvolvimento tecnológico e sugere que outras relações e fatores envolvidos no cenário sejam pesquisados com maior profundidade.

Palavras-chave: Financiamento da Inovação. Maturidade Tecnológica. Aprendizado Organizacional.

ABSTRACT

To clarify the relationships between financing innovation, technological readiness and economic development are very important to help managers achieve greater effectiveness in the performance of their roles. Although the plenty of factors to be considered and the few willingness of the private sector on invest in early technological development, funding for innovative activities is seen as central to driving economic development. In this sense, the public sector assumes most of the risk by providing resources to finance initial R&D projects and often does not get due recognition for the challenge. While the Brazilian political and financial structure hampers the attraction of the private sector to the early stages, a valley of death is created as a technology gets mature. In order to clarify some of the dynamics in the State of Ceará, the relationships between the grants funded by FUNCAP, the technological readiness of the projects financed and the organizational learning of the related firms were verified. For that, a mixed research approach was carried out, with a descriptive-explanatory typology and ex-post facto delineation. The data were treated with the use of exploratory factor analysis, analysis of variance and linear regression. Weaknesses were identified in the innovation ecosystem in Ceará that can help the rearrangement of public and private financing policies for innovation, promoting better results towards the technological changes necessary for the development of the State. The results demonstrate that funding did not influence learning, but the projects suffered a direct positive impact from funding and accumulated learning. It was noticed that the financing contributed significantly to the increase of projects' maturity, however it did not affect the accumulated knowledge. The study contributes to the clarification of existing relationships between financing and technological development and suggests that other relationships and factors involved in the scenario deserve more in-depth research.

Keywords: Financing Innovation. Technology Readiness. Organizational Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O modelo linear pesquisa-mercado.....	23
Figura 2 - O modelo dinâmico revisado	24
Figura 3 - Características da Terceira Geração da Gestão de P&D	26
Figura 4 - Fontes de recursos financeiros para inovação no Brasil.....	29
Figura 5 - Estágios de desenvolvimento tecnológico, mercadológico e mecanismos de financiamento	37
Figura 6 - Fases do fomento público à inovação no Brasil	38
Figura 7 - Acumulação Tecnológica: conceitos e termos básicos	44
Figura 8 - Visão geral da escala Technology Readiness Levels (TRL).....	46
Figura 9 - O processo de conversão do conhecimento	52
Figura 10 - Percurso metodológico da pesquisa.....	55
Figura 11 - Modelo empírico da pesquisa	62
Figura 12 - Evolução interna do nível de TRL antes e depois do financiamento	73
Figura 13 - Evolução da TRL nas áreas temáticas de Saúde, biotecnologia, alimentos e fármacos, Agronegócio, TIC e Tecnologia de materiais, metalmecânica e nanotecnologia	75
Figura 14 - Evolução da TRL nas áreas temáticas de Setores têxtil, calçadista e moveleiro, Comércio e serviços, construção civil e Educação.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo da escala TRL - marcos e resultados	48
Quadro 2 - Suporte teórico das hipóteses	61
Quadro 3 - Operacionalização dos construtos	63
Quadro 4 - Instrumentos de fomento à inovação operacionalizados pela FUNCAP.....	83
Quadro 5 - Resultados obtidos para o Objetivo Específico 1	98
Quadro 6 - Resultados obtidos para o Objetivo Específico 2	98
Quadro 7 - Resultados obtidos para o Objetivo Específico 3	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Fontes de financiamento das atividades de P&D e das demais atividades de inovação, segundo porte da firma, em percentual – 2003	32
Tabela 2 –	Projetos desconsiderados na amostra	60
Tabela 3 –	Exemplo de cálculo do índice geral de totalidade do nível de TRL	66
Tabela 4 –	Caracterização geral dos projetos financiados por área temática.....	72
Tabela 5 –	Distribuição da amostra conforme os instrumentos de fomento.....	72
Tabela 6 –	Evolução da TRL interna ao nível.....	73
Tabela 7 –	Evolução média da TRL nas áreas temáticas	74
Tabela 8 –	Índices gerais de evolução da maturidade na amostra	76
Tabela 9 –	Escolaridade dos respondentes	78
Tabela 10 –	Atividade econômica das empresas proponentes conforme a CNAE 2.0	79
Tabela 11 –	Testes de normalidade dos dados	84
Tabela 12 –	Aprendizado - fatores gerados	86
Tabela 13 –	Teste de homogeneidade de variância para TRL_A e TRL_D	89
Tabela 14 –	ANOVA TRL_A e TRL_D.....	89
Tabela 15 –	Testes robustos de igualdade de médias de TRL_A e TRL_D	89
Tabela 16 –	Teste de homogeneidade de variância para TRL_EVOL e TRL_EVOLT Unificadas	90
Tabela 17 –	ANOVA TRL_EVOL e TRL_EVOLT Unificadas.....	90
Tabela 18 –	Testes robustos de igualdade de médias de TRL_EVOL e TRL_EVOLT Unificadas	90
Tabela 19 –	Teste de homogeneidade de variância para TRL_EVOL e TRL_EVOLT conforme grupo de financiamento	91
Tabela 20 –	ANOVA TRL_EVOL e TRL_EVOLT conforme grupo de financiamento.....	91
Tabela 21 –	Testes robustos de igualdade de médias de TRL_EVOL e TRL_EVOLT conforme grupo de financiamento	91
Tabela 22 -	Regressão linear Aprendizado/TRL_EVOL - resumo do modelo	94
Tabela 23 -	Regressão linear Aprendizado/TRL_EVOL - ANOVA	94
Tabela 24-	Coeficientes da regressão Aprendizado/TRL_EVOL.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFE	Análise Fatorial Exploratória
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
<i>DoD</i>	<i>United States Department of Defense</i>
<i>DoE</i>	<i>United States Department of Energy</i>
<i>EARTO</i>	<i>European Association of Research and Technology Organisations</i>
EMBRAPII	Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
FAP	Fundação de Amparo à Pesquisa
FINEP	Financiadora de Estudos e Pesquisas
FIT	Fundo de Inovação Tecnológica do Ceará
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<i>HHS</i>	<i>United States Department of Health and Human Services</i>
ICT	Instituição de Ciência e Tecnologia
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IRRF	Imposto de Renda Retido na Fonte
<i>ISO</i>	<i>International Organization for Standardization</i>
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MEC	Ministério da Educação e Cultura
<i>NASA</i>	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
PAPPE	Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDTA	Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário
PDTI	Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PINTEC	Pesquisa de Inovação

<i>RBV</i>	<i>Resource Based View</i>
RFB	Receita Federal do Brasil
SENAI	Serviço Nacional da Indústria
SNI	Sistema Nacional de Inovação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
<i>TRL</i>	<i>Technology Readiness Levels</i>
TPG	Tecnologias de Propósito Geral
VBR	Visão Baseada em Recursos
<i>VIF</i>	<i>Variance Inflation Factor</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	PESQUISA BÁSICA VERSUS PESQUISA APLICADA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GERAÇÃO DE INOVAÇÃO.....	22
2.2	FINANCIAMENTO DA INOVAÇÃO.....	27
2.2.1	Financiamento Privado da Inovação	29
2.2.2	Financiamento Público da Inovação	33
2.2.3	A Política Brasileira de Financiamento à Inovação	39
2.3	MUDANÇA, CAPACIDADE E MATURIDADE TECNOLÓGICA.....	41
2.3.1	O Modelo Tradicional de Mudança Técnica	42
2.3.2	A Influência da Acumulação Tecnológica na Mudança Técnica	43
2.3.3	Maturidade Tecnológica	45
2.4	APRENDIZADO TECNOLÓGICO ORGANIZACIONAL.....	50
3	METODOLOGIA	55
3.1	TIPO DE PESQUISA.....	55
3.2	UNIVERSO E AMOSTRA	57
3.3	SELEÇÃO DOS SUJEITOS	57
3.4	COLETA DE DADOS	59
3.5	TRATAMENTO DOS DADOS	60
3.5.1	Operacionalização dos construtos e variáveis	63
3.5.2	Pré análise dos dados	66
3.5.3	Estratégia de Análise	66
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	71
4.1	ANÁLISE DESCRITIVA.....	71
4.1.1	Descrição dos Projetos	71
4.1.2	Descrição dos Respondentes	79
4.1.3	Descrição das Empresas Proponentes	79
4.1.4	Descrição dos Instrumentos de Fomento	81
4.2	4ATENDIMENTO AOS PRESSUPOSTOS DAS ANÁLISES MULTIVARIADAS	85

4.3	A RELAÇÃO DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA COM O APRENDIZADO TECNOLÓGICO ORGANIZACIONAL (H1).....	86
4.4	O VÍNCULO DO APRENDIZADO ORGANIZACIONAL COM A MUDANÇA TECNOLÓGICA DOS PROJETOS FINANCIADOS (H3).....	89
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICE	111
	APÊNDICE A - INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS (QUESTIONÁRIO).....	112
	ANEXO	121
	ANEXO A – TRADUÇÃO DA ESCALA TRL (NOLTE; KENNEDY; DIZIEGIEL, 2003) - VERSÃO APRESENTADA AOS ESPECIALISTAS PARA AVALIAÇÃO E ADAPTAÇÃO.....	122

1 INTRODUÇÃO

O investimento financeiro em atividades geradoras de inovação tem sido tema de crescente interesse acadêmico nos últimos anos (PRIANICHNIKOV, 2013; MAZZUCATO, 2014; BUENO; TORKOMIAN, 2014; KERR; NANDA, 2015; SZCZGIELSKI *et al*, 2016; HONG *et al*, 2016). Parte dos autores afirma que a clara distinção dos papéis dos setores público e privado no incentivo à inovação traria às economias mais objetividade no planejamento de ações para a promoção de um sólido desenvolvimento econômico. A existência de uma agenda na qual ambas as esferas assumam seu papel e responsabilidade de forma efetiva poderia trazer resultados mais satisfatórios no que se refere à mudança tecnológica e aprendizado organizacional necessários para uma tecnologia ter sucesso no mercado e gerar benefícios sociais.

É possível notar que as publicações mais recentes acerca dessa temática têm buscado contribuir para o esclarecimento das relações existentes entre o financiamento e o potencial inovador das organizações (NUNES; QUEIROZ; FURUKAVA, 2016). Parte desses estudos demonstram a preocupação em apresentar implicações teóricas e empíricas capazes de auxiliar os gestores públicos e privados a alcançarem maior efetividade no desempenho de seus papéis como financiadores da inovação (FIGUEIREDO, 2004; CALMANOVICI, 2011; CNI, 2016). Já outra parte busca examinar de forma mais objetiva como os recursos financeiros destinados à inovação tem sido aplicados e qual sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico (MORAIS, 2008; NEGRI; KUBOTA, 2008; PINHO, 2016).

Entretanto, a tarefa não é das mais fáceis. A diversidade de fatores a serem considerados e a complexidade inerente à atividade inovadora representam um desafio a ser superado quando imagina-se um modelo generalista para financiamento da inovação, exatamente o que torna o tema relevante na contemporaneidade. O financiamento da inovação tem sido um dos principais objetos de discussão na pauta do desenvolvimento econômico, já que desempenha importante papel na economia de uma nação ao introduzir mudanças técnicas, gerar

dinamicidade e promover vantagens competitivas para as empresas (SCHUMPETER, 1934; COUTINHO *et al*, 1993; STAUB, 2002).

Lazonick e Mazzucato (2013) apontam quatro principais características da inovação que interferem na modalidade de financiamento necessária para sua realização. Alto nível de incerteza, longo prazo de entrega de resultados, coletividade e cumulatividade, são particularidades do processo inovador não totalmente apreendidas pelas tradicionais formas de financiamento, que consideram a gradualidade e continuidade do desenvolvimento econômico conforme proposto pelas abordagens econômicas neoclássicas.

A incerteza afeta o financiamento da inovação de forma que não é possível afirmar, no momento da realização do investimento, qual o caminho exato a ser seguido para que a ideia tenha sucesso. Portanto, torna difícil a previsão dos resultados do processo, bem como dos tradicionais indicadores de desempenho financeiro utilizados pelas instituições financiadoras para avaliar o real risco do investimento. Ao mesmo tempo, os resultados da inovação podem levar muito tempo para serem percebidos. O produto da atividade inventiva, na maior parte dos casos, requer um grande esforço em pesquisa e desenvolvimento (P&D), modelagem e teste, o que acaba tomando muito tempo antes do efetivo lançamento no mercado e aferição dos primeiros resultados comerciais (LUNA; MOREIRA; GONÇALVES, 2008).

Por sua vez, a coletividade confere ao processo inovador alta complexidade, já que prevê um arranjo de habilidades e capacidades humanas de pessoas com diferentes funções e responsabilidades na organização e fora dela (LAZONICK; MAZZUCATO, 2013). Esta rede de conexões acaba por interferir nos resultados do processo, haja vista que as potenciais variações na eficiência dessas relações podem gerar diferentes produtos, serviços e processos, além de afetar o tempo necessário para seu desenvolvimento.

A dificuldade de obtenção de financiamento para mover as invenções rumo ao lançamento e consolidação comercial faz com que os pesquisadores abandonem seus projetos após o desenvolvimento técnico e partam para novos projetos em fase inicial de pesquisa, onde a possibilidade de obtenção de financiamento é maior. Conhecida como vale da morte da inovação, essa dificuldade

em migrar para estágios mais desenvolvidos é caracterizada por um vácuo de incentivo financeiro existente entre as fases de desenvolvimento inicial e desenvolvimento comercial da inovação (BRANSCOMB; AUERSWALD, 2002).

A recorrência de submissão de projetos de desenvolvimento a diferentes editais de fomento é um outro indício da dificuldade na obtenção de financiamento suficiente para a condução das tecnologias aos estágios de comercialização. Nesse caso, este fato representa uma preocupação relevante à economia local, haja vista que não se pode esquecer que a inovação apenas torna-se bem-sucedida após sua aplicação comercial, sob pena de permanecer apenas sob a alcunha de invenção.

Nesse sentido, algumas pesquisas têm sido conduzidas, sobretudo na área da economia, para verificar os efeitos de *crowding out* (substituição) e *additionality* (alavancagem) que os incentivos públicos à inovação causam em alguns setores. Investigações posteriores conduzidas durante os anos 2000, segundo Avellar (2009), de forma geral, concluíram que

dos 14 estudos empíricos, realizados para a indústria, somente 2 comprovam a presença de “efeito crowding out” entre gasto público e privado em P&D, ou seja, há predominância do “efeito additionality”, aumento de gasto privado estimulado pelo gasto público, com complementaridade entre esses gastos em atividades inovativas.

Adicionalmente, também é possível verificar que a cumulatividade, característica inerente aos processos de desenvolvimento tecnológico inovador, faz com que diferentes organizações com acesso aos mesmos recursos, por vezes obtenham resultados distintos, já que a carga de aprendizado que cada uma delas acumulou no passado torna-se a base para sua capacidade de extrair o melhor possível dos recursos que estão disponíveis no tempo presente. Experiências pretéritas que geram acúmulo de conhecimento e aprendizagem são relatadas como fator que impacta diretamente o resultado obtido com os processos de inovação (COHEN; LEVINTHAL, 1990; NONAKA; TAKEUCHI, 1995; LALL, 2005).

Além de todas essas características, é possível observar que a atividade inovadora também é influenciada pelo tempo de duração do financiamento. Ou seja, atividades que recebem financiamento de longo prazo são mais propensas a desenvolver inovações que gerem resultados disruptivos advindos de pesquisa intensiva, entretanto a crescente busca por resultados de curto prazo no setor

privado desestimula o investimento nesse tipo de atividade (MAZZUCATO; SEMIENIUK, 2017).

Calmanovici (2011) e Mazzucato e Semieniuk (2017) deixam, então, explícito o importante papel do Estado no incentivo às atividades de P&D por meio do financiamento de curto, médio e longo prazo para fomentar inovações capazes de conduzir a economia à fronteira tecnológica em determinadas áreas do conhecimento, preenchendo um hiato não atendido pelo setor privado e esclarecendo a distinção e complementaridade estratégica entre as funções pública e privada no financiamento da inovação.

Nesta perspectiva, as fundações estaduais de amparo à pesquisa executam papel primordial na execução da política nacional de inovação, frequentemente representando a porta de entrada para a obtenção de fomento público à inovação nas pequenas empresas ou organizações iniciantes em atividade de PD&I. Dessa forma, identificou-se a oportunidade de analisar e descrever parte da dinâmica que engloba esse processo no estado do Ceará. Conseqüentemente, tomou-se como foco de atenção especial o financiamento público não reembolsável concedido pela FUNCAP à empresas que obtiveram projetos de inovação aprovados em seus editais públicos de subvenção econômica.

Do exposto, o presente trabalho avançou na busca por responder a seguinte questão norteadora: quais são as relações existentes entre o financiamento público no estado do Ceará, a maturidade tecnológica dos projetos financiados e o aprendizado tecnológico das organizações a eles vinculadas? Para responder este questionamento fez-se uma análise *ex post* dos resultados obtidos pelo governo cearense ao financiar atividades inovadoras e das possibilidades de melhor avaliar a eficiência desse processo. Para isso, o objetivo principal foi verificar as relações existentes entre a subvenção econômica concedida pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP, a maturidade tecnológica dos projetos financiados e o aprendizado tecnológico das organizações a eles vinculadas.

O objetivo geral foi operacionalizado por meio dos seguintes objetivos específicos: OE_1 – identificar a relação do financiamento público por meio de subvenção econômica com o aprendizado tecnológico da organização financiada;

OE_2 – descrever a influência do financiamento público na mudança tecnológica do projeto financiado e OE_3 – discriminar o vínculo do aprendizado organizacional com a mudança tecnológica.

Conforme já ressaltado, o trabalho buscou contribuir para o esclarecimento das relações existentes entre o financiamento público e a mudança tecnológica, apresentando implicações acadêmicas e gerenciais capazes de auxiliar os gestores públicos e privados a alcançarem maior efetividade no desempenho de seus papéis enquanto financiadores de projetos inovativos e, conseqüentemente, do desenvolvimento econômico local e regional.

Os recursos oriundos de subvenção econômica são um dos principais mecanismos de fomento enquadrados na modalidade de apoio financeiro direto, onde também estão incluídos os recursos reembolsáveis, capital de risco, investimento direto e recursos humanos. Outras duas modalidades de financiamento disponíveis para atividades de PD&I são o apoio financeiro indireto por meio das leis de incentivo e o fomento internacional, que contam com critérios de acesso mais restritos (LEÃO; LOURDES, 2016).

Além desta introdução, o trabalho está dividido em mais quatro partes, sendo que a segunda seção apresenta de forma detalhada as bases teóricas que sustentam a pesquisa, divididas em quatro subseções: pesquisa básica *versus* pesquisa aplicada e suas contribuições para a geração de inovação; financiamento da inovação; mudança, capacidade e maturidade tecnológica e aprendizado tecnológico organizacional. A terceira parte expõe a metodologia utilizada para obtenção e tratamento dos dados. A quarta parte aponta as análises e discussões dos resultados obtidos, enquanto a quinta parte expressa as conclusões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os fundamentos teóricos que suportam o estudo. A seguir, encontram-se explanados os quatro eixos essenciais à compreensão, a saber: pesquisa básica *versus* pesquisa aplicada e suas contribuições para a geração de inovação; financiamento da inovação; mudança, capacidade e maturidade tecnológica e aprendizado tecnológico organizacional.

2.1 PESQUISA BÁSICA *VERSUS* PESQUISA APLICADA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GERAÇÃO DE INOVAÇÃO

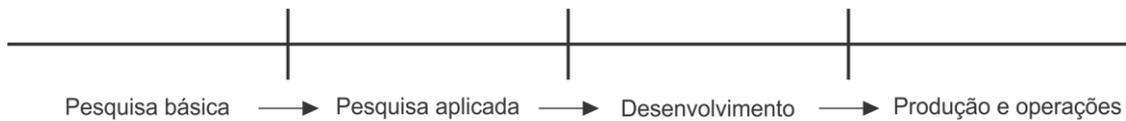
A pavimentação do caminho que leva a pesquisa básica em direção ao avanço tecnológico não é tarefa simples e nem sempre obtém sucesso. Estudos como o de Roussel, Saad e Bohlin (1991) procuraram sistematizar em linhas gerais a discussão sobre como ocorre o processo de desenvolvimento de uma nova tecnologia, os pontos críticos de atenção requeridos para que se obtenha mais chance de sucesso e os riscos inerentes ao processo que afetam a tomada de decisão dos gestores.

A noção aceita durante o período do pós-guerra de que haveria um distanciamento fundamental entre ciência e aplicação, faz com que os esforços de pesquisa pura fossem vistos como muito distantes, às vezes até dissociados da pesquisa aplicada. Tal afirmação foi mais tarde reformulada com base na constatação de que vários campos científicos surgiram com a finalidade não apenas de compreender alguns eventos da natureza mas, também de propor formas práticas de evitar ou solucionar problemas (KLINE; ROSENBERG, 1986; ROUSSEL; SAAD; BOHLIN, 1991; STOKES, 2005). Este esclarecimento da visão sobre as relações entre a pesquisa básica e a aplicação prática é de fundamental importância para a formulação de políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico que buscam pacificar a relação entre ciência e governo.

A dinâmica do fluxo que conduz o avanço científico em direção ao mercado foi amplamente analisada e divulgada sob a égide do Modelo Linear, detalhado por Kline e Rosenberg (1986) e Stokes (2005). Este modelo foi proposto com base no relatório de Vannevar Bush, publicado na década de 1960, com a

finalidade de prever o papel da ciência nos Estados Unidos após o fim da Segunda Guerra Mundial e conduziu o desenvolvimento científico americano no pós-guerra e é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - O modelo linear pesquisa-mercado



Fonte: Stokes (2005, p.27).

Segundo o modelo de Bush (1960), a pesquisa básica visa o entendimento das leis da natureza que rege o fenômeno estudado, ampliando o domínio das possibilidades e traçando a rota a ser seguida para atingir os objetivos da pesquisa aplicada com a maior eficiência. Já a pesquisa aplicada, busca realizar o possível e demonstra a viabilidade dos caminhos e métodos da aplicação prática. Por sua vez, o desenvolvimento consiste na adaptação sistemática dos achados da pesquisa aplicada em utilidades capazes de solucionar os problemas levantados (STOKES, 2005).

Stokes (2005) relata que pouco tempo depois o paradigma do modelo linear teve sua lógica invertida, constatando-se, portanto, que vários problemas tecnológicos, a despeito da necessidade de entendimento, também alimentavam o progresso científico. Kline e Rosenberg (1986, p. 288) também demonstraram alinhamento a esse pensamento ao afirmarem que “a noção de que a inovação é iniciada pela pesquisa pura é errada na maioria das vezes. Existem poucas instâncias nas quais a pesquisa pura suscita a inovação”. Estes, já baseados na ideia de que a concretização de uma inovação requer obrigatoriamente esforços de lançamento do produto no mercado, propõem um modelo sistêmico interativo que exige ações também por parte das áreas comercial e estratégica da empresa, num processo complexo e integrado de combinação de capacidades técnicas e mercadológicas.

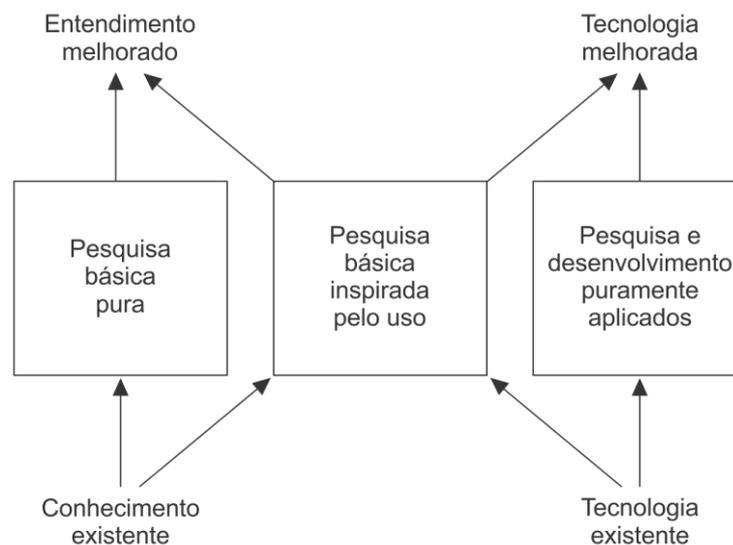
Seguindo a linha do tempo das evoluções científicas e tecnológicas mundiais, observa-se que ainda na segunda metade do Século XX foi possível observar que nações cientificamente menos desenvolvidas, como o Japão,

conseguiram obter um pujante progresso tecnológico. Essa intrigante constatação, juntamente com outras evidências já levantadas àquela época, levaram ao rompimento definitivo do paradigma do modelo linear e deram espaço ao paradigma moderno.

Ninguém mais acredita que um pesado investimento na ciência básica, pura, guiada apenas pela curiosidade, assegurará por si só a tecnologia exigida para competir na economia mundial e satisfazer toda gama de necessidades da sociedade (STOKES, 2005, p. 97).

É lançada, assim, a proposta da pesquisa básica inspirada pelo uso, que simultaneamente mescla objetivos de entendimento e aplicação, admitindo que a evolução tecnológica não depende obrigatoriamente de uma base científica consolidada. A constatação resultou na proposta do Modelo Dinâmico Revisado de desenvolvimento científico e tecnológico como ilustrado na Figura 2:

Figura 2 - O modelo dinâmico revisado



Fonte: Stokes (2005, p. 138)

A forma como interpretamos a ocorrência e estruturação das revoluções científicas está intimamente ligada aos paradigmas vividos à época em que tais mudanças são analisadas. Kuhn (2013, p. 198) afirma que “ao aprender um paradigma, o cientista adquire ao mesmo tempo uma teoria, métodos e padrões científicos, que usualmente compõem uma mistura inexplicável”.

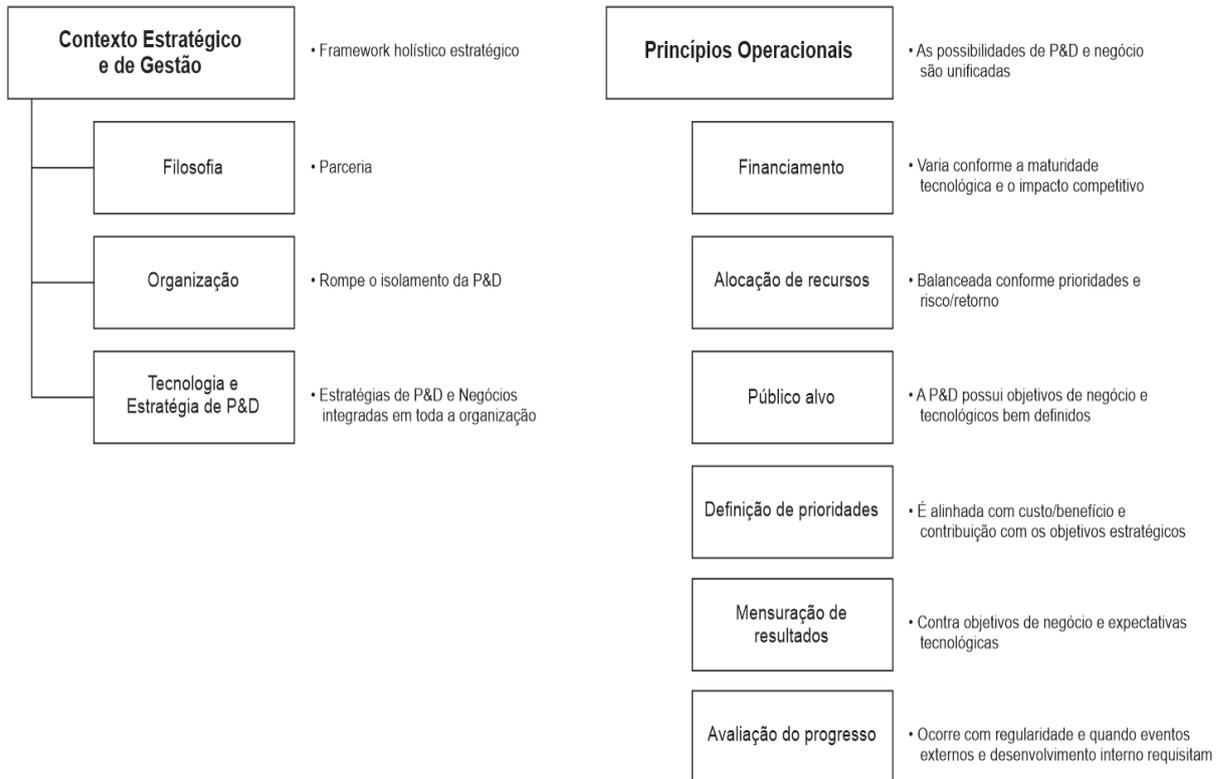
Frente à dinâmica na sistemática de evolução científica e tecnológica baseada em paradigmas, é possível questionar também a evolução das práticas de

gestão para lidar com tantas mudanças. Russel, Saad e Erickson (1991) observaram, então, que o avanço na gestão da P&D tem seguido três gerações. A primeira delas, ocorrida entre as décadas de 1950 e 1960, foi caracterizada pela falta de modelos estratégicos para gestão da tecnologia. A P&D é tomada como um custo indireto no orçamento do gerente, a alta administração participa pouco na definição de programas ou projetos, os recursos financeiros são alocados para centros de custo. Ainda assim, a avaliação dos resultados de P&D é restrita aos custos diretamente envolvidos em P&D e, no contexto operacional, as atividades de desenvolvimento tecnológico frequentemente ocorrem em caráter de sigilo, por receio de vetos oriundos dos gestores estratégicos que possam descontinuar os projetos. De forma geral, diz-se que a primeira geração é caracterizada por uma gestão de P&D intuitiva (ROUSSEL; SAAD; ERICKSON, 1991).

A segunda geração evolui no sentido de que a gestão agora reconhece a importância da inter-relação funcional na organização, lançando a semente para a criação de um modelo estratégico de gestão da P&D no qual o cliente interno é tão importante quanto o externo. Os projetos passam a ter orçamento próprio e a serem considerados nos planejamentos de longo prazo e orçamentos anuais. A gestão dos programas e projetos é profissionalizada na intenção de gerir de forma mais eficiente as complexas relações existentes na maioria dos projetos. O processo de gestão na segunda geração falha ao não considerar as atividades indiretamente relacionadas aos projetos, mas que são importantes para a organização a nível estratégico. Também ainda não há mecanismos gerenciais que permitam distinguir entre opções de investimento que envolvam a redução de custos em um projeto/negócio ou o investimento em um novo projeto/negócio (ROUSSEL; SAAD; ERICKSON, 1991).

A terceira geração, por sua vez, procura balancear e unificar as estratégias de gestão do portfólio de P&D nos níveis operacional, tático e estratégico, contribuindo para a identificação e exploração de oportunidades tecnológicas nos negócios atuais e em novos negócios. De forma geral, diz-se que a terceira geração é caracterizada por uma gestão de P&D intencional, organizada e com maior autonomia.

Figura 3 - Características da Terceira Geração da Gestão de P&D



Fonte: Roussel, Saad e Erickson (1991, p.22, tradução nossa)

O ambiente econômico competitivo, desde o final dos anos 90, já vinha exigindo inovações mais rápidas e produtos com melhor eficiência de custo, obrigando gestores de P&D a adotarem processos mais eficientes que auxiliassem na tomada de decisões assertivas quanto aos custos e resultados obtidos com a inovação. Este cenário de mudança despertou a necessidade latente de maior integração entre áreas estratégicas das empresas que trabalham com P&D, para que os planejamentos e objetivos organizacionais permitissem a obtenção de melhores desempenhos em menor tempo. Assim, as atividades de P&D aos poucos foram conquistando espaço e autonomia, começando pelas organizações estrategicamente baseadas em inovação (ROUSSEL; SAAD; BOHLIN, 1991).

Apesar de o reconhecimento da importância do desenvolvimento tecnológico para as economias mundiais já ser bastante frequente no discurso dos gestores públicos e articuladores políticos, Viotti (2008) afirma que ainda há um pensamento generalizado sobre seu enquadramento como subproduto do desenvolvimento econômico e não como um requisito para sua ocorrência. A

relevante discussão da evolução de vários fatores que podem ter contribuído para essa observação, evocaria o aprofundamento em eixos teóricos que fogem ao objetivo geral do presente trabalho, portanto cabe nesse momento voltar atenção às formas como a inovação tem sido estimulada no nosso Sistema Nacional de Inovação (SNI).

A seguir serão expostas as formas mais comumente empregadas para fomento à inovação, a despeito do aparente descompasso entre discurso e *praxis* dos diversos entes interessados na discussão suscitada pela seguinte questão: quem vem primeiro, a inovação ou o desenvolvimento econômico?

2.2 FINANCIAMENTO DA INOVAÇÃO

As iniciativas de financiamento, sejam públicas ou privadas, necessitam de um direcionamento estratégico como forma de priorizar o desenvolvimento de atividades consideradas importantes para o alcance dos objetivos pretendidos por empresas ou países. Estudos recentes como os de Prianichnikov (2013), Kerr e Nanda (2014), Szczyelski *et al* (2016) e Hong *et al* (2016) abordaram análises sobre como a ajuda financeira para inovação em países como Israel, Rússia, Estados Unidos, Turquia, Polônia e China é direcionada a áreas estratégicas, bem como apresentam algumas especificidades das políticas econômicas locais que afetam a concessão desses recursos.

Incerteza, riscos e a falta de ativos tangíveis costumam ser características muito presentes nas atividades de inovação, independente das condições estruturais da região geográfica onde são empreendidas. Tais particularidades fazem com que conseguir financiamento de fontes externas para atividades de P&D em fase inicial seja muito difícil (ARROW, 1962).

No Brasil, pesquisadores, inventores e empreendedores podem contar basicamente com três modalidades de apoio: direto, indireto e internacional. O apoio indireto é composto por iniciativas públicas nas quais o governo abdica de uma parte de sua receita fiscal para incentivar os investimentos privados em PD&I, enquanto os incentivos diretos preveem aporte de recursos financeiros diretamente em projeto contratado com finalidade específica.

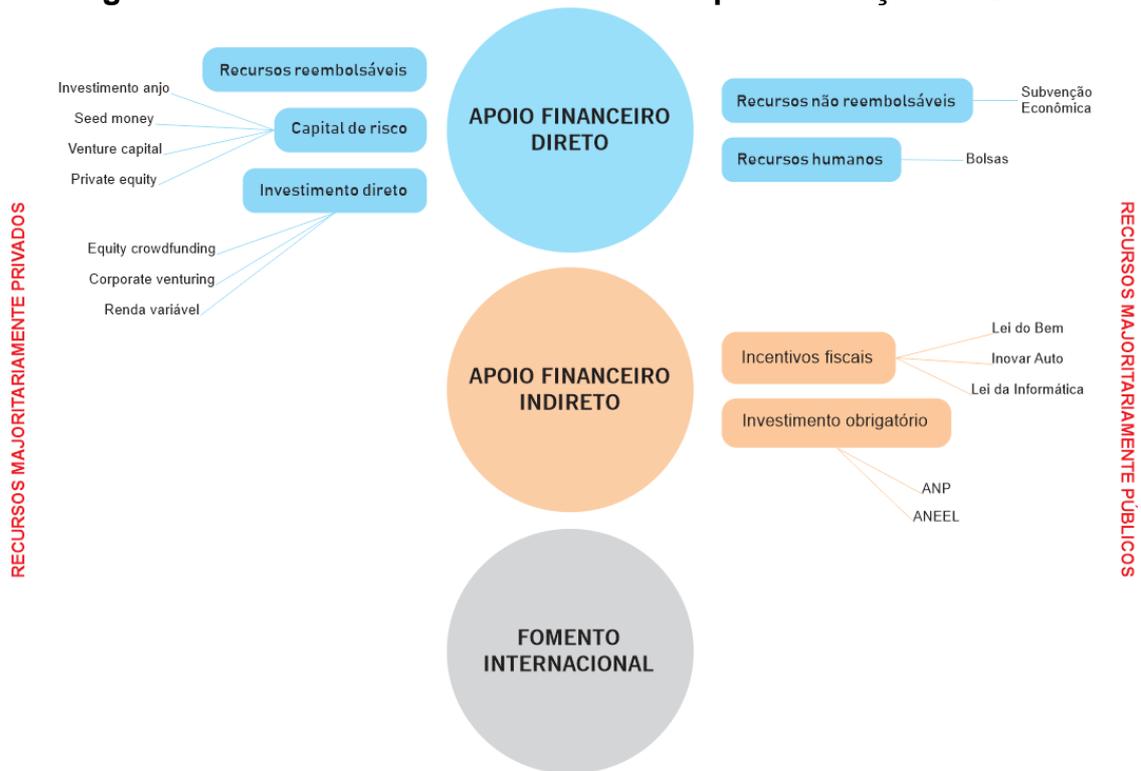
As principais medidas de apoio indireto concentram-se nas elencadas pela Lei do Bem e Lei de Informática. A primeira conta com seis mecanismos principais, sendo apenas um deles aplicável a empresas de qualquer regime tributário: não incidência de IRRF nas remessas ao exterior para manutenção de ativos de propriedade intelectual (ROCHA; SOUZA, 2016). Os demais benefícios, apesar de atrativos, exigem que as empresas beneficiárias apurem imposto de renda por lucro real, um importante fator limitador em um país com predomínio de pequenos negócios.

A Lei de Informática prevê recuperação de 70% a 100% do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de máquinas e equipamentos para P&D, desde que a empresa beneficiada comprove investir pelo menos 4% do faturamento advindo dos produtos incentivados, em atividades de PD&I na própria empresa e em instituições de pesquisa.

O Inovar Auto prevê crédito presumido de até 32% de IPI para a indústria automobilística nacional como forma de estimular o investimento em PD&I, engenharia, tecnologia industrial básica e capacitação de fornecedores.

Por sua vez, os mecanismos de apoio direto costumam ser menos limitadores. Dentre eles encontram-se os recursos reembolsáveis (de origem pública ou privada), os não-reembolsáveis (públicos, com aporte direto na empresa ou em parceria com Instituições de Ciência e Tecnologia), a formação de recursos humanos, o investimento direto privado e o capital de risco (privado).

Figura 4 - Fontes de recursos financeiros para inovação no Brasil



Fonte: Adaptado de Inventta + bgi (2016)

Uma outra opção, não menos atrativa, mas ainda com limitações de abrangência territorial e de segmentos de atuação é o fomento internacional, que não será discutido conforme o escopo do presente trabalho. Nas seções adiante, discutir-se-á detalhes mais específicos de cada uma das formas de financiamento privado e público.

2.2.1 Financiamento Privado da Inovação

Os clássicos trabalhos de Nelson (1959) e Arrow (1962) demonstraram que, sendo o conhecimento em produzir novas soluções o principal benefício resultante do processo inventivo, as empresas privadas não teriam ímpeto em investir em P&D, haja vista a dificuldade de se apropriarem desse conhecimento de forma exclusiva para manter a vantagem competitiva a longo prazo. Estes estudos acabaram demonstrando que o retorno social do investimento em P&D acaba, na maioria dos casos, sendo maior que o retorno privado, o que ocasiona a existência de uma lacuna de investimento privado em P&D, mesmo com o amplo avanço das

legislações referentes aos direitos de propriedade intelectual (NELSON, 1959; ARROW, 1962).

Hall e Lerner (2010) apontam características adicionais próprias do investimento em P&D. Eles destacam que pelo menos 50% do investimento é aplicado no custeio de salários de pessoas altamente qualificadas ou na sua formação, gerando um ativo intangível na forma de conhecimento acumulado, que é dissipado quando as pessoas deixam a organização. Uma segunda característica importante a ser considerada é que, quanto menor a maturidade do projeto, maior o nível de incerteza de seus resultados.

Para esclarecer o papel do investimento privado em relação à inovação, é necessário que façamos duas distinções básicas. Primeiramente, deve-se considerar a distinção dos objetivos do investidor interno, que investe recursos próprios em busca de avanço tecnológico para promover produtividade e competitividade ao seu negócio, dos objetivos do investidor externo, que busca retorno financeiro.

O investidor interno busca produtividade, é aquele que faz aporte financeiro de recursos próprios na atividade que ele mesmo desempenha, em busca de melhorar as condições de competitividade do negócio e possui uma expectativa muito mais ampla em relação ao retorno do investimento. Ele é mais tolerante quanto ao tempo de retorno do investimento, à incerteza do processo de mudança tecnológica e ao risco a ela inerente (HALL; LERNER, 2010).

Já o investidor externo é especulativo e busca puramente o retorno pecuniário, possui um vínculo limitado e geralmente temporário com o negócio por meio do investimento realizado através de capital de risco. Seu poder de decisão quanto ao uso do capital investido geralmente é inexistente ou muito baixo e suas expectativas resumem-se à obtenção da maior rentabilidade e taxa de juros possível, bem como liquidez em curto prazo (CHESNAIS; SAUVIAT, 2006).

Mesmo com essa distinção básica de objetivos entre os investidores privados, o setor, via de regra, é visto como dinâmico, flexível e inovador. Sua disposição em assumir os riscos inerentes aos processos de gestão da inovação parece muito mais evidente quando comparado ao setor público, que, por sua vez, é visto como pesado, paralisante e burocrático (MAZZUCATO, 2014). Entretanto, Lazonick e Mazzucato (2013) chamam atenção para a inconsistência verificável

quando comparamos as expectativas do setor privado e as características próprias da inovação, que envolve alto nível de incerteza, longo prazo de entrega de resultados, coletividade e cumulatividade.

Tais características fazem com que o financiamento da inovação pelo setor privado “ocorra nos estágios mais tardios do desenvolvimento, quando a empresa já alcançou marcos iniciais, como verificação tecnológica e primeiras vendas, e já são capazes de atrair investidores de *venture capital*” (RASMUSSEN; SORHEIM, 2012, p. 78). Brown, Fazzari e Petersen (2009), bem como Mazzucato e Semieniuk (2017), também apresentam uma discussão que aponta a existência de uma forte oposição entre os objetivos pecuniários do investimento de capital especulativo e os objetivos industriais de avanço tecnológico. Assim, o investimento do setor privado em inovação tem focado atenção intensiva no ‘lado D’ da P&D, ficando o ‘lado P’ desassistido de incentivo privado.

Constata-se, então, a evidência da existência de uma lacuna de investimento necessário para as fases iniciais do desenvolvimento tecnológico que o setor privado, à exceção dos investidores internos, não consegue atender e que, tradicionalmente, tem sido foco do setor público sob a perspectiva econômica da correção de falhas de mercado, como justificado por Chudnovsky *et al* (2017), argumento que será discutido no próximo tópico.

No contexto brasileiro, uma importante característica do sistema financeiro, apontada por Albuquerque e Sicsú (2000), que acaba por refletir na dificuldade de obtenção de financiamento privado à inovação, é a redução das poupanças com perfil de longo prazo. Esse fato torna o sistema de crédito quase inviável para as atividades de inovação, haja vista que as instituições financiadoras carregam passivos curtos, fazendo com que as taxas de juros sejam muito elevadas, dificultando a concessão de crédito de longo prazo. A deficiência estrutural do sistema de crédito brasileiro faz com que a parcela autofinanciada de recursos investidos em inovação no Brasil, durante a década de 1990, nunca tenha sido menor que 90% (ALUQUERQUE; SICSÚ, 2000). Panorama não muito animador quando comparado ao esforço e desempenho do setor público, comparando-se apenas valores financeiros.

Quanto às formas de incentivo, os principais mecanismos privados de incentivo à inovação no país são compostos pelo apoio financeiro direto através de recursos reembolsáveis, capital de risco e investimento direto. Os recursos reembolsáveis são disponibilizados por meio de empréstimo com condições de carência, encargos e amortização de acordo com as políticas específicas das instituições credoras. Costumam ser aplicados mais na fase final de desenvolvimento, como suporte à introdução mercadológica das inovações (quando já é possível demonstrar alguma viabilidade comercial da tecnologia), demonstrando um pouco da incompatibilidade desse tipo de fomento com o risco inerente às atividades iniciais de desenvolvimento (ROCHA; SOUZA, 2016).

Sob outra ótica, Luna, Moreira e Gonçalves (2008) concordam com as dificuldades existentes no financiamento privado para atividade de inovação, entretanto ao analisarem a situação do uso das fontes de financiamento para PD&I no Brasil a partir de dados fornecidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) para o ano de 2003, abordam um cenário distinto que demonstra que as firmas buscam financiamento preferencialmente através de recursos próprios, como demonstrado na Tabela 1. Ao evoluir a descrição do cenário os autores verificam que as empresas de pequeno porte iniciam as atividades com pouco acesso a recursos públicos, entretanto tal participação aumenta conforme as firmas crescem, enquanto o autofinanciamento demonstra comportamento inversamente proporcional.

Tabela 1- Fontes de financiamento das atividades de P&D e das demais atividades de inovação, segundo porte da firma, em percentual – 2003

Porte da firma por faixa de Pessoal Ocupado	Financiamento das atividades de P&D (%)			Financiamento das demais atividades (%)		
	Recursos próprios	Recursos privados de terceiros	Recursos públicos	Recursos próprios	Recursos privados de terceiros	Recursos públicos
De 10 a 29	93	6	1	73	16	10
De 30 a 49	97	-	3	67	15	17
De 50 a 99	98	1	1	71	12	17
De 100 a 249	91	2	7	66	21	13
De 250 a 499	95	-	4	80	7	13
Com 500 e mais	89	6	5	82	5	13
TOTAL	90	5	5	78	8	14

Fonte: Luna, Moreira e Gonçalves (2008), com dados do MCTI.

O cenário descrito na Tabela 1 não permite inferências sobre o uso e aplicação dos recursos conforme áreas temáticas, objetivos da tecnologia ou seu

estágio de desenvolvimento. Portanto, este trabalho seguirá suas análises sob a lente da literatura neoschumpeteriana e da lógica econômica das falhas de mercado, que tomam o financiamento público como primordial aos processos iniciais de desenvolvimento de PD&I (como melhor discutido no próximo tópico) e o financiamento privado como mais aplicável aos estágios mais avançados de maturidade tecnológica.

2.2.2 Financiamento Público da Inovação

Uma política de longo prazo que considere a inovação como prioridade, deve identificar os potenciais nacionais e alinhá-los com o empenho em ciência e tecnologia necessários para alavancar o avanço econômico de forma ampla. Todo o esforço necessário para culminar em resultados econômicos satisfatórios, inicia-se com o estímulo de uma cultura de inovação, que a nível mais micro significa apoiar as atividades de P&D desenvolvidas nas empresas e universidades (CALMANOVICI, 2011).

Como dito por Calmanovici (2011), as duas últimas edições da Pintec (IBGE, 2008; 2010) demonstraram um aumento no investimento em PD&I pela indústria brasileira. Entretanto, é possível observar que a maior parte desse desembolso teve o objetivo de adquirir tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos, demonstrando uma alarmante tendência à importação tecnológica. Se retomarmos as observações de Bell e Pavitt (1995), poderemos constatar que essa tendência representa uma preocupação válida para o planejamento da política tecnológica nacional, haja vista que a tendência de priorização da importação, que já vem ocorrendo, não garante o pleno desenvolvimento de uma estratégia de *catching up* adequadamente eficiente.

As duas últimas edições da Pintec (IBGE, 2008; 2010) apresentaram um aumento no investimento em PD&I pela indústria brasileira. Entretanto, é possível observar que a maior parte desse desembolso teve o objetivo de adquirir tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos, demonstrando uma alarmante tendência à importação tecnológica. Se retomarmos as observações de Bell e Pavitt (1995), poderemos constatar que essa tendência representa uma preocupação válida para o

planejamento da política tecnológica nacional, haja vista que a tendência de priorização da importação, que já vem ocorrendo, não garante o pleno desenvolvimento de uma estratégia de *catching up* adequadamente eficiente.

As atividades de desenvolvimento próprio são essenciais para a condução de uma economia competitiva em direção à fronteira tecnológica em suas áreas prioritárias. O Brasil já tem demonstrado preocupação com a regulamentação necessária ao desenvolvimento e consolidação de seu ecossistema de inovação para suportar esse avanço. A recente reforma do marco legal de CT&I representa uma importante medida, mas que necessita de regulamentação adequada para que os resultados sejam sentidos na economia. Dois dos seus principais dispositivos, a Lei da Inovação e a Lei do Bem, possuem respectivamente o objetivo de acelerar que os benefícios do desenvolvimento acadêmico sejam apropriados pelo setor produtivo e a concessão de incentivos fiscais a pessoas jurídicas que realizam pesquisa e desenvolvimento tecnológico, gerando notáveis benefícios já que

a Lei de Inovação refletiu a necessidade do Brasil de possuir dispositivos legais eficientes que contribuíssem para o delineamento de um cenário favorável ao desenvolvimento científico e tecnológico e ao incentivo à inovação (LEÃO; LOURDES, 2016, p. 436).

a Lei do Bem previu a possibilidade de aplicação de recursos públicos não reembolsáveis (que não precisam ser devolvidos), via subvenção da remuneração de mestres e doutores, diretamente em empresas públicas ou privadas que desenvolvam projetos de inovação estratégicos para o país (LEÃO; LOURDES, 2016, p. 468).

A despeito do esforço empreendido para a criação de um ambiente regulamentar adequado, há no Brasil uma deturpada visão do estado como ineficiente e incapaz de ser inovador, fazendo com que, não apenas julguemos sua eficiência com base nos fatores errados, mas também que atribuamos ao setor público uma carga de culpa desproporcional. A incoerência inicia-se ao compararmos os retornos do capital de risco público com o privado, desconsiderando que o primeiro é muito mais tolerante às características do processo de inovação, altamente rejeitadas pelo setor privado (MAZZUCATO, 2014).

Esta constatação conduz Mazzucato (2014) a concluir que o Estado tem sido pávido ao defender ou demonstrar seu papel e posição em relação ao financiamento da inovação. Essa falta de atitude tem feito com que o setor público, além de não assumir os méritos pelos grandes esforços que tem feito, aceite

tacitamente a culpa por falhas mercadológicas que não estão sob sua alçada. É, assim, reforçada a visão do Estado como responsável por atuar no financiamento à pesquisa básica, assumindo todos os riscos deste processo e, ainda, sendo o culpado por não corrigir eficientemente as falhas do mercado.

Contrariamente a essa ideia de comportamento passivo do Estado, Mazzucato (2014, p. 50) ainda argumenta que deveriam ser classificadas como mitológicas as alegações neoclássicas de que o setor público precisa

“dar um empurrãozinho” no setor privado na direção correta; que os créditos fiscais funcionarão porque o empresariado está ansioso para investir em inovação; que a remoção de obstáculos e a regulação é necessária; que as pequenas empresas, simplesmente por causa de seu tamanho, são mais flexíveis e empreendedoras e deveriam receber apoio direto e indireto.

A necessidade do Estado parece estar mais associada a assumir seu papel e ser visto como empreendedor, já que o setor privado, na grande parte dos casos, apenas consegue desenvolver novos mercados, após o desbravamento inicial feito pelo Estado, ao investir nos recursos básicos necessários que futuramente permitirão sua posterior exploração. Assim, a visão do Estado como empreendedor promove que o investimento governamental seja encarado como o motor por trás das chamadas Tecnologias de Propósito Geral (TPG), que possuem três características básicas: espalham-se por vários setores, melhoram com o tempo e facilitam a geração de inovação. Exemplos dessas tecnologias são a internet, a energia nuclear, o sistema de produção em massa e, acredita-se atualmente, que a nanotecnologia seja a próxima TPG (MAZZUCATO, 2014).

Com tais acepções, é possível afirmar que o empreendedorismo atribuído ao setor público, neste caso, é exatamente justificado por sua disposição em abrir caminho e realizar investimentos pioneiros em áreas não inicialmente vislumbradas pelo setor privado, mas com grande potencial de gerarem tecnologias que posteriormente serão a base para o desenvolvimento de inovações que irão movimentar a economia. Seria, então, de grande valia para desfazer a noção do ‘peso do Estado’, que o mercado assumisse a concepção de que o esforço do poder público em investir no ‘lado P’ da P&D é exatamente o que possibilita e abre caminho para seu futuro investimento especulativo no ‘lado D’. Evidencia-se, desta forma, o papel complementar das esferas pública e privada para o desenvolvimento econômico através da inovação.

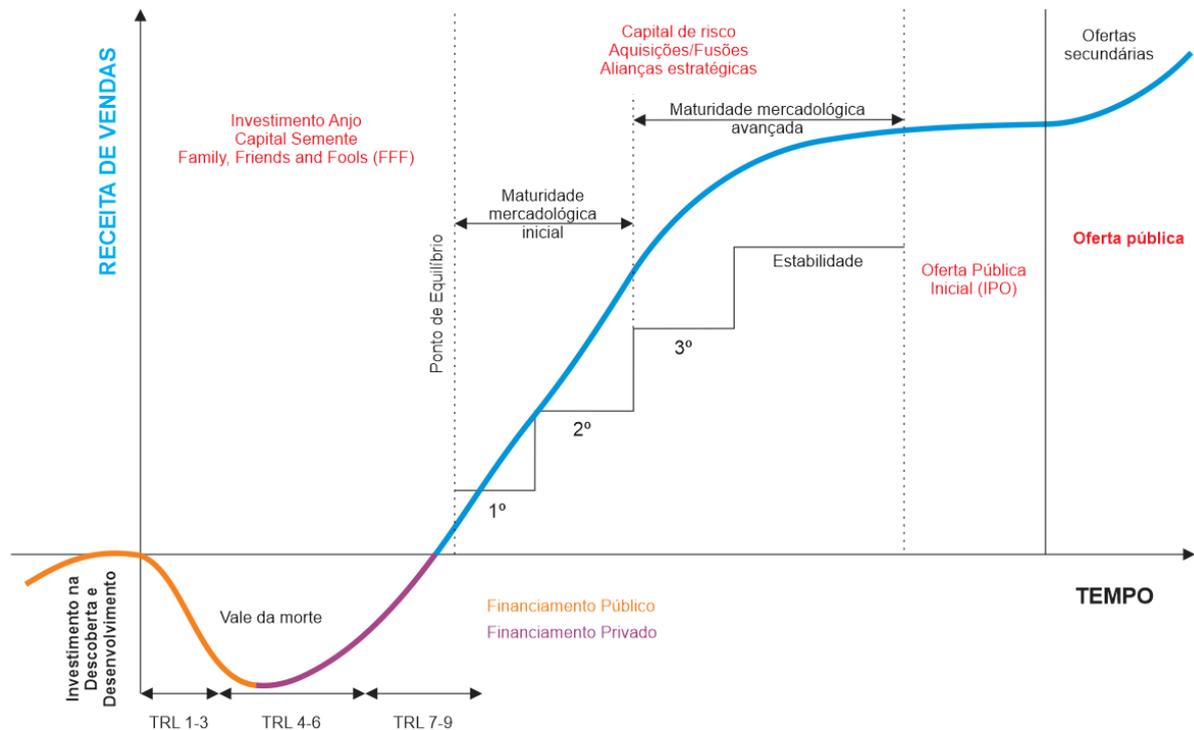
No Brasil, o cenário legal para quem busca incentivos financeiros para o desempenho de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) é bem regulamentado. As chamadas Lei da Inovação, Lei do Bem e o novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação preveem uma série de mecanismos de incentivo para iniciativas de diversos setores e atividades da economia. Bueno e Torkomian (2014, p. 141), apontam três categorias de apoio financeiro existentes:

financiamento não reembolsável: apoio financeiro de aplicação de recursos públicos diretamente em empresas visando compartilhar os custos e riscos inerentes às atividades de PD&I; financiamento reembolsável: é a forma mais tradicional de fomento ao desenvolvimento tecnológico, apresentando condições vantajosas de encargos, prazos de amortização e carência; e incentivos fiscais: concessão de benefícios ou isenções fiscais para empresas que realizam projetos de PD&I por conta própria ou mediante cooperação com ICT.

Hall e Lerner (2010) apontam três principais razões para a existência de um vazio entre o investimento em P&D de origem interna e externa: assimetria de informações entre o inventor/empreendedor e o investidor; risco moral associado ao inventor/empreendedor por conta da distinção entre propriedade e gestão; e distinção fiscal entre o investimento interno e o externo.

Também conhecido como 'vale da morte', como ilustrado por Branscomb e Auerswald (2003), a lacuna de investimento existente entre as fases de descoberta e lançamento comercial de uma solução no mercado representa um desafio a ser superado pelas economias mundiais que visam o crescimento sustentado. "Compreender a transição da invenção para inovação é essencial para a formulação, tanto de políticas públicas, quanto de estratégias empresariais que convertam de forma mais eficiente os ativos nacionais de pesquisas em ativos econômicos" (AUERSWALD; BRANSCOMB, 2003, p. 227, tradução nossa).

Figura 5 - Estágios de desenvolvimento tecnológico, mercadológico e mecanismos de financiamento



Fonte: Adaptado de EARTO (2014, p.11)

A Figura 5 expressa uma situação hipotética de desenvolvimento tecnológico no cenário europeu como proposto pelo relatório da EARTO (2014) e, apesar de não ser recomendado interpretá-la de forma isolada, é uma boa ilustração da trajetória de desenvolvimento vivida por muitas tecnologias e empresas. O cenário permite visualizar que na fase inicial de descoberta e desenvolvimento tecnológico os recursos públicos são mais pujantes, ao tempo em que os recursos privados estão mais concentrados na fase final de maturidade. A imagem também ilustra as opções de financiamento privado disponíveis após o lançamento comercial da tecnologia conforme o passar do tempo e aumento de sua maturidade mercadológica. Um grande estrangulamento ocorre devido ao fato de que, na maior parte dos casos, a transição entre os investimentos público e privado não se dá de forma gradual, fazendo com que o vale da morte ainda seja um grande desafio, inclusive no cenário nacional.

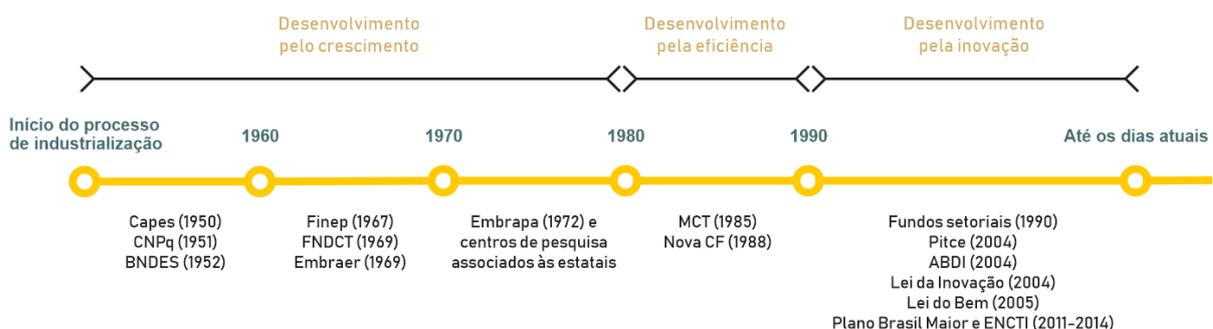
Uma importante característica do sistema financeiro brasileiro, indicada por Albuquerque e Sicsú (2000), que acaba por refletir na dificuldade de obtenção de financiamento privado à inovação, é a redução das poupanças com perfil de longo

prazo. Fato que torna o sistema de crédito inviável para as atividades de inovação, haja vista que as instituições financiadoras carregam passivos curtos. O cenário é representativo das fragilidades estruturais do País, o que nos leva a resgatar um pouco dos esforços políticos e econômicos brasileiros em busca de maior compreensão sobre o que já foi feito e o que ainda pode ser melhorado no apoio à inovação brasileira.

A vocação das políticas públicas de financiamento à inovação no Brasil ainda está bastante alinhada com a premissa da correção de falhas de mercado, na intenção de apoiar atividades consideradas importantes para o desenvolvimento tecnológico do país, mas que tem despertado pouco ou nenhum interesse no setor privado (SZCZYELSKI *et al*, 2016; CHUDNOVSKY *et al*, 2017). Leão e Lourdes (2016) apresentam o histórico do fomento público à inovação no Brasil dividido em três fases.

A primeira delas, desenvolvimento pelo crescimento, foi iniciada na década de 1950 e marcada por um modelo linear, no qual o setor produtivo usava as tecnologias geradas por universidades e centros de pesquisa. Na primeira fase, o esforço político visava a substituição de importações. Em seguida, a segunda fase foi marcada por um desenvolvimento pela eficiência, que teve seu auge durante os anos 80, com o início da concessão de incentivos fiscais e subvenções, a fim de cumprir o novo texto constitucional que incluiu o desenvolvimento científico e tecnológico como uma das diretrizes fundamentais do País. Por fim, a terceira fase foi evidenciada por um desenvolvimento pela inovação, ocorrido na década de 90, que contou com a criação dos fundos setoriais de ciência e tecnologia.

Figura 6 - Fases do fomento público à inovação no Brasil



Fonte: Leão e Lourdes (2016).

Estas fases de fomento foram nacionalmente conduzidas por meio das políticas de importantes instituições governamentais, como os Ministérios da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e da Educação e Cultura (MEC).

Partindo do pressuposto embasado pela literatura de referência de que, com uma maior disponibilidade de recursos financeiros, a empresa que visa o desenvolvimento de projetos de PD&I buscará primordialmente a aquisição de competências e conhecimentos que projetem sua capacidade rumo à fronteira tecnológica, elaboramos as hipóteses 1 e 2 que foram testadas pela presente pesquisa:

H₁: o financiamento da inovação influencia positivamente o aprendizado organizacional.

H₂: o financiamento da inovação influencia positivamente a mudança tecnológica.

2.2.3 A Política Brasileira de Financiamento à Inovação

Uma política de longo prazo que considere a inovação como prioridade, deve identificar os potenciais nacionais e alinhá-los com o empenho em ciência e tecnologia necessários para alavancar o avanço econômico de forma ampla. Todo o esforço necessário para culminar em resultados econômicos satisfatórios, inicia-se com o estímulo de uma cultura de inovação, que a nível mais micro significa apoiar as atividades de P&D desenvolvidas nas empresas e universidades (CALMANOVICI, 2011).

As atividades de desenvolvimento próprio são essenciais para a condução de uma economia competitiva em direção à fronteira tecnológica em suas áreas prioritárias. O Brasil já tem demonstrado preocupação com a regulamentação necessária ao desenvolvimento e consolidação de seu ecossistema de inovação para suportar esse avanço. Como exposto anteriormente, apesar da evolução da visão sobre a sistemática do desenvolvimento tecnológico de uma nação, Costa, Szapiro e Cassiolato (2013) afirmam que a política brasileira de apoio às atividades de PD&I ainda seguem o paradigma linear. Ou seja, as ações do poder público tem

sido executadas de maneira a fomentar mais intensivamente a pesquisa básica, numa possível esperança de que as invenções evoluam para a fase de desenvolvimento e, então, cheguem a uma maturidade suficiente para alcançar o mercado e gerar benefícios à sociedade.

Com a promulgação e regulamentação da Lei da Inovação e Lei do Bem, os mecanismos de fomento por meio de subvenção econômica passaram a ser admitidos do Sistema Nacional de Inovação (SNI) em duas situações: por temas prioritários, quando certas atividades não são de interesse do setor privado e por meios prioritários, quando o setor privado tem interesse, mas há impossibilidades de fatores de mercado como impedimento.

Os instrumentos de fomento à inovação por meio de subvenção econômica representam no Brasil uma das principais fontes de recurso para a inovação. O mecanismo pode ser utilizado de forma discricionária, portanto, é capaz de ter sua aplicação alinhada com políticas específicas com a finalidade de desenvolver prioritariamente áreas e setores de interesse estratégico.

A principal característica da subvenção é ser um instrumento não-reembolsável, ou seja, um instrumento que não requer retorno dos recursos ao órgão concedente. Contudo, destaca-se que existe compartilhamento dos riscos do projeto entre estado e empresas, na medida em que estas devem apresentar contrapartida. Outro aspecto relevante que caracteriza o instrumento é o fato de não haver necessidade das empresas apresentarem garantia para receber os recursos (COSTA; SZAPIRO; CASSIOLATO, 2013, p. 1).

No Brasil a subvenção econômica foi instituída a nível federal em 2001 pela Lei nº 10.332, que previa apoio à empresas que possuíssem projetos de desenvolvimento tecnológico vinculados ao Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) ou ao Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário (PDTA). Em 2005 com a promulgação do Lei do Bem, a subvenção passou a ter possibilidade de concessão a empresas de qualquer porte, com reserva mínima de 20% dos recursos para micro e pequenas empresas, deixando de exigir o vínculo da proponente com o PDTI e PDTA. O início de sua operacionalização deu-se a partir de 2006 sob alçada da Financiadora de Estudos e Pesquisas (FINEP).

Os recursos não reembolsáveis, constituem portanto, uma forma de apoio financeiro a organizações para a realização de projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, também para a realização de estudos, eventos e

seminários voltados ao intercâmbio de conhecimento entre pesquisadores. Esses recursos estão disponibilizados como subvenção econômica ou apoio direto a projetos cooperativos entre ICTs e empresas provenientes de diversas instituições de fomento à inovação, tais como o BNDES, a FINEP, a EMBRAPA e o SENAI. No âmbito estadual, tais recursos são disponibilizados por meio de mecanismos específicos, geralmente operados pelas Fundações de Amparo à Pesquisa (FAP) de cada estado.

Nesta perspectiva, em que as FAP estaduais assumem o desafio de executar localmente parte essencial da política nacional de inovação, funcionando, muitas vezes, como porta de entrada para a obtenção de fomento público à inovação para as pequenas empresas ou organizações iniciantes em atividade de PD&I, o presente estudo identificou a oportunidade de analisar e descrever parte da dinâmica que engloba esse processo no Estado do Ceará.

2.3 MUDANÇA, CAPACIDADE E MATURIDADE TECNOLÓGICA

Antes de adentrarmos na análise dos conceitos e processos envolvidos na evolução de uma tecnologia, vale a pena ressaltar as pertinentes observações de Bell e Pavitt (1995), que alertam para o fato de que a dinâmica da eficiência produtiva de uma nação não pode ser aumentada apenas com a aquisição de maquinário tecnologicamente melhorado e a respectiva habilidade operacional fornecida por um país mais desenvolvido. Essa eficiência depende muito mais da capacidade interna de gerar e gerir a mudança das tecnologias empregadas na produção, o que acaba representando dois problemas fundamentais para as economias em desenvolvimento. O primeiro deles, de gestão, já que o aumento de capacidade interna exige investimentos deliberados, o segundo de política, visto que o investimento necessita de taxas de retorno socialmente eficientes (BELL; PAVITT, 1995).

Ao longo dessa seção, explicar-se-á como se dá a mudança tecnológica, de que forma seus processos impactam na capacidade tecnológica e as diferentes maneiras existentes para mensurar a maturidade tecnológica de um projeto, invento ou organização.

2.3.1 O Modelo Tradicional de Mudança Técnica

Até o final do século XIX, as abordagens econômicas clássica e neoclássica conduziram o entendimento sobre a relação da tecnologia com a atividade produtiva e o avanço econômico. As duas lentes teóricas tinham foco de interesse distintos, mas são importantes para a compreensão do papel da tecnologia no processo de crescimento econômico.

A visão Marxista, que representa a abordagem clássica, “considera a tecnologia um elemento endógeno presente nas relações produtivas e na valorização do capital” (TIGRE, 2014, p. 22). Nesse paradigma, a inovação tecnológica era considerada uma estratégia válida para obter um monopólio temporário de uma técnica ou produto, o que proporcionava margens de lucro superiores à concorrência, visto que os preços não eram reduzidos no curto prazo. A abordagem neoclássica, por sua vez, muda o foco da análise para a relação entre os agentes econômicos, negligenciando o papel da tecnologia no crescimento econômico, já que não preocupa-se em observar o funcionamento interno da empresa. Segundo o paradigma neoclássico,

a tecnologia é considerada exógena à empresa, ou seja, constitui um fator de produção que pode ser adquirido no mercado por meio da compra de bens de capital ou via contratação de trabalhadores especializados (TIGRE, 2014, p. 29).

Comparando as duas abordagens econômicas anteriormente citadas com o modelo tradicional de mudança técnica, definido como o tipo de tecnologia prontamente disponível para transferência entre organizações e localidades, percebe-se um evidente alinhamento do modelo com as premissas neoclássicas. Como mencionado por Tigre (2014), ainda que as duas abordagens tenham sido propostas contemporaneamente, não levou muito tempo para notar a incoerência das premissas neoclássicas com a real complexidade da tecnologia no século XX. Ou seja, considerar apenas a informação codificada e os bens de capital não era mais suficiente para abarcar a total complexidade inerente a uma tecnologia, assim sendo, algo mais precisava ser incorporado ao modelo.

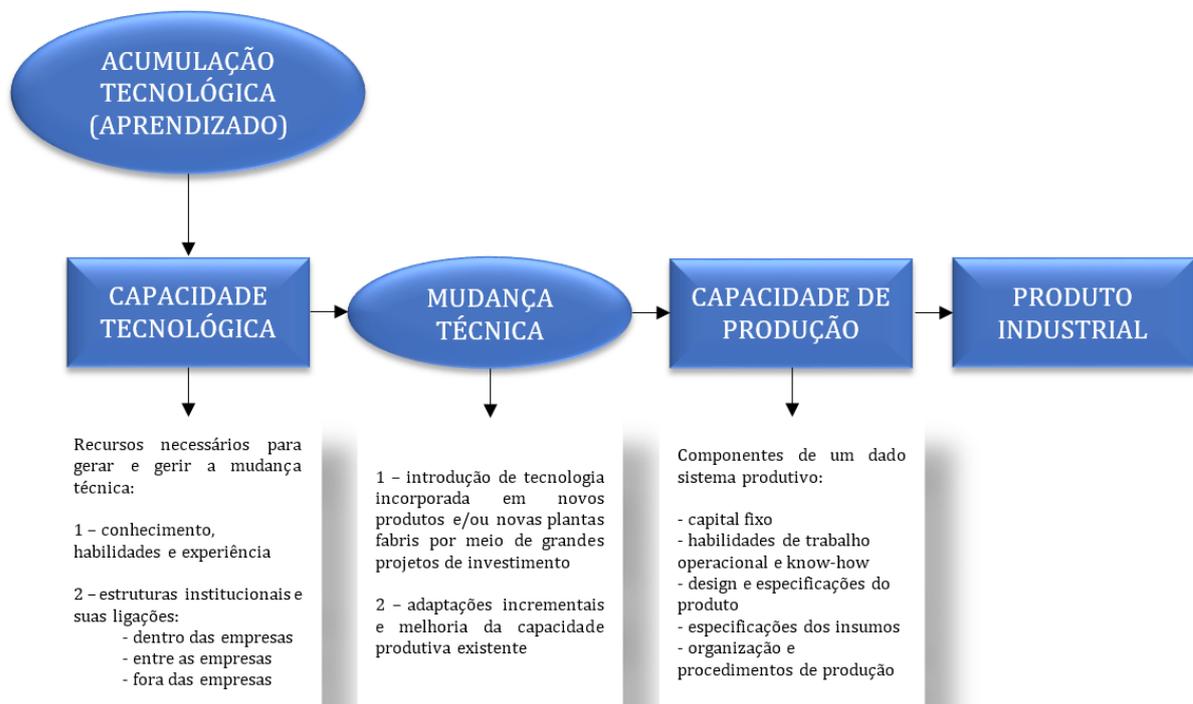
2.3.2 A Influência da Acumulação Tecnológica na Mudança Técnica

Considerando a visão marxista a respeito da endogenia da tecnologia para a operação das empresas, a mudança tecnológica é tida como base para o aumento da produtividade. Nessa perspectiva, a tecnologia não está livremente disponível no mercado, nem advém apenas de melhorias incrementais internas, mas sim representa uma função dessas duas dimensões com uma determinada quantidade de conhecimento científico apreendido pelas empresas com maior capacidade técnica e financeira de fazer nova aplicação desse aprendizado (TIGRE, 2014). A dinâmica de complexidade inerente ao processo de desenvolvimento tecnológico, acaba, portanto, afetando diretamente a forma como esses aspectos podem ser mensurados.

Guardadas as limitações da aplicação do pensamento de Marx para as teorias empresariais, a ideia central por ele desenvolvida a respeito do papel econômico da tecnologia foi amplamente desenvolvida na seminal obra de um dos mais notáveis economistas da primeira metade do século XX, o austríaco Joseph Schumpeter (1934; 1997). Suas avaliações a respeito dos ciclos econômicos e da importância da inovação como motor da economia capitalista proporcionaram um novo olhar para as teorias econômicas de sua época, requerendo, a partir de então, a aplicação de sistemas dinâmicos não lineares para formalizar parte de suas contribuições teóricas a respeito do entrelaçamento entre as questões econômicas, sociais e tecnológicas por ele levantadas. Assim, faz-se necessário uma visão um pouco mais ampla para a compreensão da mudança técnica.

O algo a mais não abordado pelo modelo tradicional da mudança técnica, pode ser ilustrado por meio do reconhecido *framework* analítico da geração de inovação proposto por Bell e Pavitt (1995), no qual a acumulação e a capacidade tecnológica precisam ser consideradas como construtos formativos prévios à mudança técnica, como exposto na Figura 7.

Figura 7 - Acumulação Tecnológica: conceitos e termos básicos



Fonte: Bell e Pavitt (1995, p. 78, tradução nossa)

O modelo de Bell e Pavitt (1995) foi proposto sob a abordagem da Visão Baseada em Recursos (VBR) ou *Resource Based View (RBV)*, desenvolvida por Penrose (1959) que, de certa forma, influenciou a lógica evolucionista neoschumpeteriana de Nelson; Winter (1982), Dosi (1988) e outros. Sob essa lente teórica, a capacidade tecnológica é definida pelos recursos necessários para gerar e gerir a mudança técnica, sendo sua natureza difusa, cumulativa, intrínseca à empresa ou localidade onde é encontrada, incorporada às pessoas e aos sistemas organizacionais (FIGUEIREDO, 2005).

Nesse contexto, as fontes de capacidade tecnológica nas economias industrializadas vão diferir conforme o setor produtivo e podem ser segmentadas, em cinco categorias. A primeira delas é a das empresas dominadas por fornecedores, que veem a maior parte da mudança técnica advir dos fornecedores. A segunda categoria trata das empresas intensivas em escala, nas quais a fonte de mudança técnica é originada da engenharia e experiência de produção, bem como dos fornecedores. Na terceira categoria estão contidas as empresas intensivas em

informação, as quais têm como principais fontes de mudança técnica a experiência operacional e os fornecedores de sistemas de informação. A quarta categoria engloba as empresas baseadas em ciência, que possuem nos laboratórios de P&D e nas pesquisas acadêmicas sua principal fonte de mudança técnica. Por fim, a quinta categoria é representada pelas empresas fornecedoras especializadas, que fornecem insumos para complexos sistemas produtivos e tem como fonte de mudança técnica o desenho, a construção e o próprio uso que seus clientes dão aos equipamentos por elas fornecidos (BELL; PAVITT, 1995).

Tais reflexões, acabam por fundamentar a dedução de que a acumulação de capacidades tecnológicas, apesar de isoladamente não garantir que a mudança técnica ocorra, é uma de suas condições primordiais.

2.3.3 Maturidade Tecnológica

A acumulação de capacidades tecnológicas em economias em desenvolvimento foi objeto de estudo de uma diversidade de pesquisadores que publicaram trabalhos teóricos e empíricos sobre o tema a partir da década de 1980 (BELL, 1984, 2006; DAHLMAN; FONSECA, 1987; KATZ, 1987; PAVITT, 1993; KIM, 1997; DUTRÈNIT, 2000; FIGUEIREDO, 2005). Tais estudos, de forma geral, visaram destrinchar aspectos relacionados à forma como ocorre a mudança tecnológica em países de industrialização tardia, observadas as conclusões da Visão Baseada em Recursos (VBR), de que as competências e os recursos internos afetam diretamente a capacidade tecnológica, mas são distribuídos de forma heterogênea entre as empresas (EISENHARDT; MARTIN, 2000).

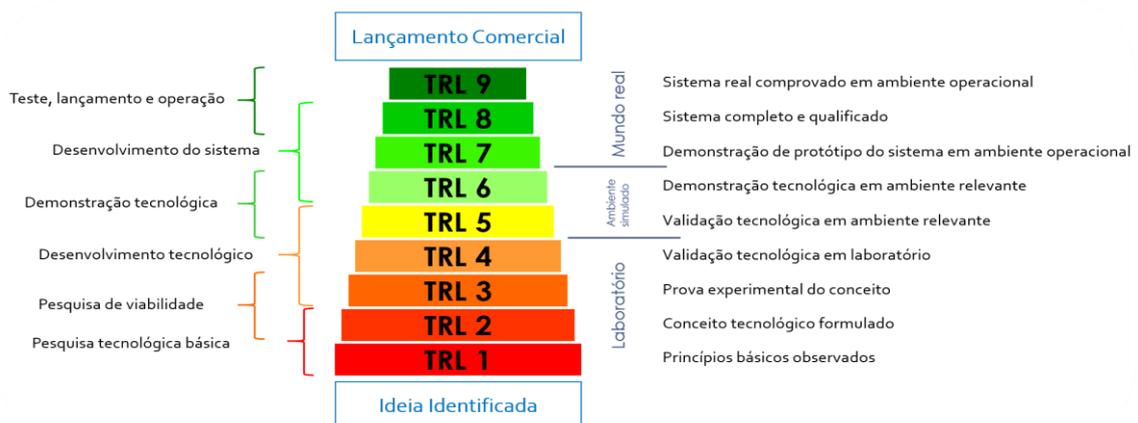
Preocupações relacionadas a como garantir que as tecnologias necessárias para o desenvolvimento de uma indústria competitiva cheguem ao mercado no tempo certo, passaram a ser tratadas como prioridade. Algumas economias consideradas menos desenvolvidas conseguiram obter rápido avanço rumo à fronteira tecnológica, em setores produtivos importantes, por meio de engenharia reversa ou imitação das tecnologias desenvolvidas em países que lideravam a corrida. Entretanto, logo percebeu-se que a imitação não era suficiente para sustentar o desenvolvimento industrial a longo prazo (KIM; NELSON, 2005).

Reduzindo o foco de análise para o desenvolvimento de uma tecnologia em particular, Mankins (2009) aponta a existência de três grandes desafios a serem equacionados em qualquer programa de P&D: performance, cronograma e orçamento. Essa tríade de requisitos baliza as decisões do gestor do programa ou projeto durante todo o ciclo de vida do desenvolvimento.

O tempo e os riscos envolvidos no desenvolvimento de uma tecnologia, considerando o paradigma dinâmico das capacidades tecnológicas, pode variar de formas diferentes a depender do ambiente local onde está sendo empreendido. Lançar mão de métodos ou ferramentas que auxiliem na mensuração e previsão desses fatores, pode ser de grande valia para a decisão do gestor em avançar ou recuar nas etapas de desenvolvimento e, até mesmo, em desistir do projeto, caso verifique uma inviabilidade grave (LALL, 2005; MANKINS, 2009).

Algumas ferramentas são utilizadas a nível gerencial com o intuito de auxiliar na avaliação da maturidade tecnológica de soluções em desenvolvimento, dentre elas a *Technology Readiness Levels (TRL)*, escala desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, agência espacial americana, originalmente aplicada na mensuração da prontidão tecnológica de seus projetos. Como constatado por Conrow (2009) e Tomaschek *et al* (2016), há algum tempo a *TRL* tem sido aplicada e adaptada para uso além das aplicações espaciais com a finalidade de indicar quando uma tecnologia está pronta para ser utilizada e comercializada. A escala metrifica o progresso de uma tecnologia em nove níveis desde a pesquisa básica até o seu total funcionamento e operação.

Figura 8 - Visão geral da escala Technology Readiness Levels (TRL)



Fonte: Adaptado da NBR ISO 16290 (2015).

A Associação Europeia de Organizações de Pesquisa e Tecnologia (EARTO) “acredita que a escala TRL pode adicionar valor ao mensurar a elegibilidade dos projetos de inovação com base na maturidade. Entretanto as análises mostram que a escala TRL requer adaptação antes de seu uso em um contexto específico. O contexto do Horizonte 2020 não é uma exceção” (EARTO, 2014). A Associação destaca a utilidade da ferramenta no monitoramento do impacto do vale da morte no contexto específico em que está sendo utilizada e chama atenção para a necessidade de cuidado extra com as funções de produção e tecnologias produtivas necessárias para atender ao mercado de forma satisfatória. Evidenciando que, por si só, o sucesso no desenvolvimento e validação tecnológica não são garantia de bom desempenho comercial. Os processos produtivos internos, infraestrutura de produção, cadeia de fornecimento de matérias primas, logística, marketing, são alguns dos fatores que também necessitam de atenção paralelamente ao desenvolvimento tecnológico em si.

Assim, a escala já foi adaptada e é utilizada, por exemplo, nos departamentos americanos de saúde e serviços humanos (HHS), energia (DoE) e defesa (DoD) com vocabulário ajustado e descrição dos níveis adequada aos contextos específicos de aplicação. Seu uso como ferramenta auxiliar de políticas de financiamento tem sido colocado em prática desde 2014 pelo Horizonte 2020, programa europeu de apoio financeiro à atividades de inovação que objetiva aportar cerca de €80 bilhões em subvenções para estimular a competitividade global da união europeia.

Com a grande adesão obtida pela *TRL* em vários setores de atividade, inclusive no Brasil, em 2013 a *International Organization for Standardization (ISO)* editou uma norma técnica brasileira visando padronizar a definição dos níveis de maturidade e seus critérios de avaliação. Embora a norma priorize as aplicações espaciais, admite em seu texto que a escala pode ser utilizada em domínios mais amplos. Assim sendo, define como primeiro passo para avaliar a maturidade de um projeto, a identificação do elemento que será mensurado, que pode ser componente de um sistema maior. O passo seguinte é a definição dos requisitos de desempenho do componente em cada nível da escala, que tem sua descrição especificada no Quadro 1.

Quadro 1 - Resumo da escala TRL - marcos e resultados (Continua)

NÍVEL DE MATURIDADE DA TECNOLOGIA	MARCO ALCANÇADO PELO ELEMENTO	TRABALHO REALIZADO (DOCUMENTADO)
TRL 1: Princípios básicos observados	Aplicações potenciais são identificadas após observações de base, mas o conceito do elemento ainda não está formulado.	Expressão dos princípios de base previstos para uso. Identificação de potenciais aplicações.
TRL 2: Conceito tecnológico formulado	Formulação de potenciais aplicações e conceito preliminar do elemento. Nenhuma prova de conceito ainda.	Formulação de aplicações em potencial. Projeto conceitual preliminar do elemento, fornecendo entendimento de como os princípios básicos podem ser usados.
TRL 3: Prova experimental do conceito	O conceito do elemento é elaborado e o desempenho esperado é demonstrado por meio de modelos analíticos suportados por dados experimentais/características.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar diversas missões), incluindo definição de requisitos de desempenho funcionais. Projeto conceitual do elemento. Entrada de dados experimentais, definição e resultados de experimentos laboratoriais. Modelos analíticos do elemento para a prova de conceito.
TRL 4: Validação tecnológica em laboratório	O desempenho funcional do elemento é demonstrado por ensaios com maquete em ambiente laboratorial.	Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar várias missões) com definição de requisitos de desempenho funcionais. Projeto conceitual do elemento. Plano de ensaios de desempenho funcional. Definição da maquete para verificação de desempenho funcional. Relatórios de ensaios com a maquete.
TRL 5: Validação tecnológica em ambiente relevante	As funções críticas do elemento são identificadas e o ambiente relevante associado é definido. Maquetes não necessariamente em escala real, são construídas para verificar o desempenho por meio de ensaios em ambiente relevante, sujeitos a efeitos de escala.	Definição preliminar dos requisitos de desempenho e do ambiente relevante. Identificação e análise das funções críticas do elemento. Projeto preliminar do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas. Plano de ensaios das funções críticas. Análise de efeitos de escala. Definição da maquete para a verificação da função crítica. Relatórios de ensaios com a Maquete.

TRL 6: Demonstração tecnológica em ambiente relevante	As funções críticas do elemento são verificadas e o desempenho é demonstrado em ambiente relevante com modelos representativos em formato, configuração e função.	Definição de requisitos de desempenho e do ambiente relevante. Identificação e análise das funções críticas do elemento. Projeto do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas. Plano de ensaios da função crítica. Definição do modelo para as verificações das funções críticas. Relatórios dos ensaios com o modelo.
TRL 7: Demonstração de protótipo em ambiente operacional	O desempenho é demonstrado para o ambiente operacional no solo ou, se necessário, no espaço. Um modelo representativo, refletindo totalmente todos os aspectos do projeto do modelo de voo, é construído e ensaiado com margens de segurança adequadas para demonstrar o desempenho em ambiente operacional.	Definição de requisitos de desempenho, incluindo definição do ambiente operacional. Definição e realização do modelo. Plano de ensaios do modelo. Resultados de ensaios com o modelo.
TRL 8: Sistema completo qualificado	O modelo de voo é qualificado e integrado ao sistema final pronto para voo.	Modelo de voo é construído e integrado no sistema final. Aceitação para voo do sistema final.
TRL 9: Sistema real comprovado em ambiente operacional	A tecnologia está madura. O elemento está em serviço com sucesso, para a missão designada, no ambiente operacional real.	Comissionamento em fase inicial de operação. Relatório de operação em órbita.

Fonte: adaptado da NBR ISO 16290 (2015).

Como adequadamente elucidado pela NBR ISO 16290 (2015, p. 5):

uma avaliação de TRL é válida para um dado elemento em um dado instante de tempo. Ela pode evoluir se as condições que prevaleciam naquele momento da avaliação não forem mais válidas. Tal situação pode levar a uma reavaliação de TRL e degradação, que pode ocorrer em particular quando está prevista a reconstrução/reuso deste elemento.

Vale ressaltar que o avanço da tecnologia para níveis mais altos não deve ser necessariamente interpretado como um aumento na complexidade do elemento, mas sim como uma maior noção de proximidade ao seu uso real ou lançamento comercial. Também é importante observar, que o uso de um elemento em sua forma final em um sistema diferente do qual ele seria originalmente aplicado, implicará na redução de sua *TRL*, a menos que os requisitos ambientais e de interface do novo

sistema sejam iguais ou menos exigentes que o sistema atual (NBR ISO 16290, 2015).

Por verificar-se a adequação da escala *TRL* com a dinamicidade das características setoriais e ambientais que envolvem o processo de P&D de uma tecnologia, seu alinhamento com o modelo linear de desenvolvimento tecnológico ainda prevalente na política brasileira de financiamento à inovação, também por não termos encontrado pesquisas que utilizaram a escala na intenção de metrificar o impacto do financiamento na mudança tecnológica do projeto financiado, este estudo levará em consideração a adaptação e utilização da ferramenta para operacionalizar a mensuração da mudança e consequente maturidade tecnológica dos projetos financiados por meio de subvenção econômica, conforme declarado nos objetivos do estudo.

2.4 APRENDIZADO TECNOLÓGICO ORGANIZACIONAL

O aprendizado é um construto com vasta amplitude, transversal a praticamente todas as áreas do conhecimento. Educação, sociologia e psicologia são as principais áreas que têm dedicado tempo e esforço no entendimento das relações cognitivas que afetam o aprendizado humano.

Para Nonaka, Toyama e Konno (2000, p. 7, tradução nossa) “a informação torna-se conhecimento quando é interpretada por indivíduos, considera um contexto e ancora-se em crenças e compromissos individuais”. A teoria do processo de criação de conhecimento por eles proposta, considera que o conhecimento é imbuído de dinamicidade, depende de interações sociais, de um contexto específico de tempo e espaço, relaciona-se com a ação humana e possui natureza ativa e subjetiva.

No contexto da inovação tecnológica, a habilidade em explorar conhecimentos externos à organização é um componente crítico da capacidade inovativa de uma empresa ou país. Visto isso, o aprendizado e o conhecimento obtidos anteriormente são capazes de influenciar no reconhecimento, assimilação e aplicação de novas informações. Esta habilidade foi denominada por Cohen e Levinthal (1990) de capacidade absorviva.

Características cognitivas próprias do cérebro humano fazem com que o acúmulo constante de conhecimento facilite a aquisição de novos conhecimentos. “Psicólogos sugerem que o conhecimento prévio melhora o aprendizado porque o seu armazenamento é desenvolvido por associação, já que eventos são gravados na memória estabelecendo ligações com conhecimentos pré-existentes” (COHEN; LEVINTHAL, 1990).

Em um mundo onde mercados, produtos, tecnologias, concorrentes, regulamentações e até sociedades mudam rapidamente, a inovação contínua e o conhecimento que a suporta, tornaram-se importantes fontes de vantagem competitiva sustentável (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000, tradução nossa).

Aprender a lidar com todas as minúcias do processo de incorporação ou desenvolvimento de uma tecnologia envolve capacidades, habilidades, competências e atitudes específicas ao contexto e natureza do trabalho a ser realizado e, como já visto, é um processo relacionado à capacidade de aprendizagem e inevitavelmente influenciado por conhecimentos anteriores.

Os países em desenvolvimento obtêm suas tecnologias industriais sobretudo do mundo industrializado, e seu principal problema tecnológico, ao menos de início, consiste em dominar, adaptar e aperfeiçoar os conhecimentos e os equipamentos importados (KIM; NELSON, 2005, p. 28).

Como esclarecido por Bell e Pavitt (1995), o conhecimento formal e codificado, denominado por Nonaka e Takeuchi (1995) de explícito, não consegue incorporar a totalidade de fatores que afetam a performance de novos produtos ou processos, sendo necessário também considerar o conhecimento desincorporado ou não codificado, o qual constitui o maior desafio no processo de transferência tecnológica. Ele representa um tipo de aprendizado tácito não manualizado e muito baseado na prática, que não pode ser transferido tão facilmente.

Esta dificuldade advém das particularidades da análise evolucionária do aprendizado tecnológico de uma organização, que pode conduzir a constatações inesperadas, quando comparadas com outros tipos de aprendizagem e conhecimento. Comparar, tempos depois, duas empresas que incorporaram simultaneamente uma nova tecnologia, não implica necessariamente que encontraremos o mesmo nível de domínio tecnológico em ambas (LALL, 2005). Constatação que reforça a importância relatada por Ishikura (2008) do contexto espaço-temporal para a criação do conhecimento.

Um outro fator importante a ser considerado é que as empresas podem não ter acesso aos recursos necessários para promover o aprendizado necessário, ou até mesmo sequer saber quais aptidões são necessárias. A despeito de não ser objetivo do presente trabalho entrar na discussão das causas que impedem o pleno e adequado aprendizado para o domínio de uma tecnologia, esclarecemos os fatores que o influenciam.

Para compreender a dinâmica de aprendizado das organizações, três componentes básicos precisam ser considerados: o processo de conversão entre conhecimento tácito e explícito, o contexto no qual essa conversão ocorre e os *inputs*, *outputs* e moderadores desse processo (NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000). A criação do conhecimento inicia com a interação informal e aberta entre os indivíduos que estão fisicamente próximos em um contexto físico no qual é compartilhado e utilizado (TAKEUCHI; NONAKA, 2008). Desta forma, esse processo de aprendizado ocorre em uma espécie de espiral do conhecimento, no qual os saberes tácito e explícito vão sendo amplificados conforme ocorrem conversões como as ilustradas na Figura 9.

Figura 9 - O processo de conversão do conhecimento



Fonte: Takeuchi e Nonaka (2008)

Resgatando historicamente as questões da influência do aprendizado e conhecimento na mudança tecnológica de uma empresa, setor produtivo ou região, até os anos 1960 presumia-se uma visão negativa de que as economias emergentes estariam destinadas a apenas copiar ou fazer melhorias incrementais nas

tecnologias desenvolvidas por países mais avançados. Presunção essa, que vinha sendo reforçada pelo paradigma da abordagem econômica clássica, que tinha uma visão restrita da tecnologia como apenas a parte do conhecimento incorporado ao maquinário advindo dos países mais desenvolvidos, relegando um papel passivo aos países menos desenvolvidos, dos quais não se esperava desempenhar nenhuma atividade criativa (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Outra taxonomia bastante utilizada para categorizar os tipos de conhecimento foi proposta por Lundvall e Johnson (1994). A classificação prevê a divisão em quatro categorias, compostas por a) *know-what*, o tipo de conhecimento que geralmente é chamado de informação; b) *know-why*, os princípios e leis naturais que regem o fenômeno observado; c) *know-who*, as relações envolvidas no fenômeno e d) *know-how*, a capacidade de fazer diferentes atividades em um nível prático.

Kim e Nelson (2005), por sua vez, realçam especial importância ao *know-how* e *know-why* para lidar com o processo de desenvolvimento tecnológico. Para estes teóricos, o primeiro tipo é definido como o nível mínimo de aptidões operacionais para uma atividade produtiva, enquanto o segundo é a capacidade de compreender os princípios básicos da tecnologia em si. Segundo eles, ambas as modalidades de conhecimento afetam os custos, riscos e tempo necessários para serem desenvolvidas conforme o nível de domínio que a tecnologia objetivada exigir que a empresa tenha de cada uma delas.

Neste contexto, faz-se adequado considerarmos o acúmulo de conhecimento em seus diversos níveis como fator preponderante para a mudança e evolução tecnológica, conforme destacado por Kim e Nelson (2005, p. 37):

Uma crescente maturidade tecnológica nacional envolve a capacidade do setor industrial de se mover das tecnologias simples às complexas e, dentro de determinados conjuntos de tecnologias, do *know-how* ao *know-why*. Em cada estágio pode haver custos, riscos, atrasos e externalidades, e são prováveis para gerar níveis superiores de desenvolvimento tecnológico e de atributos.

Lundvall e Johnson (1994) destacam que o aumento na diversidade de fontes de conhecimento que precisam ser equalizadas pela empresa para a gestão bem-sucedida do processo de inovação, combinada a produtos com ciclo de vida cada vez menores, traz importantes implicações para o aprendizado da empresa. A

situação desencadeia a necessidade de reorganizar a estrutura formal, a priorização de comunicações horizontais e o estabelecimento de cooperação e parcerias com outras entidades a fim de compartilhar riscos.

O processo de aprendizagem é socialmente vinculado e iniciativas de organizações e de instituições são cruciais para o surgimento do intercâmbio. Eis o porquê das políticas de inovação necessitarem ter uma dimensão social em que a qualidade do intercâmbio entre pessoas e organizações é importante e em que a busca de competência por parte das empresas se torna um objetivo legítimo (LUNDVALL, 2001, p. 203).

Finalmente, um modelo testado e aceito no Brasil para mensuração do aprendizado tecnológico é o de Figueiredo (2001), que propõe a existência de quatro processos de aprendizagem: aquisição externa, aquisição interna, socialização e codificação do conhecimento. Tais esclarecimentos constituem o embasamento da terceira hipótese das análises empreendidas pelo presente estudo, postulada da seguinte maneira:

H₃: o aprendizado tecnológico influencia positivamente a mudança tecnológica.

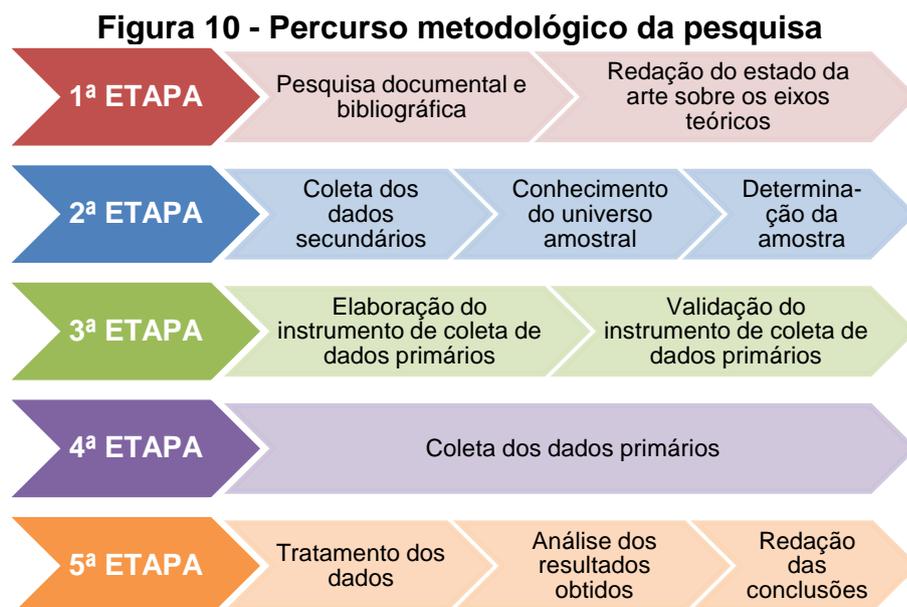
3 METODOLOGIA

Esta seção abordará as questões metodológicas a serem consideradas para a execução da presente pesquisa e está dividida em subpartes que explicitam sobre o tipo de pesquisa, universo considerado, amostragem, procedimento de coleta de dados, hipóteses, tratamento e análise dos dados obtidos.

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa foi executada, com base em seus objetivos, por meio de uma abordagem mista, aplicando métodos qualitativos e quantitativos com uma tipologia descritivo-explicativa, já que visou descrever as características dos sujeitos e fenômenos estudados para estabelecer relações entre variáveis, bem como identificar os fatores que influenciaram a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2002). O estudo tomou um delineamento *ex-post facto*, uma vez que analisou os impactos do financiamento após sua ocorrência, tomando-o como fator independente. Sua delimitação geográfica foi circunscrita pela unidade federativa do Ceará, com uso de dados secundários fornecidos pela FUNCAP e dados primários coletados diretamente junto à amostra estudada.

A execução da pesquisa ocorreu em fases, conforme o percurso metodológico ilustrado pela Figura 10.



Fonte: Elaborado pela autora

A primeira etapa do percurso metodológico de execução do trabalho, consistiu nas pesquisas iniciais acerca do tema e objeto que compõem a questão norteadora da pesquisa. Nessa fase, realizou-se a identificação e estudo em profundidade da literatura pertinente aos eixos teóricos que sustentam os objetivos e hipóteses da pesquisa para redação do referencial teórico. Na sequência, foi elaborada uma proposta de sistemática para registro dos dados secundários, que deu-se por meio do uso de uma planilha eletrônica e que foi utilizada em campo durante a pesquisa documental, em conformidade com as referências teóricas que dão suporte para a operacionalização dos construtos e variáveis integrantes do modelo teórico-metodológico da pesquisa.

Na segunda etapa realizou-se a coleta de dados secundários junto à FUNCAP. A princípio buscou-se informações acerca da quantidade de empresas já contempladas com financiamentos não reembolsáveis, sua caracterização e distribuição entre as modalidades de edital. Tendo conhecimento do universo a ser considerado, realizou-se a análise das especificidades de cada instrumento de subvenção através da leitura dos editais. Em seguida, tomou-se conhecimento sobre a organização e acesso aos dossiês físicos de cada projeto financiado, para então, iniciar a coleta de forma presencial, por meio de consulta aos arquivos da Gerência de Inovação daquela Fundação. A etapa foi finalizada com a definição da amostra a ser considerada.

Por sua vez, na terceira etapa, foi realizada a elaboração, ajuste e validação do instrumento de coleta dos dados primários que posteriormente foi aplicado junto aos sujeitos componentes da amostra.

Na sequência, a quarta etapa foi composta pela aplicação do questionário validado junto aos proponentes de projetos com financiamento finalizado. O objetivo nessa fase foi coletar as informações complementares que não se foi capaz de obter na pesquisa documental, mas que eram necessárias para realização das análises conforme operacionalização definida para os construtos envolvidos nas análises.

A quinta e última etapa foi composta pelo tratamento dos dados para análise dos resultados obtidos e redação das conclusões.

3.2 UNIVERSO E AMOSTRA

O universo considerado para consecução desta pesquisa é caracterizado pelas empresas que receberam da FUNCAP, financiamento por meio de subvenção econômica para desenvolver projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. O intervalo de tempo em que tais financiamentos ocorreram corresponde ao período entre a implantação da Diretoria de Inovação da referida Fundação, quando iniciaram-se os programas de financiamento, até o último ano em que houve projetos contratados, representando um total de 237 projetos. O recorte temporal corresponde, portanto, ao intervalo entre os anos de 2008 a 2017.

A amostra foi selecionada de forma não probabilística, por acessibilidade, haja vista que não houve procedimento estatístico para auxiliar na determinação dos sujeitos a serem considerados (VERGARA, 2014).

3.3 SELEÇÃO DOS SUJEITOS

A pesquisa de campo contou com duas categorias de sujeitos abordados: os especialistas que validaram o instrumento de pesquisa e os respondentes do questionário na fase de coleta de dados primários.

Para a validação do questionário de coleta de dados, foram consultados três especialistas. Um da área de Biotecnologia, um da área de Gestão da Inovação e um da área de Tecnologia da Informação e Comunicação. Os critérios de escolha adotados foram: possuir experiência de trabalho de mais de 3 anos na área e participar ou já ter participado de pelo menos um projeto de desenvolvimento tecnológico. A consulta aos especialistas se deu por meio de entrevista padronizada aberta, caracterizada como o tipo de entrevista que possui uma lista de perguntas ordenadas e redigidas da mesma forma para todos os entrevistados, porém de resposta aberta (GODOI, 2006). O intuito da entrevista foi validar conteúdo e vocabulário utilizados na escala de mensuração da maturidade tecnológica (TRL) dos projetos financiados, como proposto pela NBR ISO 16290 (2015) e pela EARTO (2014), já que a mesma seria aplicada em projetos de várias áreas no contexto específico dos projetos financiados pela FUNCAP.

Durante a abordagem aos especialistas, realizada de forma individual, apresentou-se inicialmente uma visão geral da escala original, proposta pela NBR ISO 16290 (2015) com a denominação dos nove níveis de maturidade e descrição dos marcos a serem alcançados pelo desenvolvimento em cada nível. Na sequência, apresentou-se uma versão traduzida da *Technology Readiness Calculator* (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003) e solicitou-se ao especialista que analisasse e avaliasse a adequação do conteúdo de cada pergunta ao nível proposto, bem como do vocabulário utilizado à sua área de trabalho.

As análises e avaliações obtidas acerca do conteúdo e vocabulário originais, permitiram a adaptação da escala, originalmente utilizada para aplicações espaciais, para uso geral em quaisquer áreas do conhecimento. Dessa forma, as perguntas, ou foram reformuladas com vocabulário adequado para aplicação generalista ou foram retiradas do questionário por serem muito específicas ao setor aeroespacial. O questionário final utilizado para coletar os dados referentes à mensuração de maturidade tecnológica consta no Bloco II do instrumento de coleta de dados contido no Apêndice A.

A seleção dos sujeitos que responderam ao questionário se deu por meio do envio de mensagem eletrônica da Gerência de Inovação da FUNCAP e posterior ligação telefônica a todos os proponentes com projeto finalizado, informando sobre a realização da pesquisa e solicitando indicação de disponibilidade para agendamento de aplicação do questionário. Os cinco primeiros sujeitos que reagiram ao contato inicial foram abordados presencialmente pela pesquisadora no intuito de realizar o pré-teste do questionário completo. As primeiras aplicações permitiram identificar melhorias necessárias como: inclusão de texto explicativo prévio na introdução dos blocos do instrumento, exemplos curtos para facilitar a compreensão das escalas e auxiliar durante o preenchimento e imagem ilustrativa com todos os níveis de maturidade da escala TRL.

Os questionários aplicados no pré-teste foram aproveitados nas análises e após realizados os ajustes necessários, a aplicação do instrumento completo deu-se tanto de forma presencial com auxílio da pesquisadora após agendamento de reunião com os proponentes, quanto de forma virtual por envio de email. Ao total,

foram abordados 22 proponentes, responsáveis pelos 40 projetos que compõem a amostra considerada neste estudo.

3.4 COLETA DE DADOS

Tratando-se de uma investigação *ex-post facto*, a primeira etapa do trabalho de campo foi realizada com a finalidade de tomar conhecimento do universo de empresas financiadas pela FUNCAP, para definição da amostra, e da natureza dos dados que deveriam ser obtidos na fase de coleta junto aos proponentes dos projetos. Para tanto, contou-se com informações fornecidas pela Fundação, que incluíram: minutas dos editais para concessão de financiamento lançados desde a implantação da Diretoria de Inovação, documentação entregue pelos candidatos que submeteram propostas de projeto em cada Edital, documentos de contratação entregues pelos candidatos aprovados em cada Edital, relatórios parciais e finais de execução físico-financeira e os respectivos documentos complementares dos projetos financiados em cada Edital. Com essa fase inicial de coleta, realizada entre agosto e novembro de 2017, identificou-se um universo de 237 projetos contratados pela FUNCAP no período considerado.

Após a coleta, análise e tratamento dos dados secundários, iniciou-se a abordagem aos sujeitos para coleta dos dados primários. A obtenção desses dados deu-se por meio de uma *survey* com recorte transversal, já que este tipo de abordagem permite obter muitas variáveis que podem ser quantificadas e processadas por computador, para que o pesquisador possa construir vários modelos explicativos e escolher o que melhor atender aos objetivos (BABBIE, 2003). A coleta foi executada presencialmente por meio de questionário impresso e via *internet* por meio de questionário digital no período de outubro de 2017 a janeiro de 2018. A estratégia de coleta por via física e digital proporcionou uma maior abrangência da população estudada, de forma a conseguir-se quantidade representativa e significativa de respondentes das várias áreas temáticas e diferentes instrumentos de fomento. Ao todo, 27 coletas foram feitas presencialmente e 13 *online*.

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Obtidos os dados secundários e conhecido o universo populacional a ser considerado, foi realizada uma pré-análise dos dados para definição dos proponentes que seriam abordados. O procedimento foi essencial para a identificação dos proponentes e projetos com alguma característica impeditiva da coleta de dados. Essa análise foi realizada com apoio do corpo técnico da Gerência de Inovação e da Gerência de Prestação de Contas da FUNCAP, resultando na remoção de 123 (52%) projetos do universo amostral por incorrerem em pelo menos uma das condições descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Projetos desconsiderados na amostra

MOTIVO DA REMOÇÃO	QUANTIDADE DE PROJETOS
Financiamento em andamento	44
Ausência de registro documental	35
Empresa proponente baixada	07
Outros motivos não especificados	37
TOTAL DE REMOÇÕES	123

Fonte: Elaborado pela autora

Os projetos com financiamento em andamento foram desconsiderados devido a impossibilidade de mensuração do impacto do financiamento na maturidade tecnológica, haja vista que o presente trabalho objetivou realizar análise *ex post facto*. Tais projetos são referentes aos editais Inovafit Fase 2, PAPPE 5 – 2ª rodada e PAPPE 6. Já os sem registro documental, referem-se ao instrumento de fomento PAPPE 1, que, por motivos não investigados, dispõe de registros documentais nos arquivos da FUNCAP, impossibilitando a verificação dos respectivos dados secundários.

Por sua vez, os projetos de empresas proponentes baixadas também foram desconsiderados, já que representariam a impossibilidade de aplicação da escala de aprendizado organizacional, já que a mesma não se refere apenas a questões ligadas diretamente à tecnologia objeto do projeto submetido para financiamento. Finalmente, os demais projetos foram removidos da amostra considerada a pedido da FUNCAP, por possuírem alguma característica impeditiva da adequada coleta de dados. Tais fatores incluem mais não se limitam a: diligências

financeiras em andamento ou com análise ainda não finalizada, execução técnica e/ou financeira ainda em análise e outros motivos pertinentes.

3.5.1 Hipóteses consideradas

As hipóteses levantadas conforme a questão norteadora da presente pesquisa, conduziram à elaboração de seu objetivo geral, assim definido: verificar as relações existentes entre o financiamento da inovação, por meio de subvenção econômica, concedido pela FUNCAP, a maturidade tecnológica dos projetos que receberam aporte de recursos financeiros do setor público e o aprendizado tecnológico das organizações proponentes dos projetos financiados. O suporte teórico tomado como base para a formulação de cada uma das hipóteses consideradas, bem como os respectivos objetivos específicos do estudo a elas vinculados e sua descrição matemática, são apresentados no Quadro 2.

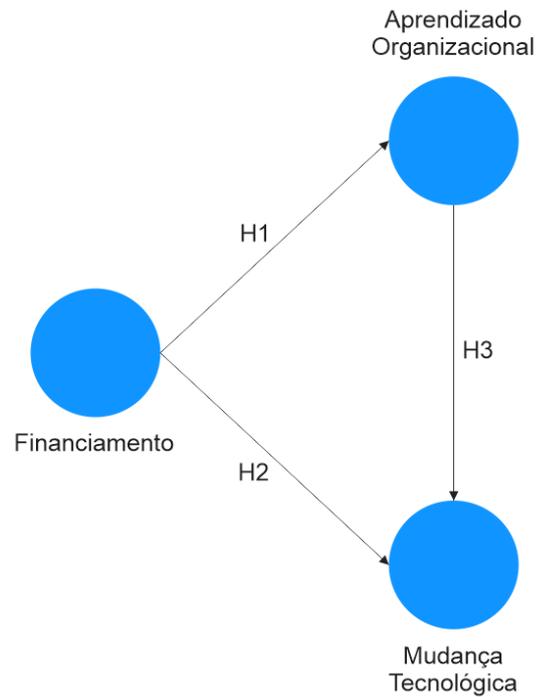
Quadro 2 - Suporte teórico das hipóteses

Hipóteses		Suporte Teórico
Descrição Textual	Descrição Matemática	
H_1 : o financiamento da inovação influencia positivamente o aprendizado organizacional	$\alpha_{11} > \emptyset$	Nelson (1959); Arrow (1962); Hall e Lerner (2010); Lazonick e Mazzucato (2014)
H_2 : o financiamento da inovação influencia positivamente a mudança tecnológica	$\alpha_{22} > \emptyset$	Nelson (1959); Arrow (1962); Hall e Lerner (2010); Lazonick e Mazzucato (2014); Bell e Pavitt (1995)
H_3 : o aprendizado organizacional influencia positivamente a mudança tecnológica	$\alpha_{21} > \emptyset$	Cohen e Levinthal (1990); Lundvall e Johnson (1994); Bell e Pavitt (1995); Nonaka e Takeuchi (1995); Nonaka, Toyama e Konno (2000); Lundvall (2001); Kim e Nelson (2005); Lall (2005); Takeuchi e Nonaka (2008); Bell e Figueiredo (2012)

Fonte: Elaborado pela autora

Tais acepções teóricas deram suporte ao delineamento do trabalho e são utilizadas para discussão dos resultados empíricos, bem como para a redação das contribuições teóricas e empíricas da pesquisa. Com isto em mente, buscou-se uma forma de relacionar os construtos considerados, o que resultou na elaboração do modelo de análise empírica adotado para a pesquisa, composto pelas relações representadas na Figura 11 e já anteriormente descritas no Quadro 2.

Figura 11 - Modelo empírico da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

As relações anteriormente representadas seguem o modelo de estimação expresso matematicamente a seguir:

$$H1: AO = \alpha_{01} + \alpha_{11} \cdot FI \quad (1)$$

$$H2: MT = \alpha_{02} + \alpha_{12} \cdot FI \quad (2)$$

$$H3: MT = \alpha_{03} + \alpha_{13} \cdot AO \quad (3)$$

Onde:

α_{i0} = interceptos verticais das i -ésimas equações ($i=1,2,3$)

α_{ik} = coeficientes angulares das i -ésimas equações e k -ésimas variáveis dependentes ($k=1,2,3$)

FI= Financiamento da Inovação (Quadro 3)

AO = Aprendizado Organizacional (Quadro 3)

MT = Mudança Tecnológica (Quadro 3)

$$H1: \alpha_{11} \geq 0$$

$$H2: \alpha_{12} \geq 0$$

$$H3: \alpha_{13} \geq 0$$

3.5.2 Operacionalização dos construtos e variáveis

Considerando que o modelo empírico da pesquisa visou obter explicações sobre como o financiamento recebido (construto observável refletivo), afetou o aprendizado organizacional (construto latente formativo) e a mudança tecnológica (construto latente formativo), buscou-se suporte teórico na literatura especializada para definir as variáveis a serem consideradas na operacionalização de cada um. Assim sendo, com base nas definições de Costa (2011), esclarece-se a seguir como tais construtos foram operacionalizados. O instrumento de coleta dos dados primários foi elaborado considerando a operacionalização dos construtos como descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Operacionalização dos construtos

Variáveis / Construtos	Operacionalização
Financiamento (FI)	Variável independente observável por meio do valor bruto da subvenção recebida pelos projetos.
Aprendizado Organizacional (AO)	Mensurado, usando as seguintes variáveis observáveis: i) aquisição interna de conhecimento; ii) aquisição externa de conhecimento; iii) socialização do conhecimento e iv) codificação do conhecimento (FIGUEIREDO, 2001; 2004; SILVA-JUNIOR, 2013).
Mudança Tecnológica (MT)	Operacionalizada conforme adaptação da escala <i>TRL</i> , considerando: i) o índice de totalidade do nível de <i>TRL</i> antes do financiamento e ii) a respectiva totalidade do nível de <i>TRL</i> no momento da coleta dos dados (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL, 2003; MANKINS, 2009; CATARINO, 2014; ISO, 2015).

Fonte: Elaborado pela autora

Por se tratar de variável observável independente, o Financiamento (FI) foi tomado por seu valor bruto (VB) correspondendo ao valor nominal aportado pela FUNCAP e o montante aportado como contrapartida pela empresa proponente. Os dados utilizados para operacionalização do Financiamento (FI) foram obtidos na segunda fase da pesquisa, durante a coleta dos dados secundários.

Para mensurar o Aprendizado Organizacional (AO), utilizou-se a escala validada por Silva-Júnior (2013) com base em Figueiredo (2001; 2004). A escala é composta pela apresentação de 23 mecanismos de aprendizagem, divididos em

quatro modalidades, a saber: aquisição externa, aquisição interna, socialização e codificação do conhecimento. Cada mecanismo foi mensurado conforme a frequência de seu uso na empresa, que foi verificada por meio do quanto cada atividade é ou foi desenvolvida pela empresa, com uma escala de quatro pontos onde o sujeito deveria indicar: se nunca usou, se usou apenas uma vez, se o uso é intermitente ou se o uso é contínuo. A escala de aprendizado organizacional é apresentada no Bloco I do instrumento de coleta de dados constante no Apêndice A.

Quanto à Mudança Tecnológica (MT), utilizou-se como parâmetro operacional a aplicação da escala TRL (MANKINS, 2009; ISO, 2015) de mensuração da maturidade tecnológica, composta por nove categorias de maturidade, cada uma mensurada por meio da indicação do nível de conclusão das atividades de P&D previstas por Nolte, Kennedy e Dziegiel (2003) para cada categoria, que foram adaptadas e validadas por meio de consulta a especialistas para aplicação neste estudo. A escala foi anteriormente aplicada por Catarino (2014) e validada para mensuração do desenvolvimento de pequenos e médios fornecedores da cadeia produtiva espacial.

Cabe esclarecer que este trabalho abordou a maturidade tecnológica por meio da TRL apenas no atual nível enquadrado pelos respondentes. Assim, buscou-se um alinhamento com o modelo dinâmico de desenvolvimento científico e tecnológico, que, conforme já relatado na discussão da literatura, admite que o desenvolvimento de uma tecnologia e a acumulação de sua maturidade não ocorre de forma linear. Isso significa dizer, em termos práticos, que a classificação geral de uma tecnologia em um dos nove níveis da TRL não necessariamente permite-nos incorrer em nenhuma das duas suposições a seguir: a) admitir que os níveis inferiores tenham sido plenamente completados; b) admitir que nenhuma atividade relativa aos níveis superiores tenha sido iniciada. Nessa perspectiva, faz-se importante frisar que a TRL é tomada como parâmetro de classificação geral, utilizada para permitir a comparação entre os casos estudados.

O procedimento de mensuração da mudança tecnológica consistiu na apresentação geral da escala *TRL*, com a descrição das nove categorias de maturidade, aos sujeitos da amostra para que indicassem a categoria que melhor representava o enquadramento atual da tecnologia financiada. A classificação dos

projetos conforme a escala TRL deu-se, portanto, de forma declaratória, tomando-se como pressuposto o seguinte entendimento: se há alguma atividade do nível de TRL em execução, então o projeto pode ser enquadrado neste nível. É, portanto, plenamente admissível a situação de uma tecnologia enquadrar-se em um determinado nível de TRL antes do financiamento e obter evolução suficiente a ponto de conduzi-la a um nível superior de maturidade.

Na sequência, aplicou-se apenas a escala referente à categoria informada pelo sujeito, que naquele momento analisou as atividades de P&D elencadas na escala e classificou o nível de conclusão de cada atividade antes do recebimento do financiamento e o nível de conclusão atual. A classificação antes do financiamento e atual foi dividida em 5 categorias: 1 – a atividade foi concluída em até 25%; 2 – a atividade foi concluída em mais de 25% até 50%; 3 – a atividade foi concluída em mais de 50% até 75%; 4 – a atividade foi concluída em mais de 75% até 99% e 5 – a atividade foi 100% concluída.

Com o registro de todas as respostas a respeito da escala *TRL*, realizou-se a mensuração do índice geral de totalidade do nível, por meio do uso de planilha automatizada elaborada no editor de planilhas Microsoft Excel 2016. Este índice, foi calculado tanto para metrificar o *status* de maturidade da tecnologia antes do financiamento e no momento da coleta dos dados, de forma que a maturidade antes foi representada pela variável *TRL_A* e a maturidade no momento atual foi representada pela variável *TRL_D*. A sintaxe da fórmula de cálculo do índice geral de conclusão das atividades do nível considerou a divisão do somatório das respostas dos sujeitos para as perguntas do nível pela pontuação máxima passível de obtenção no mesmo nível.

Em outros contextos, a TRL normalmente é utilizada para indicar uma evolução acumulativa e linear, por exemplo, quando uma tecnologia alcança o nível 8, admite-se que ela já deve ter cumprido todos os requisitos dos níveis tecnológicos anteriores. Contudo, muitas das tecnologias não seguiam esta lógica e os responsáveis dos projetos consideraram que as mesmas atingiam determinados níveis superiores ainda com alguns requisitos faltantes de níveis anteriores, de acordo com a escala proposta por Catarino (2014). Desta forma, se optou por utilizar

um índice de realização da escala como um todo, como descrito no exemplo da Tabela 3.

Tabela 3 - Exemplo de cálculo do índice geral de totalidade do nível de TRL

TRL	Total de questões	Somatório hipotético das respostas	Pontuação máxima possível de ser obtida	Índice geral de totalidade do nível
1	11	9	55	$9/55 = 0,16$
2	12	16	60	$16/60 = 0,27$
3	23	115	115	$115/115 = 1,00$
4	30	71	150	$71/150 = 0,47$
5	28	78	140	$78/140 = 0,56$
6	11	50	55	$50/55 = 0,91$
7	8	14	40	$14/40 = 0,35$
8	8	29	40	$29/40 = 0,73$
9	4	17	20	$17/20 = 0,85$

Fonte: Elaborado pela autora

3.5.3 Pré análise dos dados

Antes de executar as estratégias de análise multivariada, realizou-se a pré-análise dos dados obtidos com auxílio do *Software IBM SPSS v.22* primeiramente para buscar dados perdidos e observações atípicas.

Quanto aos *missing values*, verificou-se a ocorrência de dois tipos de dados perdidos. O primeiro tipo foi composto por dados não-ignoráveis, com extensão não substancial (inferior a 10%), os quais optou-se pela atribuição por meio da média dos dados válidos da variável, ação corretiva sugerida por Hair *et al.* (2009). O segundo tipo foram os dados completamente perdidos ao acaso encontrados nas variáveis: Recrutamento de Pessoas (AO_AE_REC), Pesquisa em Fontes Externas (AO_AE_PFE), P&D Interna (AO_AI_PDI) e Rotação de Funções (AO_SO_RTF), todas indicadores componentes do construto Aprendizado Organizacional e que foram, portanto, desconsideradas nas análises.

Na sequência, devido à quantidade de observações, optou-se por realizar a busca de *outliers* por detecção univariada, procedimento que não resultou na identificação de qualquer caso atípico (HAIR *et al.*, 2009). Nesse contexto, todas as 40 observações obtidas foram mantidas para as análises seguintes.

Os dados obtidos na etapa quantitativa foram analisados em três etapas. A primeira delas, consistiu na realização das estatísticas descritivas da amostra quanto às empresas proponentes, projetos financiados e respondentes do

questionário. A segunda etapa de análise contou com a realização de testes estatísticos para verificar o atendimento da amostra aos pressupostos das técnicas multivariadas utilizadas para análise. A última etapa de análise representa a aplicação das técnicas multivariadas e obtenção dos resultados a serem analisados.

3.5.4 Estratégia de Análise

Esta seção explana sobre as bases teóricas de suporte às técnicas empregadas para análise dos dados obtidos e está dividida em dois tópicos conforme as técnicas empregadas: análise de regressão linear e análise de variância.

3.5.4.1 Análise de Regressão Linear

A análise de regressão é uma técnica empregada com o objetivo de prever algum tipo de resultado a partir de uma ou mais variáveis (FIELD, 2009). Especificamente neste estudo, aplicou-se a regressão linear múltipla para analisar a forma como a maturidade tecnológica pode ser prevista pelo financiamento e pelo aprendizado tecnológico.

A regressão é muito utilizada para testar o poder preditivo entre variáveis por meio de uma função matemática que descreva o comportamento da variável dependente em função dos valores conhecidos de uma ou mais variáveis independentes, tomando os níveis de correlação como indicadores do grau de relacionamento entre as variáveis analisadas (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2009).

A regressão é dita simples quando o modelo prevê o uso da apenas uma variável independente e múltipla quando há mais de uma. Dessa forma, aplica-se um modelo estatístico geral que pode ser representado pela seguinte equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n + \varepsilon$$

Onde Y é a variável dependente; x_1, x_2, x_n são as variáveis independentes; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_n$ são os parâmetros da regressão e ε é o resíduo ou erro

da regressão.

O método de estimação de modelos mais utilizado é o dos mínimos quadrados, já que visa obter a menor soma possível dos quadrados dos resíduos. Este método é justamente interessante por atender ao pressuposto de que a equação com melhor ajuste é aquela que apresenta a menor diferença entre valores observados e estimados, ou seja, a que apresenta menor erro ou resíduo. O método dos mínimos quadrados foi, portanto, utilizado para estimação dos modelos deste estudo, executados com auxílio do *software* estatístico IBM SPSS v.22.

O resumo do modelo é a primeira saída analisada. Nela pode-se verificar os valores de R e R², que representam o coeficiente de correlação e o coeficiente de determinação do modelo, respectivamente. O coeficiente de correlação (R), demonstra o grau de associação entre as variáveis dependente e independentes, enquanto o coeficiente de determinação (R²) expressa o quanto da variação na variável dependente pode ser explicado pelas variações nas variáveis independentes.

A próxima saída analisada é a tabela da análise de variância (ANOVA). Nessa tabela analisamos se o valor do Sig. é menor que o valor de α considerado no estudo (0,05), para concluirmos se o modelo completo (com as variáveis independentes) é melhor que o modelo reduzido (apenas com a média) e comprovarmos que a variável estatística influencia a variável dependente, representando que o modelo está bem ajustado.

Na sequência é analisada a saída dos coeficientes, onde verifica-se os valores de B para cada variável independente, que representam o quanto a variação de uma unidade nas variáveis independentes afeta a variável dependente.

3.5.4.2 Análise de Variância (ANOVA)

Ao trabalhar com comparações de dados normalmente distribuídos, parte-se da hipótese de que a variância da variável de saída seja distribuída nos grupos das demais variáveis testadas, ou seja, a variância da variável de saída deve permanecer a mesma nos grupos de saída da outra variável. A análise de variância

é uma técnica que pode ser utilizada para analisar situações nas quais existem diversas variáveis independentes. Nessas situações, ela esclarece como as variáveis independentes se relacionam e demonstra os efeitos dessas interações na variável dependente (FIELD, 2009). Neste estudo a ANOVA unidirecional foi utilizada para verificar as relações entre financiamento e maturidade tecnológica, bem como para verificar a distinção das médias da evolução tecnológica antes e depois do financiamento e também das médias da evolução geral e temporal da maturidade tecnológica.

A ANOVA pode ser representada por uma equação assim como a regressão linear. A diferença entre as duas técnicas, reside basicamente no fato de que a regressão contém apenas variáveis independentes categóricas (FIELD, 2009). Os testes deste método de análise também foram executados no IBM SPSS v.22.

A primeira saída analisada é o teste de *Levene*, que demonstra a homogeneidade das variâncias. Sendo as variâncias dos grupos significativamente diferentes segundo a estatística de *Levene* (Sig. < 0,05), analisamos os testes de *Welch* e *Brown-Forsythe* para verificar de forma robusta a significância da igualdade de médias, de forma que, sendo o Sig. de tais testes < 0,05, rejeitamos a hipótese nula de que as médias são diferentes.

3.5.5 Atendimento aos Pressupostos das Técnicas de Análise

A análise multivariada requer testes de suposições para as variáveis separadas e em conjunto e cada técnica apresenta seu conjunto de suposições ou pressupostos (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2014). Verificar o atendimento da amostra estudada aos pressupostos de Regressão Linear e ANOVA, portanto, é procedimento fundamental para a qualidade das inferências a serem realizadas.

A normalidade da distribuição das variáveis consideradas no estudo foi visualmente verificada por meio do gráfico P-P e histograma, que mostram uma distribuição aproximadamente normal. De forma complementar, realizou-se os testes *Kolmogorov-Smirnov* e *Shapiro-Wilks* com auxílio do *software* SPSS v.22, para confirmar estatisticamente que a amostra não difere significativamente de uma distribuição normal como sugerido por Field (2009) e Corrar, Paulo e Dias Filho

(2014).

Quanto aos pressupostos de linearidade e homocedasticidade, verificou-se os gráficos de dispersão por meio de inspeção visual para identificar possíveis anomalias impeditivas do uso das técnicas na amostra. Por sua vez, a multicolinearidade foi comprovada por meio dos testes de *Pearson*, bem como da verificação dos valores de VIF (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2014).

Os resultados e análises dos diagnósticos de atendimento aos pressupostos, com os respectivos gráficos e tabelas, são apresentados mais adiante no item 4.2.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta a análise dos dados e discussão dos resultados obtidos pelo estudo. A primeira parte apresenta a análise descritiva da mostra de projetos considerados, o perfil dos respondentes e das empresas proponentes participantes. A segunda parte evidencia os resultados do diagnóstico de atendimento aos pressupostos de normalidade, linearidade, homocedasticidade e multicolinearidade. A terceira parte conta com a análise e discussão dos resultados obtidos para a primeira hipótese do estudo. A quarta parte apresenta a análise e discussão dos resultados da segunda hipótese testada. Por fim, na quinta parte está contida a análise e discussão do teste da terceira hipótese considerada na pesquisa.

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Esta seção apresenta a análise da amostra por meio de estatísticas descritivas, buscando-se caracterizar algumas particularidades importantes dos projetos, dos respondentes, das empresas proponentes e dos instrumentos de fomento (editais) consideradas no estudo que podem afetar as análises e conclusões finais.

4.1.1 Descrição dos Projetos

A amostra completa, composta pelos 40 projetos considerados, está distribuída em 8 áreas temáticas como demonstrado na Tabela 4. A definição e o agrupamento das áreas segue a classificação utilizada pela própria FUNCAP e declarada no corpo dos instrumentos de fomento (editais) aos quais as proponentes submeteram seus projetos. Observa-se que as áreas temáticas com maior concentração de projetos, portanto, são Saúde, Biotecnologia, Alimentos e Fármacos, representadas por 35% da amostra, em segundo lugar estão os projetos referentes à Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC, representando 23% da amostra e os projetos referentes ao agronegócio ficam na terceira maior concentração, perfazendo 15% da amostra. As áreas temáticas consideradas para

agrupamento seguem a mesma classificação considerada pela FUNCAP e informadas pelos proponentes quando da submissão do projeto para financiamento.

Tabela 4 - Caracterização geral dos projetos financiados por área temática

ÁREA TEMÁTICA	QUANTIDADE DE PROJETOS
Saúde / Biotecnologia / Alimentos / Fármacos	14
TIC	10
Agronegócio	09
Tecnologia de Materiais / Metalmeccânica / Nanotecnologia	03
Setores têxtil / Calçadista / Moveleiro	01
Construção civil	01
Comércio e serviços	01
Educação	01
AMOSTRA TOTAL DE PROJETOS FINANCIADOS	40

Fonte: Elaborado pela autora

Quanto à distribuição dos projetos conforme os instrumentos de fomento concedidos pela FUNCAP, observa-se que o Inovafit Fase 1 (contratações em 2016) representam 35% da amostra. O edital PAPPE 3 (contratações em 2010 e 2011) com 15% e os editais PAPPE 5 - 1ª rodada (contratações em 2013), PAPPE 4 (contratações em 2012) e FIT 3 (contratações em 2012), cada um com 4 projetos e representando individualmente 10% da amostra conforme exposto na Tabela 5.

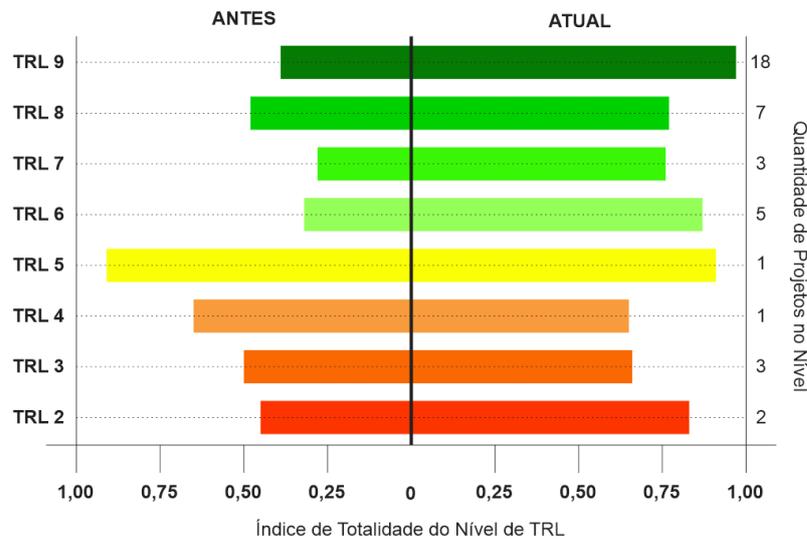
Tabela 5 - Distribuição da amostra conforme os instrumentos de fomento

INSTRUMENTO DE FOMENTO	ANO DAS CONTRATAÇÕES	QUANTIDADE DE PROJETOS
INOVAFIT Fase 1	2016	14
PAPPE 5 1ª rodada	2013	04
PAPPE 4	2012	04
FIT 3	2012	04
FIT 2	2011	02
TIC	2011	01
PAPPE 3	2010/2011	06
FIT 1	2010	02
PAPPE 2	2009	03
AMOSTRA TOTAL DE PROJETOS FINANCIADOS		40

Fonte: Elaborado pela autora

Em relação ao nível de maturidade tecnológica, os projetos encontram-se em sua maioria na TRL 9, que agrupa 45% dos projetos, os quais obtiveram a maior evolução média da TRL dentro do nível, como pode ser verificado na Figura 12.

Figura 12 - Evolução interna do nível de TRL antes e depois do financiamento



Fonte: Elaborado pela autora

Esses projetos apresentavam um índice médio de maturidade de 39% antes do financiamento e 97% no momento da coleta dos dados, uma evolução de 58%. Os 7 projetos da TRL 8, por sua vez, apresentavam um índice médio de maturidade de 48% antes do financiamento e 77% no momento da coleta dos dados, com evolução interna ao nível em 29%. Já os 3 projetos que se encontram na TRL 7, agrupam o terceiro melhor índice de evolução dentro do nível com 48%, já que antes do financiamento apresentavam 28% e 76% posteriormente. A TRL 6, por sua vez, reuniu os projetos com o segundo melhor índice de evolução no período, os quais apresentaram um índice de 32% antes do financiamento e 87% após, uma evolução de 55%. Cabe lembrar, que o índice geral de maturidade foi calculado tanto para metrificar o *status* de maturidade da tecnologia antes do financiamento e no momento da coleta dos dados, de forma que a maturidade anterior foi representada pela variável TRL_A e a maturidade no momento atual pela variável TRL_D, sendo a variável TRL_EVOL representativa da evolução no período e obtida pela subtração da TRL_D pela TRL_A, como demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Evolução da TRL interna ao nível

	TRL_A	TRL_D	TRL_EVOL*
TRL 9	0,39	0,97	0,58
TRL 8	0,48	0,77	0,29
TRL 7	0,28	0,76	0,48
TRL 6	0,32	0,87	0,55
TRL 5	0,91	0,91	0
TRL 4	0,65	0,65	0
TRL 3	0,50	0,66	0,16
TRL 2	0,45	0,83	0,38

*TRL_EVOL = (TRL_D)-(TRL_A)

Fonte: Elaborado pela autora

A evolução da maturidade relativa às áreas temáticas dos projetos ficou distribuída de forma que a área temática relativa ao setor têxtil, calçadista e moveleiro acumulou a maior melhora no índice de TRL no período considerado, com 67% de evolução obtido por um único projeto. Nesse ínterim, a área que representa os projetos de TIC obteve o segundo melhor desempenho médio com 56% em seus 10 projetos, enquanto a construção civil obteve a terceira melhor evolução com 55% também para um único projeto. A caracterização geral da evolução nas áreas temáticas encontra-se descrita na Tabela 7 e Figuras 13 e 14.

Tabela 7 - Evolução média da TRL nas áreas temáticas

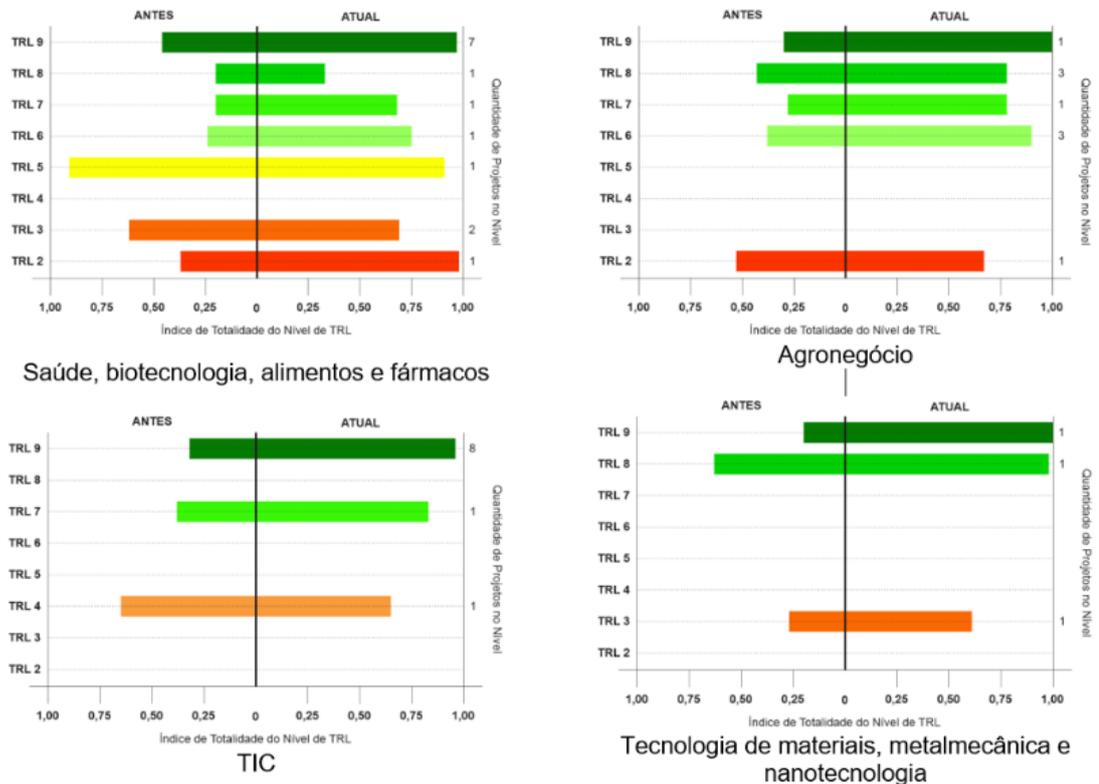
	TRL_A	TRL_D	TRL_EVOL
Saúde / Biotecnologia / Alimentos / Fármacos	0,46	0,84	0,38
TIC	0,36	0,92	0,56
Agronegócio	0,39	0,83	0,44
Tecnologia de Materiais / Metalmeccânica / Nanotecnologia	0,36	0,86	0,50
Setores têxtil / Calçadista / Moveleiro	0,24	0,91	0,67
Construção civil	0,25	0,80	0,55
Comércio e serviços	1,00	0,95	-0,05
Educação	0,70	0,95	0,25

Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se que a única área temática com desempenho negativo foi comércio e serviços, que contém um único projeto. A literatura pertinente afirma que resultados dessa natureza podem ser admitidos e, não necessariamente, devem ser interpretados como efeito nocivo ou prejudicial sofrido pela tecnologia no período considerado, mas sim indica uma possível mudança ocorrida em seu escopo de aplicação, ocasionando redução de sua maturidade devido à necessidade de novos testes para validar a nova aplicação (NASA, 2007; MANKINS, 2009; NBR ISO 16290, 2015). A esse respeito, Catarino (2014) propõe um fluxo prévio de

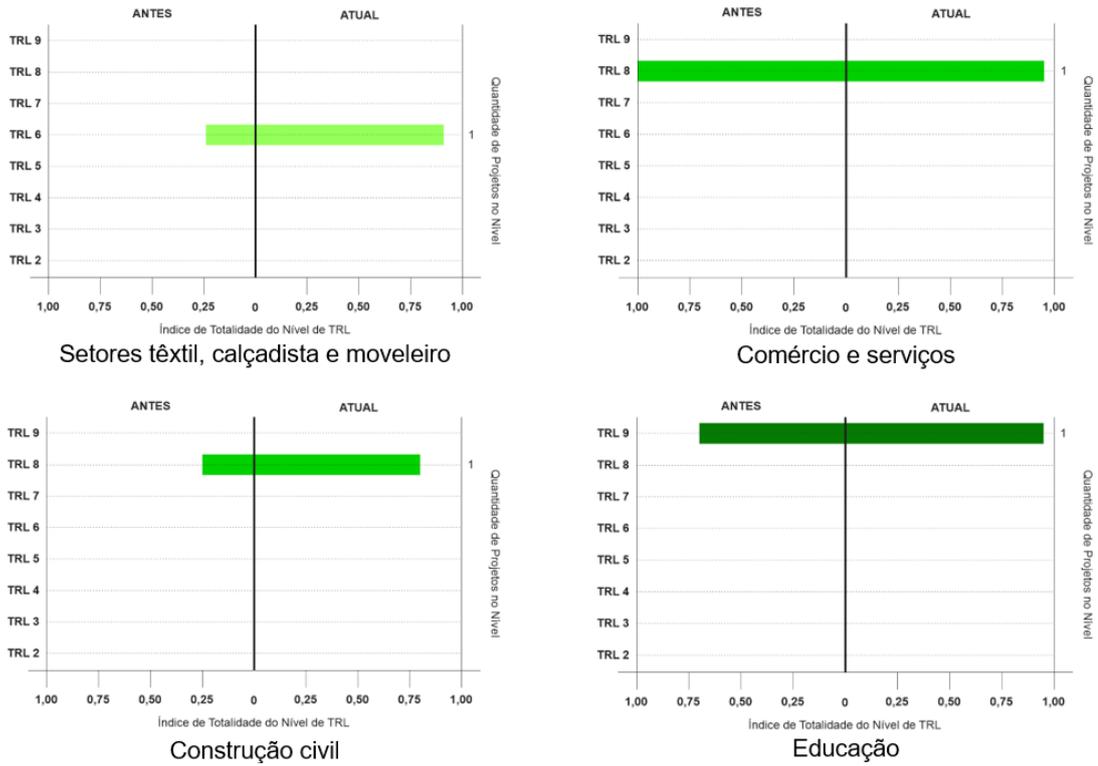
determinação da TRL, admitindo que na TRL 8, uma tecnologia pode ser automaticamente rebaixada para a TRL 5, caso os testes de operação requisitados tenham sido realizados em ambiente com escopo distinto do inicialmente planejado (mesmo que atenda completamente todos os demais requisitos da TRL 8).

Figura 13 - Evolução da TRL nas áreas temáticas de Saúde, biotecnologia, alimentos e fármacos, Agronegócio, TIC e Tecnologia de materiais, metalmeccânica e nanotecnologia



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 14 - Evolução da TRL nas áreas temáticas de Setores têxtil, calçadista e moveleiro, Comércio e serviços, construção civil e Educação



Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 8 são apresentadas a evolução dos projetos pesquisados com seus respectivos índices de maturidade. Observa-se que quanto à evolução geral da maturidade o melhor resultado encontrado foi de 80% em cinco projetos, sendo um da TRL5 e quatro da TRL9. A menor evolução refere-se a um projeto da TRL8 que obteve evolução negativa em 5%. Em média, a evolução geral foi positiva em 45%.

Tabela 8 - Índices gerais de evolução da maturidade na amostra

	Nível de TRL	Nível antes do financiamento (TRL_A)	Nível atual (TRL_D)	Evolução geral da TRL (TRL_EVOL)	Quant. de meses
P1	9	0,65	1,00	0,35	90
P2	8	0,20	0,70	0,50	18
P3	9	0,60	1,00	0,40	81
P4	9	0,40	1,00	0,60	63
P5	9	0,20	1,00	0,80	51
P6	8	0,63	0,98	0,35	104
P7	9	0,35	1,00	0,65	18
P8	9	0,20	0,70	0,50	83
P9	9	0,20	0,90	0,70	19
P10	8	0,60	0,80	0,20	66
P11	9	0,50	1,00	0,50	80
P12	9	0,70	0,90	0,20	63
P13	8	0,20	0,33	0,13	84
P14	6	0,24	0,75	0,51	19
P15	7	0,20	0,68	0,48	63
P16	3	0,46	0,58	0,12	19
P17	6	0,24	0,91	0,67	19
P18	6	0,38	0,96	0,58	19
P19	8	0,25	0,80	0,55	20
P20	9	0,30	1,00	0,70	69
P21	8	0,50	0,85	0,35	53
P22	9	0,70	0,95	0,25	92
P23	9	0,70	1,00	0,30	69
P24	9	0,40	1,00	0,60	53
P25	2	0,53	0,67	0,13	20
P26	3	0,27	0,61	0,34	20
P27	5	0,91	0,91	0	20
P28	3	0,78	0,80	0,02	20
P29	9	0,20	1,00	0,80	70
P30	9	0,20	1,00	0,80	107
P31	9	0,20	1,00	0,80	83
P32	8	1,00	0,95	-0,05	83
P33	7	0,28	0,78	0,50	70
P34	9	0,20	1,00	0,80	107
P35	9	0,30	1,00	0,70	84
P36	6	0,33	0,89	0,56	21
P37	6	0,42	0,84	0,42	79
P38	4	0,65	0,65	0	21
P39	2	0,37	0,98	0,62	86
P40	7	0,38	0,83	0,45	54

Fonte: Elaborado pela autora

Quanto ao tempo decorrido entre a contratação do financiamento e a coleta de dados, observa-se que o maior período (107 meses) refere-se a dois projetos enquadrados na TRL9. Tais propostas foram contratadas entre 2010 e 2012 nos editais PAPPE 3 e PAPPE 4 e ambas estão incluídas no grupo das tecnologias com maior evolução geral com um índice de 80%.

Já a situação dos projetos com menor tempo decorrido é representada por apenas dois casos, que tiveram 18 meses entre a contratação e a aplicação da pesquisa. Tais observações encontram-se em nível avançado de maturidade (TRL 8 e 9) e apresentaram evolução média positiva de 58% na maturidade durante o período.

Como anteriormente explicitado, a escala utilizada para a mensuração da maturidade tecnológica admite a possibilidade de uma tecnologia ser enquadrada em determinado nível de TRL antes do financiamento e obter evolução suficiente que a conduza a um nível superior. Os projetos considerados não demonstraram mudança de nível, uma vez que ao declararem o enquadramento geral da tecnologia em determinado nível de TRL durante a abordagem para coleta de dados, todos os respondentes afirmaram existir atividades relativas ao respectivo nível em execução tanto quando reportaram a maturidade antes do financiamento, quanto no momento da coleta dos dados. Por este motivo, o cálculo da evolução da maturidade por meio do indicador intitulado TRL_EVOL permaneceu interno ao nível, com a simples subtração da TRL_D pela TRL_A, não sendo necessário o cálculo transversal aos demais níveis intermediários.

4.1.2 Descrição dos Respondentes

A primeira abordagem aos respondentes para aplicação do questionário foi realizada pelo corpo técnico da FUNCAP, que fez a apresentação inicial dos objetivos da pesquisa e em seguida agendou visita presencial da pesquisadora para coleta dos dados primários necessários, conforme procedimento já explicitado no item 3.3. O agendamento foi, portanto, realizado com os responsáveis legais da empresa proponente ou com os responsáveis técnicos informados nos projetos submetidos para financiamento.

O presente estudo determinou como unidade de análise os projetos que receberam aporte financeiro de recursos subvencionados, portanto, a única caracterização coletada dos respondentes foi a respeito de mudanças no nível de escolaridade. Assim sendo, observou-se as frequências descritas na Tabela 9.

Tabela 9: Escolaridade dos respondentes

	Responsável Legal		Responsável Técnico	
	<i>Antes</i>	<i>Atual</i>	<i>Antes</i>	<i>Atual</i>
Ensino Médio	2	2	1	1
Ensino Superior	10	4	7	3
Pós-graduação lato sensu	5	7	5	5
Pós-graduação stricto sensu	23	27	27	31
TOTAL	40	40	40	40

Fonte: elaboração própria (2018).

4.1.3 Descrição das Empresas Proponentes

Uma exigência comum a todos os instrumentos de fomento da FUNCAP considerados neste estudo é a necessidade de vínculo do projeto com uma organização com personalidade jurídica formalizada, que assuma o projeto como proponente e esteja disposta a compartilhar os custos e riscos do processo de P&D. As exigências de participação foram requeridas das proponentes, que além de possuírem capital nacional, sede e foro no Estado do Ceará, deveriam atender adicionalmente aos seguintes quesitos, como exigido por exemplo, pelo Edital do FIT 1: a) Realizem ou se proponham a realizar atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e que ofereçam contrapartida financeira para a realização do projeto; b) Apresentem registros, alvarás e outros documentos que atestem sua constituição formal, devidamente registrados na Junta Comercial do Estado; c)

Comprovam a receita operacional bruta anual ou anualizada; d) Estejam em dia com suas obrigações tributárias municipais, estaduais e federais e não possuam pendências junto à FUNCAP.

Os quarenta projetos considerados para esta pesquisa são vinculados a vinte e duas proponentes caracterizadas conforme a classe de atividade econômica como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Atividade econômica das empresas proponentes conforme a CNAE 2.0

ATIVIDADE PRINCIPAL	QUANTIDADE DE EMPRESAS
Seção A - Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura	02
Seção C – Indústrias de Transformação	09
Seção J – Informação e Comunicação	03
Seção M - Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas	06
Seção Q – Saúde Humana e Serviços Sociais	02
AMOSTRA TOTAL DE EMPRESAS PROPONENTES	22

Fonte: Elaborado pela autora

A descrição permite observar a grande participação das indústrias de transformação, que contam com empresas fabricantes de alimentos, cosméticos, perfumaria, higiene, itens de metalurgia, componentes eletrônicos e outros artigos e artefatos. Na classe das atividades profissionais encontram-se principalmente empresas que desempenham atividades de pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais.

Cabe aqui destacar, que a descrição anteriormente apresentada refere-se à análise das atividades principais constantes nos cartões CNPJ das proponentes, consultados no sítio eletrônico da Receita Federal do Brasil (RFB) à época da coleta dos dados para o presente estudo. Portanto, quaisquer eventuais alterações de atividade principal efetivadas pelas empresas posteriormente à coleta dos dados não foram aqui refletidas.

Quanto ao porte de faturamento, classificou-se as empresas conforme as faixas de faturamento consideradas pela Receita Federal do Brasil (RFB). Desta forma, as empresas encontram-se distribuídas em 3 faixas: as que faturam até R\$360.000,00 anualmente, as que faturam mais de R\$360.000,00 até R\$4.800.000,00 e as que faturam mais de R\$4.800.000,00 até R\$300.000.000,00. A

primeira faixa agrupa a maior parte das empresas (65%), enquanto 30% encontra-se na segunda faixa e 5% na terceira.

4.1.4 Descrição dos Instrumentos de Fomento

Nove instrumentos de fomento operados pela FUNCAP conseguiram atender aos critérios de avaliação definidos pela pesquisa. Para os nove editais, foi possível obter pelo menos um respondente, apesar de ser possível notar que quanto mais antigo o período de execução do edital, menor a participação na amostra estudada. O edital Inovafit Fase 1, executado em 2016, foi o que concentrou a maior quantidade de projetos da amostra estudada, 14 no total, representando 35%. Na via contrária, o edital com menor quantidade de projetos foi o TIC, contratado em 2011, com apenas um projeto estudado.

O instrumento considerado com execução mais antiga foi o PAPPE 2, com três projetos amostrados. O Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas (PAPPE) conta com recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), geridos nacionalmente pela Financiadora de Estudos e Pesquisas (FINEP) e executados a nível estadual em convênio com a FUNCAP. Nas contratações realizadas em 2009 pelo PAPPE 2, a FINEP aportou R\$6 milhões ao tempo em que o governo estadual R\$3 milhões para apoio a 19 projetos contratados conforme as seis áreas priorizadas à época pelo Plano Estruturante do Sistema de Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará: Setores tradicionais da economia regional; Semicondutores e software; Nanotecnologia; Biotecnologia e Fármacos; Cadeia Produtiva de biocombustíveis/ Biomassa / Energias alternativas e Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde.

Em 2010 foram contratados 20 projetos por meio do edital FIT 1 (dois deles incluídos na amostra estudada) com o objetivo de aportar recursos não reembolsáveis do Fundo de Inovação do Estado do Ceará (FIT) prioritariamente nos temas: Agronegócio/Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Tecnologia da Informação e da Comunicação; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos; Biocombustíveis/Biomassa/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura;

Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde e Economia Criativa e Indústria Cultural.

Entre 2010 e 2011 foram contratados 23 projetos vinculados ao edital PAPPE 3 (6 deles incluídos na amostra estudada), novamente com recursos do FNDCT e Governo do Estado do Ceará que, nesta oportunidade somaram R\$15 milhões em apoio à PD&I nas áreas prioritárias: Agronegócio/Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Tecnologia da Informação e da Comunicação; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos; Biocombustíveis/Biomassa/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura; Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde; Economia Criativa e Indústria Cultural

Ainda em 2011, ocorreram 18 contratações, sendo 5 do edital TIC (uma delas incluída na amostra estudada), que teve como objetivo aportar R\$3 milhões do Fundo de Inovação Tecnológica do Estado do Ceará (FIT) especificamente para apoio à atividades do setor de Tecnologia da Informação e Comunicação e 13 do FIT 2 (duas delas incluídas na amostra estudada) com apoio a diversos setores, de forma que ambos os instrumentos contaram com um montante total aplicado de R\$13 milhões.

No ano de 2012 a FUNCAP contratou 27 projetos, sendo 14 no edital FIT 3 (quatro incluídos na amostra estudada), que aportou R\$10 milhões em investimento estadual para a inovação em diversas áreas temáticas. Os outros 13 contratos (quatro incluídos na amostra estudada) foram referentes ao PAPPE 4, que acumulou R\$9 milhões em recursos federais e estaduais para apoio a vários setores.

Em 2013 ocorreram 14 contratações relativas à primeira rodada do edital PAPPE 5 (quatro incluídas na amostra estudada) que objetivou apoiar vários setores da economia com o aporte total de R\$7 milhões.

Por fim, o instrumento mais recentemente encerrado, Inovafit Fase 1, contou com R\$3 milhões em investimento estadual para incentivo à PD&I executados pela FUNCAP e que conta com 14 projetos considerados na amostra estudada. O Inovafit compõe um programa de investimento dividido em duas fases, onde a primeira delas visa apoiar projetos de até R\$ 100.000,00 (cem mil reais), com duração prevista de até 6 meses com o objetivo de realizar pesquisa de viabilidade

técnica da proposta, incluindo a apresentação de um Produto Mínimo Viável, ou seja, uma versão preliminar do produto propriamente dito, de um processo ou de um serviço inovador, que possibilite testar hipóteses fundamentais do negócio. A segunda fase do Inovafit parte do pressuposto de que as proponentes (tendo ou não sido contempladas na Fase 1) já disponham de um produto mínimo viável da tecnologia a ser desenvolvida, de forma que o objetivo agora é apoiar a pesquisa aplicada como instrumento para promover a inovação tecnológica, estimular o desenvolvimento empresarial e aumentar a competitividade das empresas sediadas no Estado do Ceará, criando condições para incrementar a contribuição da pesquisa para o desenvolvimento econômico e social. Ainda são elencados como objetivos da segunda fase do instrumento: induzir o aumento do investimento privado em pesquisa tecnológica, promover a cooperação entre empresas sediadas no Estado do Ceará e instituições e ou grupos de pesquisa que atuam no estado, visando a inovação tecnológica. O Quadro 4, ilustra resumidamente a situação do fomento concedido no período de 2009 a 2016 pelos instrumentos considerados neste estudo.

Quadro 4 - Instrumentos de fomento à inovação operacionalizados pela FUNCAP (Continua)

INSTRUMENTO DE FOMENTO (ANO DAS CONTRATAÇÕES)	ÁREAS TEMÁTICAS PRIORIZADAS	TOTAL DE RECURSOS APORTADOS	CONT RATA ÇÕES
INOVAFIT - Fase 1 (2016)	Petróleo e gás; Tecnologia de informação e comunicação; Energias renováveis; Biotecnologia; Agronegócio e recursos hídricos; Fármacos; Eletrometal-mecânico e materiais; Couro e calçados; Têxtil e confecção; Indústria da construção civil e pesada; Nanotecnologia; Outros	R\$3 milhões (100% estadual)	37
PAPPE 5 – 1ª rodada (2013)	Comércio e serviços; Indústria da construção civil; Agronegócio; Tecnologia de materiais, metalmecânica e nanotecnologia; Saúde, biotecnologia, alimentos e fármacos; Biocombustíveis, energia eólica e energias alternativas; Indústria do turismo e hotelaria; Setores têxtil, couro, calçadista e moveleiro; Mineração, pedras ornamentais e cerâmica; Inovação social; Economia criativa e indústria cultural	R\$7 milhões (71% federal, 29% estadual)	14
PAPPE 4 (2012)	Comércio e Serviços; Indústria da Construção Civil; Indústria do Turismo e Hotelaria; Agronegócio (fruticultura, bovinocultura, ovino-caprinocultura etc.); Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Inovação Social; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos;	R\$9 milhões (76% federal, 24% estadual)	13

			(Continua)
	Biocombustíveis/Energia eólica/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura; Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde; Economia Criativa e Indústria Cultural; Tecnologia da Informação e da Comunicação		
FIT 3 (2012)	Comércio e Serviços; Indústria da Construção Civil; Indústria do Turismo e Hotelaria; Agronegócio (fruticultura, bovinocultura, ovino-caprinocultura etc.); Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Inovação Social; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos; Biocombustíveis/Energia eólica/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura; Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde; Economia Criativa e Indústria Cultural; Agricultura Familiar; Tecnologia da informação e comunicação	R\$10 milhões (100% estadual)	14
FIT 2 (2011)	Comércio e Serviços; Indústria da Construção Civil; Indústria do Turismo e Hotelaria; Agronegócio (fruticultura, bovinocultura, ovino-caprinocultura etc.); Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Inovação Social; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos; Biocombustíveis/Energia eólica/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura; Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde; Economia Criativa e Indústria Cultural; Agricultura Familiar; Infraestrutura para inovação	R\$10 milhões (100% estadual)	13
TIC (2011)	Tecnologia da Informação e Comunicação	R\$3 milhões (100% estadual)	05
PAPPE 3 (2010/2011)	Agronegócio/Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Tecnologia da Informação e da Comunicação; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos; Biocombustíveis/Biomassa/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura; Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde; Economia Criativa e Indústria Cultural	R\$15 milhões (67% federal, 33% estadual)	23
FIT 1 (2010)	Agronegócio/Setores Têxtil, Calçadista e Moveleiro; Tecnologia da Informação e da Comunicação; Tecnologia de Materiais/Metal Mecânico/Nanotecnologia; Biotecnologia/Alimentos/Fármacos; Biocombustíveis/Biomassa/Energias alternativas; Pesca e Aquicultura; Mineração/Pedras Ornamentais/Cerâmica; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde e Economia Criativa; Indústria Cultural	R\$6 milhões (100% estadual)	20
PAPPE 2 (2009)	Setores tradicionais da economia regional; Semicondutores e software; Nanotecnologia;	R\$9 milhões (67% federal,	19

	Biotecnologia e Fármacos; Cadeia Produtiva de biocombustíveis/ Biomassa / Energias alternativas; Equipamentos, instrumentos, produtos e processos da área da saúde	33% estadual)	
--	--	---------------	--

Fonte: Elaborado pela autora

O montante de recursos investidos nos projetos de PD&I contratados pela FUNCAP no período de 2009 a 2016 soma um total de R\$72 milhões, sendo R\$28 milhões de origem federal, advindos do FNDCT (aportados no Programa PAPPE) e R\$44 milhões de origem estadual, advindos do FIT. As quantias representam respectivamente 39% e 61% dos financiamentos não reembolsáveis concedidos a 158 projetos contratados no período considerado.

4.2 ATENDIMENTO AOS PRESSUPOSTOS DAS ANÁLISES MULTIVARIADAS

A fim de realizar o diagnóstico da normalidade dos dados, realizou-se os testes *Kolmogorov-Smirnov* e *Shapiro-Wilk*, que demonstraram resultados satisfatórios para um nível de significância $p > 0,05$, apenas para a variável Evolução Geral da TRL. Os resultados dos testes podem ser verificados na Tabela 11.

Tabela 11 - Testes de normalidade dos dados

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Aprendizado Externo	,188	40	,001	,919	40	,007
Desenvolvimento Conjunto	,194	40	,001	,827	40	,000
Aprendizado Interno	,252	40	,000	,768	40	,000
Totalidade do Nível de TRL Antes do Financiamento (TRL_A)	,157	40	,015	,885	40	,001
Totalidade do Nível de TRL Atualmente (TRL_D)	,198	40	,000	,824	40	,000
Evolução Geral da TRL (TRL_EVOL)	,088	40	,200*	,948	40	,066
Evolução Temporal da TRL (TRL_EVOLT)	,199	40	,000	,824	40	,000

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Elaborado pela autora

Como sugerido por Field (2009), utilizou-se a análise visual dos gráficos P-P de distribuição de probabilidades e os histogramas como forma auxiliar de decidir sobre a aceitação da normalidade. A análise visual, conduziu à decisão de que o conjunto de dados não difere significativamente de uma distribuição normal.

No caso da linearidade e homocedasticidade, verificou-se que os gráficos de dispersão não demonstraram anomalias, apresentando uma distribuição aleatória e não concentrada dos dados.

Por fim, realizou-se o teste de *Pearson* e verificou-se os valores do *Variance Inflation Factor* (VIF) para confirmar a multicolinearidade, que não demonstrou significância estatística no intervalo de confiança, bem como não obteve valores VIF acima de 10 nos diagnósticos de colinearidade, como recomendado por Corrar, Paulo e Dias Filho (2014).

4.3 A RELAÇÃO DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA COM O APRENDIZADO TECNOLÓGICO ORGANIZACIONAL (H1)

Para verificar o relacionamento existente entre o financiamento concedido pela FUNCAP aos projetos de PD&I por meio de subvenção econômica, buscou-se a realização de testes que permitam estabelecer a correlação e o poder preditivo entre o financiamento e o aprendizado das organizações proponentes dos projetos da amostra. A seguir são apresentadas as técnicas utilizadas e os resultados obtidos no tratamento estatístico dos dados.

O primeiro procedimento realizado foi uma análise fatorial exploratória para agrupar as 22 variáveis da escala de aprendizado organizacional em fatores que permitissem a construção de um modelo relacional com o financiamento. As extrações foram realizadas com base no autovalor (sem forçar a quantidade de fatores) e com uso da rotação varimax, com o objetivo de maximizar a dispersão das cargas das variáveis por todos os fatores. A extração final resultou na permanência de sete variáveis agrupadas em três fatores conforme descrito na Tabela 12.

Tabela 12: - Aprendizado - fatores gerados

Matriz de componente rotativa^a

	Componente		
	Aprendizado Externo (Fator1)	Desenvolvimento Conjunto (Fator 2)	Aprendizado Interno (Fator3)
Aquisição de Tecnologia Externa AO_AE_TEX	,950		
Solução Compartilhada de Problemas AO_SO_SCP	,787		
Visitas ao Exterior AO_SO_VEX	,930		
Desenvolvimento de Projetos com Clientes AO_AE_DPC		,818	
Desenvolvimento de Projetos com Parceiros AO_AE_DPP		,862	
Aprendendo pelas Rotinas AO_AI_APR			,890
Ferramentas de Disseminação do Conhecimento AO_SO_FDC			,815

Fonte: Elaborado pela autora

O Fator 1, composto pelos indicadores AO_AE_TEX, AO_SO_SCP e AO_SO_VEX, foi denominado Aprendizado Externo, por referir-se a atividades que proporcionam à organização aprender por meio do contato e troca de experiências ou absorção de expertise e novas práticas/processos advindos da aquisição de nova tecnologia desenvolvida externamente. O Fator 2 foi denominado Desenvolvimento Conjunto, haja vista sua composição pelos indicadores AO_AE_DPC e AO_AE_DPP que representam atividades de desenvolvimento de projetos integrados com clientes e parceiros, gerando trocas de informação e conhecimento também oriundos de fonte externa, mas específicos aos processos relativos à P&D. Finalmente, o Fator 3, composto pelos indicadores AO_AI_APR e AO_SO_FDC foi denominado Aprendizado Interno por contar tanto com uma prática que incentiva o aprendizado pela execução e melhoria de rotinas internas, quanto com outra prática que busca disseminar internamente tais experiências e aprendizados. A extração mostrou um adequado ajuste de amostragem com o índice KMO de 0,583, variância explicada acumulada de 84%, Sig. a 0,000 e *Alfa de Cronbach* da escala em 0,717, medidas que segundo Field (2009) são aceitáveis. Ao se encontrar três fatores relacionados ao aprendizado organizacional, a primeira hipótese (H1) foi subdividida conforme a seguir:

H1a: O Financiamento da inovação impacta positivamente sobre o Aprendizado Externo;

H1b: O Financiamento da inovação impacta positivamente sobre o Desenvolvimento Conjunto;

H1c: O Financiamento da inovação impacta positivamente sobre o Aprendizado Interno.

Após o agrupamento, procedeu-se à realização das regressões lineares para verificar a significância do impacto do financiamento em cada um dos três fatores componentes do aprendizado organizacional. Assim, tomou-se primeiramente a relação do financiamento com o Fator 1, Aprendizado Externo, e verificou-se que o Financiamento recebido não afetou esse tipo de aprendizado, tendo em vista que o Sig. da ANOVA apresentou índice acima do aceitável com 0,237 e houve um baixo poder explicativo na relação, com R^2 de apenas 0,191.

Na sequência testou-se a relação do financiamento com o Fator 2, Desenvolvimento Conjunto, e verificou-se também que o financiamento recebido não afetou o desenvolvimento conjunto, já que o Sig. da ANOVA apresentou índice acima do aceitável com 0,451 e nesse caso houve um poder de explicação ainda menor, com R^2 0,015, representando que caso houvesse significância, apenas 1,5% da variação no desenvolvimento conjunto poderia ser explicado por variações no financiamento.

Por fim, testou-se a relação do financiamento com o Aprendizado interno e foi possível concluir que também não houve relacionamento positivo, haja vista o Sig. da ANOVA, assim como nos demais casos, também ficar acima de 0,05 e o R^2 apresentar um índice de 0,028. Isso permite afirmar que se houvesse relacionamento positivo, o financiamento seria capaz de explicar apenas 2,8% das variações no aprendizado interno.

Como a verificação da relação do financiamento com o aprendizado organizacional deu-se de forma relativa apenas ao momento atual da empresa, não considerando a evolução temporal entre o antes e depois do recebimento do financiamento, não foi realizada a verificação da diferença de médias entre o aprendizado acumulado antes e depois do financiamento. Tendo em vista esta limitação, os testes realizados com a amostra considerada não permitem, portanto, a confirmação da hipótese de que o financiamento por meio de subvenção econômica influencia positivamente o aprendizado organizacional.

Nelson (1959) e Arrow (1962) afirmam que o conhecimento aplicado para a geração de novas soluções é o principal benefício resultante do processo inventivo. A dificuldade do setor privado em se apropriar com maior eficiência e obter renda direta a partir do aprendizado obtido com esse processo é apontada pela literatura com um dos fatores que dificultam os investimentos da iniciativa privada.

Um estudo minucioso sobre a dinâmica do aprendizado nas organizações financiadas poderia fornecer maiores detalhes explicativos da constatação feita pelo estudo de que o financiamento não afetou positivamente o aprendizado da organização. Bell e Pavitt (1995), bem como Nonaka e Takeuchi (1995) afirmam que o conhecimento formal e codificado não consegue incorporar a totalidade de fatores que afetam a performance de novos produtos ou processos, sendo necessário também considerar o conhecimento desincorporado ou não codificado. Nesta perspectiva, duas suposições poderiam ser investigadas com maior profundidade: a) as competências necessárias para a condução do avanço na maturidade das tecnologias já existiam nas organizações antes do recebimento do financiamento; b) a forma com que o construto aprendizado organizacional foi operacionalizado não conseguiu captar as relações existentes.

4.4 A INFLUÊNCIA DA SUBVENÇÃO ECONÔMICA NA MUDANÇA TECNOLÓGICA DOS PROJETOS FINANCIADOS (H2)

A segunda hipótese considerada no estudo buscou confirmar que o financiamento público não-reembolsável influencia positivamente a maturidade tecnológica dos projetos que receberam o aporte de recursos públicos. Após transcrever os questionários para a tabela de dados a ser analisada, realizou-se um procedimento de transformação para a obtenção de duas variáveis distintas, representativas do índice de totalidade da TRL em cada projeto, tanto com poder de representação da maturidade antes do financiamento e no momento da aplicação do questionário. Tais variáveis foram intituladas respectivamente de TRL_A e TRL_D, ambas calculadas pela divisão do somatório das respostas de cada item do questionário da TRL pelo total possível de ser obtido, compondo uma representação percentual do quanto cada projeto está próximo ou distante da completude do nível indicado. Assim, quanto mais próximo de 1, mais próximo o projeto se encontra de

passar para o nível seguinte de maturidade e, quanto mais próximo de 0, mais distante dessa evolução o projeto se encontra. A Tabela 2, anteriormente exposta no item 3.5.2, exemplifica o cálculo realizado.

O primeiro procedimento realizado teve o objetivo de verificar a diferença de médias entre TRL_A e TRL_D. Observou-se pelos testes que não há igualdade de variância entre os dois grupos, o que nos permite afirmar que, na amostra estudada, o nível de totalidade da TRL antes do financiamento é significativamente diferente do nível de TRL no momento da coleta dos dados, portanto, após o financiamento. Os resultados dos testes de variância são apresentados nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 - Teste de homogeneidade de variância para TRL_A e TRL_D

Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
5,212	1	78	,025

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 14 - ANOVA TRL_A e TRL_D

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	3,990	1	3,990	110,221	,000
Nos Grupos	2,824	78	,036		
Total	6,814	79			

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 15 - Testes robustos de igualdade de médias de TRL_A e TRL_D

	Estatística^a	df1	df2	Sig.
Welch	110,221	1	70,882	,000
Brown-Forsythe	110,221	1	70,882	,000

Fonte: Elaborado pela autora

Criou-se também uma variável representativa da evolução geral da TRL em cada projeto. Esta variável foi denominada TRL_EVOL e seu cálculo deu-se pela subtração do coeficiente de totalidade da TRL no momento da coleta dos dados (TRL_D) pelo coeficiente de totalidade antes do financiamento (TRL_A). Também foi criada uma variável representativa da evolução temporal da TRL, que nesse caso foi denominada de TRL_EVOLT, resultado da divisão da TRL_EVOL pela quantidade de meses decorridos entre a contratação do projeto e a aplicação do questionário

junto ao respondente.

Assim sendo, testou-se também a diferença de médias entre TRL_EVOL e TRL_EVOLT. Os testes demonstram que não há igualdade de variância entre os dois grupos, o que nos permite afirmar que, na amostra estudada, a evolução da TRL no tempo ocorreu de forma distinta da evolução geral da TRL (TRL_EVOL). Os resultados dos testes de variância são apresentados nas Tabelas 16, 17 e 18.

Tabela 16 - Teste de homogeneidade de variância para TRL_EVOL e TRL_EVOLT Unificadas

Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
72,100	1	78	,000

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 17 - ANOVA TRL_EVOL e TRL_EVOLT Unificadas

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	232,140	1	232,140	86,563	,000
Nos Grupos	209,177	78	2,682		
Total	441,316	79			

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 18 - Testes robustos de igualdade de médias de TRL_EVOL e TRL_EVOLT Unificadas

	Estatística ^a	df1	df2	Sig.
Welch	86,563	1	39,103	,000
Brown-Forsythe	86,563	1	39,103	,000

Fonte: Elaborado pela autora

Seguindo com as análises, buscou-se verificar o aceite da hipótese proposta com a realização de uma ANOVA unidirecional para testar o impacto do financiamento na maturidade tecnológica dos projetos. Para tanto, dividiu-se os projetos em dois grupos tomando-se a mediana do valor bruto financiado como parâmetro de corte. Dessa forma, 20 projetos ficaram no primeiro grupo, composto pelos projetos que receberam até R\$ 267.150,00 e os outros 20 no segundo grupo, dos projetos que receberam montante total acima dessa quantia. Relacionou-se, então, as variáveis TRL_EVOL e TRL_EVOLT com os dois grupos criados e os resultados das análises encontram-se descritos nas Tabelas 19, 20 e 21.

Tabela 19 - Teste de homogeneidade de variância para TRL_EVOL e TRL_EVOLT conforme grupo de financiamento

	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
TRL_EVOL	0,191	1	38	0,665
TRL_EVOLT	29,232	1	38	0,000

Fonte: Elaborado pela autora

O Teste de *Levene* para TRL_EVOL e TRL_EVOLT demonstra que a distribuição da variância da evolução da TRL nos grupos dos projetos que receberam mais e menos recursos financeiros é homogênea no caso do TRL_EVOL (Sig > 0,05) e heterogênea no caso da TRL_EVOLT (Sig. < 0,05).

Tabela 20 - ANOVA TRL_EVOL e TRL_EVOLT conforme grupo de financiamento

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
TRL_EVOL	Entre Grupos	7,559	1	7,559	1,427	0,240
	Nos Grupos	201,341	38	5,298		
	Total	208,900	39			
TRL_EVOLT	Entre Grupos	0,029	1	0,029	4,373	0,043
	Nos Grupos	0,248	38	0,007		
	Total	0,277	39			

Fonte: Elaborado pela autora

Entretanto, a Tabela 19, que representa os resultados da ANOVA, demonstra que a quantidade de financiamento recebido afeta apenas a evolução temporal da maturidade, já que o Sig. da TRL_EVOL apresentou índice acima de 0,05 enquanto o Sig. da TRL_EVOLT teve comportamento oposto.

Tabela 21 - Testes robustos de igualdade de médias de TRL_EVOL e TRL_EVOLT conforme grupo de financiamento

		Estatística ^a	df1	df2	Sig.
TRL_EVOL	Welch	1,427	1	37,972	0,240
	Brown-Forsythe	1,427	1	37,972	0,240
TRL_EVOLT	Welch	4,373	1	23,299	0,048
	Brown-Forsythe	4,373	1	23,299	0,048

Fonte: Elaborado pela autora

Os testes robustos de igualdade de médias expostos na Tabela 20 confirmam o diagnóstico da ANOVA já discutida. Portanto, é possível afirmar apenas que o valor recebido pelos projetos para desenvolvimento de suas tecnologias afeta sua maturidade apenas no que tange à relação da maturidade com o tempo utilizado no desenvolvimento.

Uma vasta literatura em diversas áreas como economia, finanças e

gestão da inovação concorda que o financiamento de atividades inovativas é primordial para o amadurecimento tecnológico de um país ou região. Prianichnikov (2013), Kerr e Nanda (2014), Szczyelski *et al.* (2016), Hong *et al.* (2016) são alguns dos autores que mais recentemente abordaram vários aspectos que tangem a importância da discussão acerca dessa temática. O estudo conseguiu demonstrar que, quando equalizado o índice de evolução em relação ao tempo levado para condução dos projetos, o financiamento teve impacto significativo na maturidade das tecnologias. É possível, portanto, afirmar que o Estado do Ceará tem sido eficaz ao cumprir seu papel na promoção do desenvolvimento tecnológico por meio da concessão de fomento não-reembolsável.

4.5 O VÍNCULO DO APRENDIZADO ORGANIZACIONAL COM A MUDANÇA TECNOLÓGICA DOS PROJETOS FINANCIADOS (H3)

O trabalho também buscou verificar a hipótese de que o aprendizado organizacional afeta positivamente a mudança tecnológica dos projetos financiados. Dessa forma, o primeiro procedimento executado foi a realização de duas regressões múltiplas tomando-se como preditores os três fatores do aprendizado obtidos na análise fatorial exploratória anteriormente realizada e as variáveis TRL_EVOL e TRL_EVOLT como independentes. Os resultados obtidos não demonstraram um bom ajuste no modelo que relacionou aprendizado externo, desenvolvimento conjunto e aprendizado interno com a evolução geral da TRL (TRL_EVOL), já que obteve-se $R^2=0,062$ e $Sig.=0,506$. Enquanto isso, a relação entre aprendizado externo, desenvolvimento conjunto e aprendizado interno com a evolução temporal da TRL (TRL_EVOLT) também não demonstrou impacto positivo, já que $Sig.=0,223$ (acima do intervalo de confiança de 0,05) e apresentou variância total explicada (R^2) muito baixa com índice de 0,113.

Diante desse cenário, decidiu-se por verificar a significância do relacionamento direto das 19 variáveis que compõem o construto aprendizado organizacional (independentes), tomando os indicadores de maturidade tecnológica (TRL_EVOL e TRL_EVOLT) como dependentes. Assim, a hipótese inicial foi desmembrada nas 19 sub-hipóteses a seguir relacionadas:

H3a: A consultoria afeta positivamente a maturidade tecnológica;

- H3b: O treinamento externo afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3c: A participação em congressos e seminários afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3d: O desenvolvimento de projetos com clientes afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3e: O desenvolvimento de projetos com parceiros afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3f: A aquisição de tecnologia externa afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3g: O treinamento interno afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3h: O aprendizado pelas rotinas afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3i: A resolução conjunta de problemas afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3j: O desenvolvimento conjunto de projetos com clientes e parceiros afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3k: As ferramentas de disseminação do conhecimento afetam positivamente a maturidade tecnológica;
- H3l: A solução compartilhada de problemas afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3m: As visitas ao exterior afetam positivamente a maturidade tecnológica;
- H3n: A participação em redes de discussão técnica afeta positivamente a maturidade tecnológica;
- H3o: O treinamento e a capacitação interna afetam positivamente a maturidade tecnológica;
- H3p: As certificações afetam positivamente a maturidade tecnológica;
- H3q: As codificações e especificações afetam positivamente a maturidade tecnológica;
- H3r: Os padrões, normas e boas práticas afetam positivamente a maturidade tecnológica;
- H3s: Os sistemas de controle gerencial afetam positivamente a

maturidade tecnológica.

O modelo da regressão representativa da relação entre os 19 indicadores e a TL_EVOL obteve o resultado descrito a seguir.

Tabela 22 - Regressão linear Aprendizado/TRL_EVOL - resumo do modelo

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	0,876 ^a	0,767	0,522	0,767

Fonte: Elaborado pela autora

O valor obtido para o R quadrado informa que mais de 76% da variação da TRL_EVOL pode ser explicado pelos 19 indicadores utilizados para mensurar o aprendizado organizacional. Seguindo com os testes, ao verificar a ANOVA na Tabela 23, pode-se concluir que os resultados foram significativos para $p < 0,05$ e que, portanto, o aprendizado organizacional influencia a evolução geral da TRL.

Tabela 23 - Regressão linear Aprendizado/TRL_EVOL - ANOVA

Modelo	Soma dos quadrados	df	Quadrado médio	Z	Sig.
Regressão	36,808	20	1,840	3,131	0,008
Resíduo	11,167	19	0,588		
Total	47,975	39			

Fonte: Elaborado pela autora

Analisando os coeficientes da regressão, é possível observar que os indicadores de Aprendizado com impacto significativo e positivo na evolução geral da TRL foram: Treinamento externo ($B=1,951$), Desenvolvimento de projetos com clientes ($B=2,949$) e Aprendizado pelas rotinas ($B=3,492$), conforme evidenciado na Tabela 24.

Tabela 24 - Coeficientes da regressão Aprendizado > TRL_EVOL

		Coeficientes ^a			(Continua)	
		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
Modelo		B	Erro Padrão	Beta		
1	(Constante)	-12,460	4,474		-2,785	,012
	Consultoria AO_AE_CON	,495	,947	,441	,523	,607

Treinamento Ext AO_AE_TCE	1,951	,720	1,484	2,709	,014
Part Congressos e Seminários AO_AE_PCS	-2,167	1,011	-1,313	-2,143	,045
Desenv Proj com Clientes AO_AE_DPC	2,949	,792	2,384	3,724	,001
Desenv Proj com Parceiros AO_AE_DPP	-,250	,469	-,183	-,533	,601
Aquisição de Tecn Externa AO_AE_TEX	-,351	,631	-,324	-,556	,585
Treinamento Interno AO_AI_TIN	-1,676	,620	-1,500	-2,703	,014
Aprend pelas Rotinas AO_AI_APR	3,492	1,213	1,776	2,878	,010
Res Conj de Problemas AO_AI_RCP	,765	,525	,303	1,457	,161
Des com Clientes e Parceiros AO_SO_DCP	-1,515	,991	-1,014	-1,528	,143
Ferramentas Diss Conhecimento AO_SO_FDC	-,427	,918	-,431	-,465	,647
Solução Compart de Problemas AO_SO_SCP	-,626	,599	-,658	-1,044	,310
Visitas ao Exterior AO_SO_VEX	1,069	,853	1,040	1,253	,225
Part Redes de Discussão Técnica AO_SO_RDT	-,266	,378	-,292	-,705	,489
Trein e Capacitação Internos AO_SO_TCI	-1,181	,866	-,976	-1,363	,189
Certificações AO_CC_CER	-1,606	1,166	-1,200	-1,377	,184
Codifcações e Especificações AO_CC_CES	-,585	,760	-,646	-,771	,450
Padrões Normas e Boas Práticas AO_CC_PNB	2,506	1,751	1,634	1,432	,169

Sistemas de Controle Gerencial AO_CC_SIS	-,786	,771	-,594	-1,019	,321
--	-------	------	-------	--------	------

Variável Dependente: Evolução Geral da TRL

Fonte: elaborado pela autora

Finalizando as análises, testou-se a relação entre os 19 indicadores de aprendizado organizacional e a evolução temporal da TRL (TRL_EVOLT). Os resultados obtidos não demonstraram significância suficiente para afirmarmos que o aprendizado influenciou positivamente a evolução temporal da maturidade tecnológica.

Como já discutido, o conhecimento tácito, baseado na prática, possui características difusas que dificultam sua mensuração de forma objetiva. Kim e Nelson (2005) destacam que cada estágio do desenvolvimento tecnológico engloba custos, riscos e externalidades que afetam a maturidade da tecnologia. Lundvall e Johnson (1994), por sua vez, afirmam que o aumento na diversidade de fontes de conhecimento que precisam ser equalizadas pela empresa para a gestão bem-sucedida do processo de inovação, combinada a produtos com ciclo de vida cada vez menores, traz importantes implicações para o aprendizado da empresa.

Os resultados do estudo demonstram a importância e confirmam a influência de indicadores pertencentes a duas das quatro dimensões de aprendizado descritas por Figueiredo (2001; 2004). O indicador referente à realização de treinamento externo (Dimensão: aquisição externa de conhecimento) indicou que a cada unidade adicional oferecida aos colaboradores, representa um aumento de quase duas unidades no conhecimento. Por sua vez, uma unidade a mais de desenvolvimento de projetos com clientes (Dimensão: aquisição externa de conhecimento) representa um aumento ainda mais notável no acúmulo de conhecimento organizacional, com um índice de quase 3 unidades. E, por fim, o aprendizado pelas rotinas (Dimensão: aquisição interna de conhecimento) é a prática que mais contribui para o acúmulo de conhecimento, com um índice de 3,492 unidades adicionais.

Pode-se afirmar com base nesse panorama que as práticas de aprendizado organizacional devem, na medida do possível, ser incentivadas de forma intensiva durante o financiamento. À instituição financiadora caberia, então, a decisão sobre priorizar dimensões ou práticas que julgar mais eficazes para a

promoção de aprendizados que conduzam as tecnologias a resultados esperados conforme os objetivos de cada instrumento de fomento.

De forma resumida, é possível demonstrar o cumprimento dos objetivos propostos ao verificar os quadros 5, 6 e 7.

Quadro 5 - Resultados obtidos para o Objetivo Específico 1

Objetivo Específico	Técnica de Análise	Hipótese(s) Vinculada(s)	Resultado
<i>OE₁</i> – identificar a relação do financiamento público por meio de subvenção econômica com o aprendizado tecnológico da organização financiada	Análise Fatorial Exploratória; Regressão Linear	H1a: O Financiamento da inovação impacta positivamente sobre o Aprendizado Externo	Rejeitada
		H1b: O Financiamento da inovação impacta positivamente sobre o Desenvolvimento Conjunto	Rejeitada
		H1c: O Financiamento da inovação impacta positivamente sobre o Aprendizado Interno	Rejeitada

Fonte: elaborado pela autora

Quadro 6 - Resultados obtidos para o Objetivo Específico 2

Objetivo Específico	Técnica de Análise	Hipótese(s) Vinculada(s)	Resultado
<i>OE₂</i> – descrever a influência do financiamento público na mudança tecnológica do projeto financiado	Análise de Variância (ANOVA)	O financiamento afeta positivamente a maturidade tecnológica dos projetos	Aceita

Fonte: elaborado pela autora

(Continua)

Quadro 7 - Resultados obtidos para o Objetivo Específico 3

<i>OE₃</i> – caracterizar o vínculo do aprendizado organizacional com a mudança tecnológica do projeto financiado	Regressão Linear	H3a: A consultoria afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Aceita
		H3b: O treinamento externo afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Aceita
		H3c: A participação em congressos e seminários afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3d: O desenvolvimento de projetos com clientes afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Aceita
		H3e: O desenvolvimento de projetos com parceiros afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3f: A aquisição de tecnologia externa afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3g: O treinamento interno afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada

		H3h: O aprendizado pelas rotinas afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Aceita
		H3i: A resolução conjunta de problemas afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3j: O desenvolvimento conjunto de projetos com clientes e parceiros afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3k: As ferramentas de disseminação do conhecimento afetam positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3l: A solução compartilhada de problemas afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3m: As visitas ao exterior afetam positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3n: A participação em redes de discussão técnica afeta positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3o: O treinamento e a capacitação interna afetam positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3p: As certificações afetam positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3q: As codificações e especificações afetam positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3r: Os padrões, normas e boas práticas afetam positivamente a maturidade tecnológica;	Rejeitada
		H3s: Os sistemas de controle gerencial afetam positivamente a maturidade tecnológica.	Rejeitada

Fonte: elaborado pela autora

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo verificou as relações existentes entre o financiamento da inovação (por meio da subvenção econômica concedida pela FUNCAP), a maturidade tecnológica dos projetos financiados e o aprendizado tecnológico das organizações a eles vinculadas, utilizando uma abordagem de pesquisa com natureza descritivo-explicativa e metodologia mista. Os objetivos específicos definidos para responder à questão norteadora foram atendidos utilizando-se técnicas robustas de análise estatística multivariada que mostraram resultados adequados, que em conjunto com o suporte teórico visitado, foram capazes de permitir inferências substanciais.

Conforme o framework teórico-metodológico da pesquisa, buscou-se aplicar métodos e técnicas condizentes para avaliar as relações entre os construtos. O financiamento da inovação foi tomado como variável independente em todos os modelos testados, conforme o delineamento *ex-post facto* declarado nos objetivos da pesquisa. Assim, tomou-se como unidade de análise os projetos financiados e buscou-se avaliar a mudança na maturidade tecnológica por meio de sua mensuração antes e depois do recebimento do financiamento.

Houve um esforço em relativizar os dados obtidos acerca da maturidade das tecnologias, de forma a considerar o lapso temporal entre a contratação dos projetos e o período da coleta dos dados, admitindo-se que o desenvolvimento pode ter continuado com uso de recursos de outras fontes, mesmo depois do encerramento do financiamento concedido pela FUNCAP. A medida também foi útil para equalizar a avaliação da maturidade das tecnologias, de forma que projetos que obtiveram maior índice de maturidade e maior intervalo de tempo para desenvolvimento, pudessem ser comparados de forma justa com projetos que obtiveram menor índice e menor tempo.

De forma complementar, devido à forte indicação da literatura de que o conhecimento acumulado pela organização afeta sobremaneira essa relação, buscou-se identificar esta influência, concluindo-se que as práticas de aprendizado, principalmente advindas de fontes externas e secundariamente de origem interna, são as que influenciam positivamente a maturidade tecnológica dos projetos, não

sendo possível afirmar que o financiamento recebido afetou o acúmulo desse tipo de aprendizado.

O fato de a estruturação política e econômica no Brasil ainda demonstrar grande apego ao paradigma linear de desenvolvimento científico e tecnológico, faz com que mudanças significativas, capazes de alterar o cenário de aversão do setor privado aos riscos do processo de P&D, não pareçam estar próximas. O setor público tem observado essa falha e vem procurando reduzir o vale da morte criado por ela com iniciativas de financiamento diversificadas a fim de dar suporte ao desenvolvimento tecnológico sustentado.

Recomenda-se a pesquisadores, inventores e empresários a busca por mais fontes de conhecimento de origem externa e a adoção de métodos de gestão capazes de identificar, valorizar e disseminar o conhecimento interno e não codificado na organização. A oferta de treinamentos externos aos funcionários, o desenvolvimento de projetos em parceria e a disseminação de aprendizados obtidos internamente são valiosas fontes de aprendizado útil que podem alavancar o desenvolvimento tecnológico e compor diferencial competitivo estratégico.

Com relação ao setor público, as implicações gerenciais demonstram que a subvenção econômica, de fato, auxilia as tecnologias a chegarem mais próximo do mercado, já que estas conseguiram um nível de maturidade maior com uso dos recursos subvencionados. Esse esforço poderia ser ainda mais positivo com o incentivo aos projetos em participarem de treinamentos e capacitações externas em temas específicos relacionados com as tecnologias, contratação de consultorias externas, o desenvolvimento de projetos em parceria e a disseminação de conhecimentos obtidos por meio das rotinas internas da organização.

Para a FUNCAP, a implantação de uma sistemática concreta de avaliação presencial da execução dos projetos por meio de auditorias periódicas pode ser de grande utilidade. A captação *in loco* de evidências que registrem as atividades que estão sendo desenvolvidas pode ser boa oportunidade de sugerir melhorias que auxiliem os proponentes a superar dificuldades e obter maior chance de sucesso ao final do projeto. A avaliação inicial da *TRL* poderia ser realizada no momento da contratação dos projetos, por meio de questionário com ou sem assistência de pesquisador. Assim, com a realização das verificações periódicas, a avaliação da

maturidade após o financiamento seria aferida por avaliador *ad hoc*, durante o processo de avaliação final dos relatórios técnico e de prestação de contas. Para isso, a verificação das evidências empíricas de cumprimento das atividades previstas no plano do projeto seria de grande valia.

Quanto às contribuições teóricas do estudo, tem-se a verificação de um modelo relacional com uso de diferentes escalas que a revisão de literatura não demonstrou terem sido conjuntamente aplicadas anteriormente. Os resultados coadunam com parte das perspectivas teóricas abordadas e ressaltam a necessidade de maiores estudos para clarificar relações não consideradas.

Como a escala TRL é relativamente recente e seu uso ainda restrito, recomenda-se a realização de mais pesquisas capazes de verificar sua aplicação e adaptação a diferentes áreas e contextos. A adaptação de seu vocabulário para áreas específicas pode auxiliar na aplicação inicial da escala durante a contratação dos projetos e facilitar a aferição final por avaliador *ad hoc*.

As limitações enfrentadas pelo estudo referem-se ao tamanho da amostra considerada, face ao universo de sujeitos pesquisados, impedindo o uso de técnicas de análise mais robustas, como as análises sistêmicas, por exemplo. A abordagem dos sujeitos pesquisados com uso da escala TRL em linguagem generalista, apesar de validada por especialistas de três áreas distintas, em geral ainda causa necessidade de esclarecimentos específicos aos respondentes com auxílio de um especialista. A literatura também aponta que a escala TRL desconsidera alguns aspectos importantes que impactam no lançamento comercial da tecnologia, como capacidade produtiva da organização, infraestrutura de produção, competências comerciais e mudanças organizacionais necessárias à absorção do novo produto/serviço na organização, fatores que certamente impactam no sucesso comercial da tecnologia.

Por fim, a amostra estudada evidenciou apenas a evolução da maturidade interna ao nível atual que os respondentes informaram para a tecnologia no momento da coleta dos dados. Assim, a realização de estudos para testar outras opções de adaptação da escala poderia ser esclarecedora, no sentido de captar como se dá a evolução da maturidade das tecnologias financiadas quando há mudança de nível. Estudos futuros também poderiam considerar a verificação de

mais relações entre tempo de execução dos projetos e outros fatores como: valor do aporte concedido, distribuição do valor concedido nas rubricas financiadas, recorrência de submissão de projetos de um mesmo proponente, recebimento de financiamento de outras fontes tanto antes como após o aporte concedido pela FUNCAP e participação do proponente em outras iniciativas de apoio ou programas de aceleração tecnológica.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. M.; SICSÚ, J. Inovação Institucional e Estímulo ao Investimento Privado. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 3, 2000.
- ARROW, K. J. Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In: NELSON, R. **The Rate and Direction of Inventive Activity**. New Jersey: [s.n], 1962.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16290**: sistemas espaciais - definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- AUERSWALD, P. E.; BRANSCOMB, L. M. Valleys of Death and Darwinian Seas: financing the invention to innovation transition in the United States. **Journal of Technology Transfer**., n. 28, p. 227-239, 2003.
- AVELLAR, A. P. Impacto das Políticas de Fomento à Inovação no Brasil sobre o Gasto em Atividades Inovativas e em Atividades de P&D das Empresas. **Estudos Econômicos**, v. 39, n. 3, p. 629-649, 2009.
- BABBIE, E. **Métodos de Pesquisas de Survey**. Belo Horizonte: UFMG, 2003.
- BELL, M. Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. In: KING, K.; FRANSMAN, M. **Technological Capability in the Third World**. London: Macmillan, 1984.
- 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**, v. 33, n. 1, p. 14-40, 2012.
- _____. PAVITT, K. Technological Accumulation and Industrial Growth: contrasts between developed and developing countries. **Industrial and Corporate Change**, v. 2, n. 2, p. 157-210, 1993.
- _____. PAVITT, K. The Development of Technological Capabilities. In: HAQUE, I. u. **Trade, Technology and International Competitiveness**. Washington: The World Bank, 1995.
- BRANSCOMB, L. M.; AUERSWALD, P. E. **Between Invention and Innovation: an analysis of funding for early-stage technology development**. U.S. Department of Commerce. Gaithersburg, 2002.
- BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 10.973, de 02 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 11.196, de 21 de novembro de 2005**. Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital; dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica [...] e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm>. Acesso em: 28 mar. 2017.

BROWN, J. R.; FAZZARI, S. M.; PETERSEN, B. C. Financing Innovation and Growth: Cash Flow, External Equity, and the 1990s R&D Boom. **The Journal of Finance**, v. 64, n. 1. 2009.

BUSH, V. **Science, the Endless Frontier**: a report the the president on a program for postwar scientific research. Washington: National Science Foundation, 1960.

BUENO, A.; TORKOMIAN, A. L. V. Financiamentos à Inovação Tecnológica: reembolsáveis, não-reembolsáveis e incentivos fiscais. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 135-158, out./dez. 2014.

CALMANOVICI, C. E. A Inovação, a Competitividade e a Projeção Mundial das Empresas Brasileiras. **Revista USP**, São Paulo, n. 89, p. 190-203, 2011.

CASSIOLATO, J. E.; SZAPIRO, M. Os Dilemas da Política Industrial e de Inovação: os problemas da região sudeste são os do Brasil. In: LEAL, C. F. C. et al. **Um Olhar Territorial para o Desenvolvimento**: sudeste. Rio de Janeiro: BNDES, 2015.

CATARINO, L. C. **Abordagem dos modelos TRL, MRL e CMMI-DEV aplicada ao desenvolvimento de pequenos e médios fornecedores da cadeia produtiva espacial**. 2014. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologias Espaciais / Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais)- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, p. 177. 2014.

CHESNAIS, F.; SAUVIAT, C. O Financiamento da Inovação Tecnológica no Contexto Atual de Acumulação Financeira. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Hucitec; Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

CHUDNOVSKY, D.; LÓPEZ, A.; ROSSI, M.; UBFAL, D. **Evaluating a Program of Public Funding of Private Innovation Activities**: an econometric study of FONTAR. Argentina: Inter-American Development Bank, 2006. Disponível em: <<http://ove/oveIntranet/DefaultNoCache.aspx?Action=WUCPublications@ImpactEvaluations>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

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.

- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Financiamento à Inovação**. Brasília: CNI, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/mobilizacao-empresarial-pela-inovacao/publicacoes/financiamento-inovacao/>>. Acesso em: 12 jul. 2017.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise Multivariada**: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, 2014.
- COSTA, F. J. **Mensuração e Desenvolvimento de Escalas**: aplicações em Administração. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.
- COSTA, A. C.; SZAPIRO, M.; CASSIOLATO, J. E. Análise da Operação do Instrumento de Subvenção Econômica à Inovação no Brasil. **LALICS**, v. 5, n. 2, 2013.
- DAHLMAN, C.; ROSS-LARSON, B.; WESTPHAL, L. E. Managing Technological Development: lessons from the newly industrializing countries. **World Development**. v. 16, n. 6, p. 759-775, 1987.
- DOSI, G. The Nature of Innovative Process. In: DOSI, G. et al. **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter Publishers, 1988.
- DUTRÈNIT, G. **Learning and Knowledge Management in the Firm**: from knowledge accumulation to strategic capabilities. Northampton: Edward Elgar, 2000.
- EISENHARDT, K. M.; MARTIN, J. A. Dynamic Capabilities: what are they? **Strategic Management Journal**, v. 21, p. 1105-1121, 2000.
- EUROPEAN ASSOCIATION OF RESEARCH IN TECHNOLOGY ORGANIZATIONS. **The TRL Scale as a Research and Innovation Policy Tool**: EARTO Recommendations, 2014. Disponível em: <http://www.earto.eu/fileadmin/content/03_Publications/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2017.
- FIELD, A. **Descobrimos a Estatística Usando o SPSS**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FIGUEIREDO, P. N. **Technological Learning and Competitive Performance**. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2001.
- _____. Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n. 2, jul./dez., 2004.
- _____. Acumulação Tecnológica e Inovação Industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, 2005.
- FREEMAN, C.; SOETE, L. **The Economics of Industrial Innovation**. Cambridge: The MIT Press, 1997.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOI, C. K. In: GODOI, C. K.; MELO, R. B.; SILVA, A. B. **Pesquisa Qualitativa em Estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HALL; LERNER, J. The Financing of R&D and Innovation. In: HALL, B. H; ROSENBERG, N. **Handbook of Economics of Innovation**. North Holland: [s.n.], 2010.

HONG, J.; FENG, B.; WU, Y.; WANG, L. Do government grants promote innovation efficiency in China's high-tech industries? **Technovation**., v. 5, n. 1, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC 2008)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC 2014)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

ISHIKURA, Y. Gestão do Conhecimento e Concorrência Global: a abordagem da Olympus à gestão do conhecimento global na indústria de câmeras fotográficas digitais. In: NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Gestão do Conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

KATZ, J. **Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries**. Basingstoke: Macmillan Press, 1987.

KERR, W. R.; NANDA, R. Financing Innovation. **Bank of Finland Research**, v. 5, n. 2, 2015

_____. NELSON, R. **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: Unicamp, 2005.

KLINE, S.; ROSENBERG, N. An Overview of Innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. **The Positive Sum Strategy: harnessing technology for economic growth**. Washington: National Academy Press, 1986.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LALL, S. A Mudança Tecnológica e a Industrialização nas Economias de Industrialização Recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, L.; NELSON, R. R. **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: Unicamp, 2005.

LAZONICK, W.; MAZZUCATO, M. The Risk-Reward Nexus in the Innovation-Inequality Relationship: Who Takes the Risks? Who Gets the Rewards? **Industrial and Corporate Change**, v. 22, n. 4, 2013.

LEÃO, C.; LOURDES, M. Histórico do Apoio à Inovação no Brasil. In: GARCIA, C. **Fomento à Inovação: da ideia ao recurso**. Belo Horizonte: Inventta + bgi, 2016.

- LUNA, F.; MOREIRA, S.; GONÇALVES, A. Financiamento à Inovação. In: NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. **Políticas de Incentivo à Inovação tecnológica**. Brasília: IPEA, 2008.
- LUNDVALL, B-Å. Políticas de Inovação na Economia do Aprendizado. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 10, 2001.
- _____. JOHNSON, B. The Learning Economy. **Journal of Industry Studies**, n. 1, v. 2, p. 23-42, 1994.
- MANKINS, J. C. Technology Readiness and Risk Assessments: a new approach. **Acta Astronautica**, n. 65, p. 1208-1215, 2009.
- MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor**: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguim, 2014.
- _____. SEMIENIUK, G. Public Financing of Innovation: New Questions. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 33, n. 1, 2017.
- MORAIS, J. M. Uma Avaliação de Programas de Apoio Financeiro à Inovação Tecnológica com Base nos Fundos Setoriais e na Lei de Inovação. In: NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. **Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica**. Brasília: IPEA, 2008.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Systems Engineering Handbook**. Washington D.C.: [s.n.], 2007. Disponível em: <<http://www.acq.osd.mil/se/docs/NASA-SP-2007-6105-Rev-1-Final-31Dec2007.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- NELSON, R. R. The Simple Economics of Basic Scientific Research. **Journal of Political Economy**. v. 49, p. 297-306, 1959.
- NOLTE, W.; KENNEDY, B.; DZIEGIEL, R. **Technology Readiness Calculator**. [S.l.:s.n], 2003. Disponível em: <<https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2003/systems/nolte2.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2017.
- _____. TOYAMA, R.; KONNO, N. SECI, Ba and Leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. **Long Range Planning**, v. 33, p. 5-34, 2000.
- NUNES, B. M.; QUEIROZ, J. V.; FURUKAVA, M. **Avaliação de Maturidade da Inovação**. Porto Alegre: Revolução eBooks, 2016.
- PENROSE, E. **The Theory of the Growth of the Firm**. New York: Oxford University Press, 1959.
- _____. **A Teoria do Crescimento da Firma**. Campinas: Unicamp, 2006.
- PINHO, G. A. **Financiamento Público à Inovação**: um exame da alocação de recursos de subvenção econômica e operações de crédito à inovação tecnológica nas empresas. 2016. 137f. Dissertação (Mestrado em Economia)- Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2016.

PRIANICHNIKOV, D. Financing Innovation Companies. **Problems of Economic Transition.**, v. 56, n. 6, 2013.

RASMUSSEN, E.; SORHEIM, R. Obtaining early-stage financing for technology entrepreneurship: reassessing the demand-side perspective. **Venture Capital**, v. 14, p. 77-89, abr./jul. 2012.

ROCHA, M. C.; SOUZA, P. Os Recursos Financeiros de Apoio à Inovação no Brasil. In: GARCIA, C. **Fomento à Inovação: da ideia ao recurso**. Belo Horizonte: Inventta + bgi, 2016.

ROUSSEL, P. A.; SAAD, K. N.; BOHLIN, N. **Third Generation R&D**. [S.l.]: Harvard Business School Press, 1991.

_____. SAAD, K. N.; ERICKSON, T. J. The Evolution of Third Generation R&D. **Planning Review**, v. 19, p. 18-26. 1991.

SCHUMPETER, J. A. **The Theory of Economic Development**. Cambridge: Harvard University, 1934.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SILVA-JUNIOR, J. J. **Mecanismos de Aprendizagem e Acumulação de Capacidades Tecnológicas**: um estudo com empresas de software do nordeste brasileiro. 2013. 100f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós Graduação em Administração, Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2013.

STAUB, E. Como Estimular o Investimento e Financiar o Crescimento. In: SEMINÁRIO POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO, 2, 2002. São Paulo. **Anais...** São Paulo: FIESP; IEDI, 2002.

STOKES, D. E. **O Quadrante de Pasteur**: a ciência básica e a inovação tecnológica. Campinas: Unicamp, 2005.

SZCZYGIELSKI, K.; GRABOWSKI, W. PAMUKCU, M. T; TANDOGAN, V. S. Does Government Support for Private Innovation Matter? Firm-level Evidence From Two Catching-up Countries. **Research Policy**, v. 5, n. 1, 2016.

TAKEUCHI, H. NONAKA, I. **Gestão do Conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. **Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative**. Washington: [s.n.], 2016.

TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

TOMASCHEK, K.; OLECHOWSKI, A.; EPPINGER, S.; JOGLEKAR, N. A Survey of Technology Readiness Level Users. In: ANNUAL INCOSE INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 26., 2016, Edinburgh. **Anais...** Edinburgh: [s.n], 2016.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2014.

VIOTTI, E. B. Brazil: From S&T to innovation policy? The evolution and the challenges facing Brazilian policies for science, technology and innovation. In: GLOBELICS CONFERENCE, 4., 2008. [S.l.]. **Anais...** [S.l.:s.n.],. 2008.

APÊNDICE

APÊNDICE A - INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS (QUESTIONÁRIO)

Este questionário tem a finalidade de coletar dados para avaliar os impactos que o fomento concedido por meio dos editais de subvenção da FUNCAP tiveram na maturidade tecnológica dos projetos financiados. As respostas são anônimas e confidenciais.

Bloco I - APRENDIZADO ORGANIZACIONAL

Para responder este bloco, considere **a empresa como um todo** e não apenas a tecnologia financiada. Assinale a frequência das práticas de aprendizado utilizadas 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 (<i>ex.: contratação de uma consultoria para certificação apenas uma vez por um curto período de tempo</i>)
Intermitente	Utilização do processo ou mecanismo de forma descontínua ou intermitente (<i>ex.: realização de reuniões durante um período, depois abandonar a ideia. Algum tempo depois retomá-la, podendo repetir o mesmo ciclo</i>)
Contínuo	Utilização do processo ou mecanismo de forma contínua ou, dependendo da natureza do processo, em diversas ocasiões (<i>ex.: sempre realizar um treinamento técnico quando estiver disponível</i>)

Aquisição Externa de Conhecimento:

Mecanismos e Processos Externos de Aquisição de Conhecimento		Frequência			
		Nunca utilizou	Apenas uma vez	Intermitente	Contínuo
01	Contratação de consultores externos para certificações e melhorias na empresa				
02	Treinamentos e capacitações externas dos funcionários				
03	Participação em 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)				

Aquisição Interna de Conhecimento:

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

Socialização do Conhecimento:

Mecanismos e Processos de Compartilhamento do Conhecimento		Frequência			
		Nunca utilizou	Apenas uma vez	Intermitente	Contínuo
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				

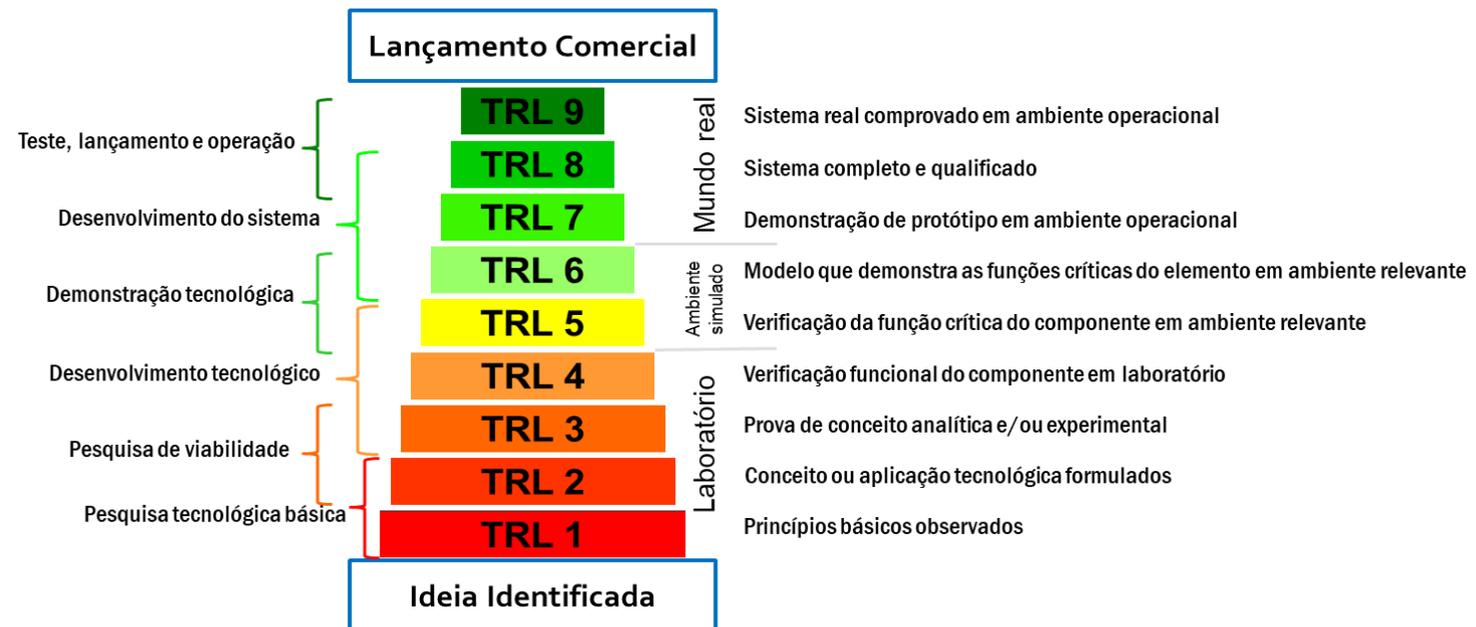
Codificação do Conhecimento:

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

Bloco II - MUDANÇA TECNOLÓGICA

Analisando os níveis a seguir, defina qual deles melhor representa o **ATUAL** estágio de desenvolvimento da tecnologia e, a seguir, responda apenas o questionário correspondente ao nível identificado.

Ex: se você verificar que o nível “TRL 6” é o que melhor representa a atual situação de maturidade da tecnologia, desconsidere todos os demais e responda apenas o questionário da TRL 6.



Indique seu nível de concordância com cada afirmação imaginando como estava classificado o status de conclusão de cada atividade listada antes e depois do recebimento do financiamento. Você deve utilizar a escala abaixo como referência:

1	O item foi cumprido em até 25%
2	O item foi cumprido entre 26% até 50%
3	O item foi cumprido entre 51% até 75%
4	O item foi cumprido entre 76% até 99%
5	O item foi 100% cumprido

TRL 1	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.1 As teorias, princípios e suposições usadas na nova tecnologia foram definidas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.2 Tenho algum conceito em mente que pode ser realizado em tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.3 Sei o que a tecnologia precisa fazer em termos gerais	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.4 Há estudos formais que confirmam os princípios básicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.5 Há formulações teóricas ou empíricas de conceitos que podem ser transformados em tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.6 Tenho uma ideia que captura os princípios básicos de um possível formato da tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.7 Há observações científicas iniciais relatadas em revistas/conferências/procedimentos/relatórios técnicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.8 Há princípios científicos básicos observados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.9 Sei a quem a tecnologia poderia ser importante (ex: patrocinador, financiador)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.10 Há hipótese(s) de pesquisa formulada(s)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.11 Sei quem irá realizar a(s) pesquisa(s) e onde será(ão) feita(s)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL2	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.1 Há algumas formalizações, testes e experimentos para confirmar os princípios básicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.2 As principais funções da tecnologia foram definidas?	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.3 Há uma metodologia ou protocolo usados apenas para verificar os princípios básicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.4 Há experimentos e testes realizados com dados simulados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.5 Há estudos analíticos relatados em revistas científicas/conferências/relatórios técnicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.6 Algumas partes individuais da tecnologia já funcionam (ainda não há tentativa real de integração)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.7 Sei em qual plataforma a tecnologia será hospedada (se aplicável)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.8 Há um plano de investimento estratégico	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.9 Conheço capacidades e limitações de pesquisadores e instalações de pesquisa	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.10 Sei quais experimentos, testes e pesquisas de campo precisam ser feitos (abordagem de pesquisa)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.11 Há uma ideia qualitativa das áreas de risco (custo, cronograma, desempenho)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2.12 Tenho uma ideia aproximada de como comercializar a tecnologia (quem está interessado; como eles vão saber sobre isso?)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL3	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.1 Há um ambiente acadêmico/empresarial envolvido no desenvolvimento	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.2 A ciência aplicável é conhecida até o ponto em que modelos e testes são possíveis	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.3 As características e medidas preliminares de desempenho da tecnologia foram identificadas e estimadas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.4 Ainda não há nenhum componente da tecnologia, apenas infraestrutura básica de pesquisa em laboratório para verificar os princípios básicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.5 Há experimentos de laboratório ou campo que verificam a viabilidade da aplicação da tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.6 Pelo menos um representante do cliente foi designado para trabalhar com a equipe de desenvolvimento	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.7 O cliente participa na definição dos requisitos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.8 Os efeitos cruzados da tecnologia (se houverem) começaram a ser identificados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.9 As técnicas de desenho do produto foram identificadas/desenvolvidas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.10 Há estudos formais indicando que os componentes da tecnologia devem funcionar juntos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.11 As métricas de acompanhamento do desenvolvimento foram estabelecidas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.12 Estudos de escala foram iniciados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.13 Há experimentos realizados com pequenos conjuntos de dados representativos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.14 Os atuais conceitos de produção foram avaliados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.15 Tenho conhecimento de qual tecnologia disponível atualmente realiza tarefas semelhantes	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.16 A tecnologia existente foi examinada para possível utilização	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.17 As necessidades de produção para os principais componentes foram identificadas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.18 Conheço as limitações da tecnologia atualmente disponível	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.19 A viabilidade científica foi totalmente demonstrada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.20 A análise do estado atual da arte mostra que a tecnologia preenche uma necessidade	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.21 As áreas de risco foram identificadas em termos gerais	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.22 As estratégias de mitigação de riscos foram identificadas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3.23 Uma rudimentar análise de valor foi realizada, não incluindo fatores relacionados ao custo	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL4	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.1 Os efeitos cruzados da tecnologia (se houverem) foram totalmente identificadas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.2 Há componentes auxiliares de laboratório disponíveis que são utilizados para substituir os componentes reais da tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.3 Os componentes individuais foram testados em laboratório ou pelo fornecedor (teste de aceitação de componentes do contratante)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.4 Já existem partes de peças e componentes em pré-produção	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.5 Modelagem e simulação são usadas para testes	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.6 O cliente informou de forma definitiva os requisitos exigidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.7 As métricas de desempenho da tecnologia foram estabelecidas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.8 Os requisitos de laboratório, derivados dos requisitos reais, já foram estabelecidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.9 Os componentes disponíveis foram montados para testar seu funcionamento de forma integrada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.10 Os requisitos para cada função da tecnologia foram estabelecidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.11 Os layouts foram verificados por meio de um processo formal de inspeção	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.12 Os critérios de aprovação foram estabelecidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.13 A tecnologia demonstra funcionalidade básica em ambiente simplificado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.14 Foram produzidos protótipos em escala	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.15 Os esboços dos layouts conceituais foram documentados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.16 Há um ambiente de laboratório controlado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.17 O percurso inicial dos custos foi identificado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.18 Há experimentos que demonstram os problemas de escala real	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.19 Os estudos de integração foram iniciados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.20 Os parâmetros de custo foram definidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.21 Os principais processos de fabricação foram identificados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.22 Os documentos e diagramas de escala da tecnologia foram concluídos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.23 A integração inicial de componentes da tecnologia foi completada em ambiente de laboratório	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.24 Há estratégias de mitigação identificadas para solucionar problemas de fabricação/produção	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.25 O cliente comprometeu-se formalmente com a transição	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.26 A estrutura de responsabilidades funcionais da equipe do projeto foi desenvolvida	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.27 A equipe do projeto de desenvolvimento foi formalmente contratada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.28 Um representante do cliente é membro da equipe de desenvolvimento	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.29 Uma metodologia para o gerenciamento do projeto foi definida	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4.30 A data de disponibilidade da tecnologia foi estabelecida	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL 5	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.1 Os efeitos cruzados da tecnologia (se houverem) foram identificados e estabelecidos por meio de análise	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.2 A plataforma pré-produzida está disponível	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.3 Os requisitos de apresentação dos componentes são conhecidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.4 As metas para melhorar o desempenho foram estabelecidas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.5 A forma de apresentação foi descrita (fonte, formato, estrutura, conteúdo e método de suporte)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.6 Há estudos de mercado e experiências de laboratório que definem os principais processos de fabricação	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.7 Há importantes mudanças de desenvolvimento e/ou apresentação	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.8 Pelo menos um protótipo foi criado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.9 A integração dos componentes da tecnologia foi concluída e está pronta para teste em ambientes reais	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.10 As técnicas de desenvolvimento foram definidas à medida que os maiores problemas foram identificados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.11 A forma, o ajuste e a função para aplicação são direcionadas em conjunto com a equipe de desenvolvimento do usuário final	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.12 Houve melhoria no funcionamento geral da tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.13 A qualidade e a confiabilidade são consideradas, mas os níveis ideais ainda não estão estabelecidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.14 O ambiente de laboratório foi modificado para aproximar-se do ambiente operacional	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.15 A avaliação inicial das necessidades de montagem foi realizada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.16 Os desenhos detalhados do design foram concluídos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.17 Os níveis de qualidade necessários para satisfazer as metas de custo foram definidos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.18 Os processos de produção foram revisados com o(s) responsável(is) pela produção	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.19 A metodologia de gerenciamento do projeto está documentada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.20 As funções individuais foram testadas para verificar seu funcionamento	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.21 Os módulos individuais e funções foram testados para verificar erros	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.22 A integração de módulos/funções foi demonstrada em ambiente de laboratório	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.23 Há um esboço de testes e avaliações a serem realizados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.24 O cliente comprometeu-se com a transição	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.25 Há um esboço do modelo de negócio	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.26 Foi realizada análise de <i>valuation</i> ou agregação de valor da tecnologia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.27 A análise de valor inclui análise de custos e ciclo de vida	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5.28 A estrutura analítica do trabalho de desenvolvimento está disponível	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL 6	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.1 As medições dos efeitos cruzados da tecnologia e a validação das características de desempenho foram concluídas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.2 O ambiente operacional para a tecnologia está definido e é conhecido	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.3 Metodologia e protocolo foi utilizada para simular o desempenho da tecnologia em ambiente operacional	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.4 Há testes de aceitação da tecnologia em ambiente de laboratório	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.5 Há um modelo/protótipo representativo testado em ambiente de laboratório de alta fidelidade / ambiente operacional simulado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.6 Há um ambiente realista fora do laboratório, mas não o eventual ambiente operacional	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.7 A análise das restrições de aplicação foi concluída	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.8 A implementação do protótipo inclui funcionalidade para lidar com problemas reais em grande escala	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.9 Há módulos individuais testados para verificar se os componentes (funções) funcionam juntos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.10 Há um protótipo demonstrado em ambiente de laboratório	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6.11 A viabilidade do desenvolvimento foi totalmente demonstrada	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL7	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.1 Metodologia ou protocolo são utilizados para simular alguns elementos não disponíveis da tecnologia, mas esses casos são raros	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.2 Cada tipo de apresentação da tecnologia foi testada individualmente em condições de sobrecarga	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.3 Há um ambiente operacional, mas não a plataforma final	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.4 Os componentes do protótipo são representativos dos componentes de produção em escala	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.5 A maioria das funcionalidades está disponível para demonstração em ambiente operacional simulado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.6 Há testes operacionais de funcionamento da tecnologia de laboratório em ambiente representativo	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.7 Há um protótipo totalmente integrado demonstrado em ambiente operacional real ou simulado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7.8 Um protótipo da tecnologia foi testado com sucesso em ambiente de campo	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL8	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.1 Os componentes do protótipo possuem forma, ajuste e função compatíveis com a tecnologia operacional	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.2 A tecnologia possui forma, ajuste e apresentação funcional para a aplicação pretendida	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.3 Forma, ajuste e função foram demonstrados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.4 A composição final da tecnologia foi aprovada pelo cliente	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.5 Os erros identificados foram completamente depurados	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.6 Todas as funcionalidades foram demonstradas em ambiente operacional simulado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.7 A tecnologia foi qualificada por meio de teste e avaliação na plataforma atual (desenvolvimento, teste e avaliação concluídos)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.8 Desenvolvimento, teste e avaliação foram concluídos e a tecnologia atende às especificações	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

TRL 9	ANTES					ATUALMENTE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9.1 O conceito operacional foi implementado com sucesso	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9.2 A tecnologia foi implantada na plataforma pretendida	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9.3 O funcionamento integrado da tecnologia foi totalmente demonstrado	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
9.4 A tecnologia demonstrou estar completamente qualificada por meio de um teste de operação bem-sucedido (teste operacional e avaliação completados)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

ANEXO

ANEXO A – TRADUÇÃO DA ESCALA TRL (NOLTE; KENNEDY; DIZIEGIEL, 2003) - VERSÃO APRESENTADA AOS ESPECIALISTAS PARA AVALIAÇÃO E ADAPTAÇÃO

TRL1

- 1.1 As leis físicas e suposições usadas na nova tecnologia foram definidas
- 1.2 Tenho algum conceito em mente que pode ser realizado em software
- 1.3 Sei o que o software precisa fazer em termos gerais
- 1.4 Há estudos formais que confirmam os princípios básicos
- 1.5 Há formulações matemáticas de conceitos que podem ser transformados em software
- 1.6 Tenho uma ideia que captura os princípios básicos de um possível algoritmo
- 1.7 Há observações científicas iniciais relatadas em revistas/conferências/procedimentos/relatórios técnicos
- 1.8 Há princípios científicos básicos observados
- 1.9 Sei a quem a tecnologia poderia ser importante (ex: patrocinador, financiador)
- 1.10 Há hipótese(s) de pesquisa formulada(s)
- 1.11 Sei quem irá realizar a(s) pesquisa(s) e onde será(ão) feita(s)

TRL2

- 2.1 Há algumas codificações para confirmar os princípios básicos
- 2.2 Há uma análise inicial que mostra as principais funções que precisam ser providenciadas
- 2.3 Há modelagem e simulação usadas apenas para verificar os princípios físicos
- 2.4 A arquitetura do sistema foi definida em termos de principais funções a serem executadas
- 2.5 Há experimentos realizados com dados simulados
- 2.6 O Sistema de rastreamento de requisitos foi definido para o gerenciamento
- 2.7 Há estudos analíticos rigorosos que confirmam os princípios básicos
- 2.8 Há estudos analíticos relatados em revistas científicas/conferências/relatórios técnicos
- 2.9 Algumas partes individuais da tecnologia já funcionam (ainda não há tentativa real de integração)
- 2.10 Sei em qual hardware o software será hospedado
- 2.11 Sei quais dispositivos de saída estão disponíveis
- 2.12 Há um plano de investimento estratégico
- 2.13 Conheço capacidades e limitações de pesquisadores e instalações de pesquisa
- 2.14 Sei quais experimentos precisam ser feitos (abordagem de pesquisa)
- 2.15 Há uma ideia qualitativa das áreas de risco (custo, cronograma, desempenho)
- 2.16 Tenho uma ideia aproximada de como comercializar a tecnologia (quem está interessado; como eles vão saber sobre isso?)

TRL3

- 3.1 Há um ambiente acadêmico envolvido no desenvolvimento
- 3.2 Há previsões de elementos de capacidade tecnológica validados por estudos analíticos
- 3.3 Há estudos analíticos que verificam as previsões e produzem algoritmos
- 3.4 A ciência aplicável é conhecida até o ponto em que modelos matemáticos e/ou computacionais e simulações são possíveis
- 3.5 As características e medidas preliminares do desempenho do sistema foram identificadas e estimadas
- 3.6 Existe(m) esboço(s) de algoritmos de software disponível(is)
- 3.7 Há previsões de elementos de capacidade tecnológica validados por modelagem e simulação
- 3.8 A codificação preliminar verificou que o software pode satisfazer uma necessidade operacional
- 3.9 Ainda não há nenhum componente do sistema, apenas equipamento básico de pesquisa em laboratório para verificar os princípios físicos
- 3.10 Há experimentos de laboratório que verificam a viabilidade da aplicação
- 3.11 Há previsões de elementos de capacidade tecnológica validados por experimentos de laboratório
- 3.12 Pelo menos um representante do cliente foi designado para trabalhar com a equipe de desenvolvimento
- 3.13 O cliente participa na definição dos requisitos
- 3.14 Os efeitos cruzados da tecnologia (se houverem) começaram a ser identificados
- 3.15 As técnicas de design foram identificadas/desenvolvidas

- 3.16 Há estudos formais indicando que os componentes do sistema devem funcionar juntos
- 3.17 O cliente identificou a(s) janela(s) de transição da oportunidade
- 3.18 As métricas foram estabelecidas
- 3.19 Estudos de escala foram iniciados
- 3.20 Há experimentos realizados com pequenos conjuntos de dados representativos
- 3.21 Os algoritmos funcionam com um processador substituto em um ambiente de laboratório
- 3.22 Os atuais conceitos de produção foram avaliados
- 3.23 Sei qual o software disponível atualmente que faz tarefas semelhantes (100% = inventário concluído)
- 3.24 O software existente foi examinado para possível utilização
- 3.25 As necessidades de produção para os principais componentes foram identificadas
- 3.26 Conheço as limitações do software atualmente disponível (análise do software atual concluído)
- 3.27 A viabilidade científica foi totalmente demonstrada
- 3.28 A análise do estado atual da arte mostra que a tecnologia preenche uma necessidade
- 3.29 As áreas de risco foram identificadas em termos gerais
- 3.30 As estratégias de mitigação de riscos foram identificadas
- 3.31 Uma rudimentar análise de valor foi realizada, não incluindo fatores relacionados ao custo

TRL4

- 4.1 Os efeitos cruzados da tecnologia (se houverem) foram totalmente identificadas
- 4.2 Há componentes auxiliares de laboratório disponíveis que são utilizados para substituir os componentes reais do sistema
- 4.3 Os componentes individuais foram testados em laboratório ou pelo fornecedor (teste de aceitação de componentes do contratante)
- 4.4 Já existem partes de peças e componentes em pré-produção
- 4.5 Modelagem e simulação (M&S) é usada para simular alguns componentes e interfaces entre componentes
- 4.6 O desenvolvimento da arquitetura formal do sistema foi iniciado
- 4.7 O cliente publicou o documento de requisitos
- 4.8 Os requisitos gerais do sistema para aplicação no usuário final são conhecidos
- 4.9 As métricas de desempenho do sistema foram estabelecidas
- 4.10 Foi realizada análise que permitiu o conhecimento detalhado das funções específicas que o software precisa executar
- 4.11 Os requisitos de laboratório, derivados dos requisitos do sistema, já foram estabelecidos
- 4.12 Os componentes disponíveis foram montados para testar seu funcionamento no sistema
- 4.13 Experimentos laboratoriais com os componentes disponíveis mostram sua integração (de forma rudimentar)
- 4.14 Os requisitos para cada função foram estabelecidos
- 4.15 Os algoritmos foram convertidos em pseudocódigo
- 4.16 A análise de requisitos e formatos de dados foi concluída
- 4.17 Os módulos autônomos seguem o plano preliminar de arquitetura do sistema
- 4.18 Há ferramentas do hardware colocadas em loop para estabelecer a compatibilidade de componentes
- 4.19 Os designs foram verificados por meio de um processo formal de inspeção
- 4.20 Os critérios de saída foram estabelecidos
- 4.21 A tecnologia demonstra funcionalidade básica em ambiente simplificado
- 4.22 Há capacidade de estimar o tamanho do software em linhas de código e/ou pontos de função
- 4.23 Foram produzidos protótipos em escala da tecnologia
- 4.24 Os esboços dos designs conceituais foram documentados
- 4.25 As técnicas de design nas quais as pequenas aplicações podem ser analisadas/simuladas foram identificadas/definidas
- 4.26 Há um ambiente de laboratório controlado
- 4.27 O percurso inicial dos custos foi identificado
- 4.28 Há experimentos que demonstram os problemas de escala real e conjuntos de dados representativos
- 4.29 Os estudos de integração foram iniciados
- 4.30 Os parâmetros de custo foram definidos
- 4.31 Há funções ou módulos individuais demonstrados em ambiente de laboratório
- 4.32 Os principais processos de fabricação foram identificados
- 4.33 Os documentos e diagramas de escala da tecnologia foram concluídos

- 4.34 A integração auxiliar de funções ou módulos demonstra que eles vão funcionar juntos
- 4.35 Os principais processos de fabricação foram avaliados em laboratório
- 4.36 Há um esboço do Plano Diretor de Engenharia de Projetos de Sistemas (SEMP)
- 4.37 A integração de baixa fidelidade da engenharia do sistema tecnológico foi completada em ambiente de laboratório
- 4.38 Há estratégias de mitigação identificadas para solucionar problemas de fabricação/produção
- 4.39 O cliente comprometeu-se com a transição por meio de um comissionamento em demonstração tecnológica avançada (ATD) e/ou memorando de entendimento (MOU)
- 4.40 A estrutura analítica do trabalho funcional foi desenvolvida
- 4.41 A Equipe Integrada do Produto (IPT) foi formalmente contratada
- 4.42 O representante do cliente é membro da IPT
- 4.43 O programa formal de gerenciamento de riscos foi iniciado
- 4.44 Uma análise preliminar de falhas e consequências (FMEA) ou análise de risco de perdas foi realizada
- 4.45 A data de disponibilidade da tecnologia foi estabelecida

TRL5

- 5.1 Os efeitos cruzados da tecnologia (se houverem) foram identificados e estabelecidos por meio de análise
- 5.2 O hardware pré-produzido está disponível
- 5.3 Os requisitos de interface do sistema são conhecidos
- 5.4 Os requisitos do sistema fluem através da estrutura analítica de trabalho (a engenharia de sistemas começa)
- 5.5 A arquitetura do software do sistema foi estabelecida
- 5.6 As metas para melhorar o rendimento foram estabelecidas
- 5.7 As interfaces externas foram descritas (fonte, formato, estrutura, conteúdo e método de suporte)
- 5.8 A análise dos requisitos de interface interna foi completada
- 5.9 Há estudos de mercado e experiências de laboratório que definem os principais processos de fabricação
- 5.10 As interfaces entre componentes/subsistemas são realistas (Breadboard com interfaces realistas)
- 5.11 Há importantes mudanças de engenharia e design
- 5.12 A codificação de funções/módulos individuais foi concluída
- 5.13 Protótipo(s) foi(ram) criado(s)
- 5.14 As ferramentas e máquinas foram demonstradas em laboratório
- 5.15 A integração do sistema em alta fidelidade no laboratório foi concluída e está pronta para teste em ambientes realistas/simulados
- 5.16 As técnicas de design foram definidas à medida que os maiores problemas foram identificados
- 5.17 A Forma, o ajuste e a função para aplicação são direcionadas em conjunto com a equipe de desenvolvimento do usuário final
- 5.18 A fidelidade do modelo do sistema melhorou
- 5.19 A qualidade e a confiabilidade são consideradas, mas os níveis ideais ainda não estão estabelecidos
- 5.20 Alguns componentes de propósito especial são combinados com os componentes de laboratório disponíveis
- 5.21 Os desenhos de exibição e diagramas de fiação foram concluídos
- 5.22 O ambiente de laboratório foi modificado para aproximar-se do ambiente operacional
- 5.23 A avaliação inicial das necessidades de montagem foi realizada
- 5.24 Os desenhos detalhados do design foram concluídos
- 5.25 Os níveis de qualidade necessários para satisfazer as metas de custo foram definidos
- 5.26 A estrutura do Plano Diretor de Engenharia de Projetos de Sistemas (SEMP) direciona a integração
- 5.27 A estrutura do Plano Diretor de Engenharia de Projetos de Sistemas (SEMP) direciona teste e avaliação
- 5.28 A estrutura do Plano Diretor de Engenharia de Projetos de Sistemas (SEMP) direciona o teste e a avaliação
- 5.29 Os processos de produção foram revisados com o(s) responsável(is) pela produção
- 5.30 A estrutura do Plano Diretor de Engenharia de Projetos de Sistemas (SEMP) direciona a performance; o desempenho mensurado é transformado no esperado
- 5.31 O plano de gerenciamento de riscos está documentado

- 5.32 As funções foram integradas em módulos
- 5.33 O plano de gerenciamento da configuração está pronto
- 5.34 As funções individuais foram testadas para verificar seu funcionamento
- 5.35 Os módulos individuais e funções foram testados para verificar erros
- 5.36 A integração de módulos/funções foi demonstrada em ambiente de laboratório
- 5.37 A inspeção formal de todos os módulos/componentes foi concluída como parte do gerenciamento da configuração
- 5.38 O plano de gerenciamento da configuração foi documentado
- 5.39 Há um esboço de teste e do Plano Mestre de Testes e Avaliação (TEMP)
- 5.40 Os algoritmos executados no processador possuem características representativas do ambiente desejado
- 5.41 Há um relatório preliminar concluído da engenharia do sistema de hardware (Draft SEMP)
- 5.42 O cliente comprometeu-se com a transição
- 5.43 Há um esboço do Plano de Transição com Caso de Negócio
- 5.44 Há uma análise de falhas e efeitos (FMEA) realizada
- 5.45 A análise de valor inclui análise de múltiplas tecnologias e alternativas não-materiais
- 5.46 A equipe desenvolveu as matrizes de requisitos com níveis preliminares e desejados
- 5.47 A estrutura analítica do trabalho físico está disponível
- 5.48 A análise de valor inclui análise de custos e ciclo de vida

TRL6

- 6.1 As medições dos efeitos cruzados da tecnologia e a validação das características de desempenho foram concluídas
- 6.2 O ambiente operacional para o eventual sistema está definido e é conhecido
- 6.3 Modelagem e simulação (M&S) foi utilizada para simular o desempenho do sistema em um ambiente operacional
- 6.4 Há testes de aceitação de fábrica do sistema de laboratório em ambiente de laboratório
- 6.5 Há um modelo/protótipo representativo testado em ambiente de laboratório de alta fidelidade/ambiente operacional simulado
- 6.6 Há um ambiente realista fora do laboratório, mas não o eventual ambiente operacional
- 6.7 O inventário das interfaces externas foi concluído
- 6.8 A análise das restrições de tempo foi concluída
- 6.9 A análise das estruturas e interfaces do banco de dados foi concluída
- 6.10 A implementação do protótipo inclui funcionalidade para lidar com problemas reais em grande escala
- 6.11 Há algoritmos parcialmente integrados com sistemas de hardware/software
- 6.12 Há módulos individuais testados para verificar se os componentes (funções) funcionam juntos
- 6.13 Há um software representativo ou protótipo demonstrado em um ambiente de laboratório
- 6.14 O sistema de laboratório é um protótipo funcional de alta fidelidade do sistema operacional
- 6.15 A viabilidade da engenharia foi totalmente demonstrada

TRL7

- 7.1 Modelagem e simulação (M&S) é utilizada para simular alguns elementos não disponíveis do sistema, mas esses casos são raros
- 7.2 Cada interface de sistema/software foi testada individualmente sob condições de sobrecarga e anômalas
- 7.3 Os algoritmos são executados no(s) processador(es) em ambiente operacional
- 7.4 Há um ambiente operacional, mas não a plataforma final (ex: modelo físico para teste)
- 7.5 Os componentes são representativos dos componentes de produção
- 7.6 A maioria das funcionalidades está disponível para demonstração em ambiente operacional simulado
- 7.7 Há testes operacionais de funcionamento do sistema de laboratório no ambiente representativo
- 7.8 Há um protótipo totalmente integrado demonstrado em ambiente operacional real ou simulado
- 7.9 Um protótipo do sistema foi testado com sucesso em um ambiente de campo

TRL8

- 8.1 Os componentes possuem forma, ajuste e função compatíveis com o sistema operacional
- 8.2 O sistema possui forma, ajuste e design funcional para a aplicação pretendida
- 8.3 Forma, ajuste e função foram demonstrados em eventual plataforma
- 8.4 O processo de controle da interface foi concluído

- 8.5 Os diagramas de arquitetura final foram enviados
- 8.6 O software foi completamente depurado
- 8.7 Todas as funcionalidades foram demonstradas em ambiente operacional simulado
- 8.8 O sistema foi qualificado por meio de teste e avaliação na plataforma atual (desenvolvimento, teste e avaliação concluídos)
- 8.9 Desenvolvimento, teste e avaliação foram concluídos e o sistema atende às especificações

TRL9

- 9.1 O conceito operacional foi implementado com sucesso
- 9.2 O sistema foi instalado e implantado na plataforma pretendida
- 9.3 O Sistema atual foi totalmente demonstrado
- 9.4 O sistema demonstrou estar completamente qualificado por meio de um teste de operação bem-sucedido (teste operacional e avaliação completados)