



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM SOCIOBIODIVERSIDADE E TECNOLOGIAS**  
**SUSTENTÁVEIS**

**CARLOS EDUARDO BARBOSA**

**Spin-offs acadêmicas de biotecnologia: Análise da maturidade tecnológica**  
**através da escala *Technology Readiness Levels***

**REDENÇÃO-CE**

**2018**

**CARLOS EDUARDO BARBOSA**

**Spin-offs acadêmicas de biotecnologia: Análise da maturidade tecnológica  
através da escala *Technology Readiness Levels***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Área de Concentração: Multidisciplinar

Orientador: Prof. Dr. John Hebert da Silva Felix

Co-orientador: Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara

**REDENÇÃO-CE**

**2018**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Barbosa, Carlos Eduardo.

B195s

Spin-offs Acadêmicas de Biotecnologia: Análise da Maturidade Tecnológica Através da Escala Technology Readiness Levels / Carlos Eduardo Barbosa. - Redenção, 2018.

131f: il.

Dissertação - Curso de Sociobiodiversidade E Tecnologias Sustentáveis, Mestrado Acadêmico Em Sociobiodiversidade E Tecnologias Sustentáveis, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Prof. Dr. John Hebert da Silva Felix.

Coorientador: Prof. Dr. Samuel Façanha Câmara.

1. Inovações tecnológicas. 2. Spin-off acadêmica. 3. Biotecnologia. 4. Maturidade tecnológica. 5. TRL. 6. UECE. I. Titulo

CE/UF/BSCL

CDD 608

---

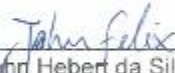
CARLOS EDUARDO BARBOSA

**SPIN-OFFS ACADÉMICAS DE BIOTECNOLOGIA: ANÁLISE DA MATURIDADE  
TECNOLÓGICA ATRAVÉS DA ESCALA TECHNOLOGY READINESS LEVELS**

Dissertação apresentada ao Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis.

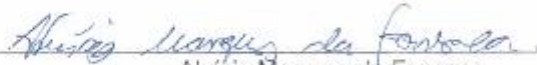
Aprovada em: 29/08/2018

**BANCA EXAMINADORA**



---

John Hebert da Silva Felix  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira  
(UNILAB - Presidente) - Orientador



---

Aluísio Marques da Fonseca  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira  
(UNILAB - Examinador Interno)



---

Maria Cristiane Martins de Souza  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira  
(UNILAB - Examinador Externo ao Programa)



---

Samuel Façanha Câmara  
Universidade Estadual do Ceará  
(UECE - Examinador Externo à Instituição)

## AGRADECIMENTOS

Nesta página muito especial deste trabalho, gostaria de agradecer a algumas pessoas que me auxiliaram nesta empreitada árdua, mas valorosa.

Primeiramente agradeço a Deus, que me deu saúde e paz para chegar até aqui.

Agradeço aos meus irmãos, Francisco, Luiza, José Carlos e Rosimar, sempre presentes na minha vida e aos meus pais José Maria (*in memoriam*) e Francisca Eunice, cuja serenidade e força continuam sendo inspiradoras para todos os desafios.

Um agradecimento especial à minha irmã Luiza que sempre me incentiva e sempre me ajuda em todos os momentos que preciso. Além de madrinha e irmã, é minha melhor amiga.

Ao professor, Dr. John Hebert da Silva Felix, pela orientação desde os primeiros passos na pesquisa científica, pela sua disponibilidade, pelo incentivo que foi fundamental para realizar e prosseguir este estudo, confiança e amizade.

Ao professor, Dr. Samuel Façanha Câmara, pela co-orientação, amizade, incentivo, críticas construtivas, discussões e reflexões que auxiliaram no trajeto desta pesquisa, além de toda a ajuda no tocante à comunicação entre Unilab e UECE.

A Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, em especial, a Pró-Reitora Albanise Barbosa Marinho, pela infraestrutura e recursos oferecidos para a realização deste trabalho, além da confiança depositada em minha pessoa.

Aos meus amigos e colegas Prof. Ciro Pinto e Dra. Olienaiide Pinto pelas sugestões e contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa e ajuda dada durante esta dissertação.

Aos meus amigos da Secretaria de Pós-Graduação da Unilab, Edson, Gerliane, Márcia e Rafaelle, por todo o apoio dado antes, durante e depois a minha jornada pelo Mestrado.

Ao meus amigos e colegas de trabalho da DTI, em especial, José Olinda pela ajuda com as imagens do meu trabalho.

Aos meus amigos pessoais Hericksson Rebouças, Eliab Fonseca, Dione Lima, Dalmon Lima, Camylla Santos, Leidy Oliveira, Karla Paulino, Cleyton Glasiane, Igo da Cruz, Solange Teles e a toda a família Estanislau Bezerra pela ajuda, preocupação e força entregue a mim e que participaram deste trabalho como colaboradores ou ouvintes, contribuindo com experiências, incentivos e apoio.

Aos meus amigos de jogo online Lucas Borges, Fernando Melo, Deyvid Rafael, Gabriel e ao jogo The Last of Us, por proporcionar momentos de diversão que auxiliaram nos momentos de estresse deste período.

Aos meus colegas da turma 04 do Mestrado Acadêmico em Sociodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, em especial minha amiga Elanny Damasceno, pela amizade, excelente companhia e cumplicidade durante todo o período do Mestrado. Contem comigo para o resto de suas vidas.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”.

(Arthur Schopenhauer)

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’”

(George Bernard Shaw)

## RESUMO

A análise de maturidade tecnológica de spin-offs acadêmicas ainda não é comum no Brasil. Enquanto os atuais processos de incubação são voltados para o desenvolvimento da maturidade empresarial das empresas oriundas de grupos de pesquisas de instituições de ensino ou centros de pesquisas, pouco se discute sobre a maturidade das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento de seus produtos. Por isto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um framework para avaliação de maturidade tecnológica de spin-offs acadêmicas incubadas na Incubadora da Universidade Estadual do Ceará (Uece). Este framework de avaliação é baseado na escala *Technology Readiness Levels* (TRL), onde cada nível constitui uma ferramenta estratégica de gestão de projetos. Foram desenvolvidas quatro abordagens de análise de maturidade tecnológica: (a) abordagem segundo o trabalho *TRL Calculator*; (b) abordagem segundo a Norma Brasileira ISO 16290:2015; (c) abordagem de cálculo Ponderado e (d) abordagem de Percentual por nível. Foram avaliados os produtos de três spin-off acadêmicas do setor de Biotecnologia incubadas pela INCUBAUECE. Os resultados indicaram que as empresas possuem graus de maturidade tecnológica elevados, além de indicar quais atividades as empresas tiveram menor e maior dificuldade em realizar. Além disso, foi possível identificar que as abordagens Ponderada e Percentual demonstraram eficientemente o grau de maturidade tecnológica real das tecnologias analisadas. E, por fim, o instrumento utilizado mostrou-se um excelente guia para o desenvolvimento tecnológico das empresas.

**Palavras-chave:** Inovação tecnológica. Spin-off acadêmica. Biotecnologia. Maturidade tecnológica. TRL. UECE.



## ***ABSTRACT***

The analysis of technological maturity of academic spin-offs is still not common in Brazil. While the current incubation processes are aimed at developing the business maturity of companies from research groups of educational institutions or research centers, little is discussed about the maturity of the technologies used for the development of their products. Therefore, this work aims to develop a framework for evaluation of technological maturity of academic spin-offs incubated in the Incubator of the State University of Ceará (Uece). This evaluation framework is based on the Technology Readiness Levels (TRL) scale, where each level constitutes a strategic project management tool. Four approaches of technological maturity analysis were developed: (a) approach according to the TRL Calculator work; (b) approach according to the Brazilian Standard ISO 16290: 2015; (c) Weighted calculation approach and (d) Percentage by level approach. The technology of three academic spin-offs of the Biotechnology sector incubated by INCUBAUECE were evaluated. The results indicated that the companies have high degrees of technological maturity, besides indicating which activities the companies had smaller and more difficult to realize. In addition, it was possible to identify that the Weighted and Percentual approaches have effectively demonstrated the degree of real technological maturity of the analyzed technologies. And finally, the instrument proved to be an excellent guide for the technological development of companies.

**Keywords:** Technologic innovation. Academic spin-off. Biotechnology. Technological Maturity. TRL. UECE.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tabuleiro de Aulet .....	16
Figura 2 - Caracterização do processo de maturidade tecnológica em curva S .....	18
Figura 3 - Elementos presentes nas definições de spin-offs .....	24
Figura 4 - Níveis da Escala TRL .....	48
Figura 5 - Exemplo de questão do instrumento.....	56
Figura 6 - Divisão das empresas de acordo com o ramo da Biotecnologia .....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos necessários para configuração de uma spin-off .....	23
Quadro 2 - Diferenças conceituais entre os termos spin-off, spin-out e spin-in .....	24
Quadro 3 - Comparação das tipologias de spin-offs .....	28
Quadro 4 - Relações de equivalência entre as tipologias de spin-offs.....	28
Quadro 5 - Comparação das fases do processo de criação de spin-offs .....	32
Quadro 6 - Etapas envolvidas no processo de criação de Spin-offs .....	32
Quadro 7 - Atividades econômicas do setor de Biotecnologia .....	42
Quadro 8 - Quantitativo de empresas nos setores de Biotecnologia (2015 a 2016) .....	43
Quadro 9 - Definições originais TRL .....	50
Quadro 10 - Definições TRL expandidas .....	50
Quadro 11 - Norma Brasileira NBR ISSO 16290:2015 .....	51
Quadro 12 - Visão dos Gestores sobre sua maturidade tecnológica .....	66
Quadro 13 - Estágio atual de incubação (2018) .....	67
Quadro 14 - Análise Comparativa dos Graus de Maturidade .....	88
Quadro 15 - Classificação das empresas estudadas segundo a tipologia TRL .....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Respostas das atividades do nível TRL 1.....	67
Tabela 2 - Respostas das atividades do nível TRL 2.....	69
Tabela 3 - Respostas das atividades do nível TRL 3.....	71
Tabela 4 - Respostas das atividades do nível TRL 4.....	73
Tabela 5 - Respostas das atividades do nível TRL 5.....	75
Tabela 6 - Respostas das atividades do nível TRL 6.....	77
Tabela 7 - Respostas das atividades do nível TRL 7.....	80
Tabela 8 - Respostas das atividades do nível TRL 8.....	82
Tabela 9 - Respostas das atividades do nível TRL 9.....	85

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do grau de maturidade (Abordagem Ponderada) .....	61
Equação 2 - Ajuste no cálculo do grau de maturidade (Abordagem Ponderada) .....	62
Equação 3 - Cálculo do coeficiente de variação .....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANPROTEC	Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
DoD	<i>Department of Defense</i> (Departamento de Defesa dos EUA)
FUNECE	Fundação Universidade Estadual do Ceará
INCUBAUECE	Incubadora de Empresas e Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Universidade Estadual do Ceará
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i> (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
NASA	<i>North American Space Agency</i> (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i> (Organização do Tratado do Atlântico Norte)
NMT	Níveis de Maturidade Tecnológica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PINTEC	Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica
SOA	Spin-Off Acadêmica
TAM	<i>Total Addressable Market</i> (Tamanho do Mercado)
TRL	<i>Technology Readiness Levels</i> (Níveis de Prontidão Tecnológica)
UECE	Universidade Estadual do Ceará
Unilab	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
VV&A	Verificação, Validação e Acreditação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>1.1</b>	<b>Motivação</b>	17
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	19
1.2.1	Objetivo Principal	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
<b>1.3</b>	<b>Organização da Dissertação</b>	20
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	21
<b>2.1</b>	<b>Spin-off</b>	21
2.1.1	Conceitos	22
2.1.2	Tipologia	25
2.1.3	Processos de criação de uma Spin-off	29
<b>2.2</b>	<b>Spin-off Acadêmica</b>	33
2.2.1	A relação entre Universidade e a Spin-off Acadêmica	33
2.2.2	A INCUBAUECE	37
<b>2.3</b>	<b>Biotecnologia</b>	40
<b>2.4</b>	<b>Maturidade Tecnológica</b>	44
2.3.1	A escala Technology Readiness Levels (TRL)	46
<b>3</b>	<b>METODOLOGIAS</b>	54
<b>3.1</b>	<b>Classificação da Pesquisa</b>	54
<b>3.2</b>	<b>Universo e População</b>	54
<b>3.3</b>	<b>Instrumento de Pesquisa</b>	55
<b>3.4</b>	<b>Forma de Aplicação</b>	57
<b>3.5</b>	<b>Forma de Análise de Dados</b>	58
3.5.1	Abordagem <i>TRL Calculator</i>	59
3.5.2	Abordagem NBR	60
3.5.3	Abordagem Ponderada	61
3.5.3	Abordagem Percentual	62
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	65
<b>4.1</b>	<b>Análise Geral das Empresas</b>	65
<b>4.2</b>	<b>Análise Isolada dos Resultados</b>	67
4.2.1	Análise do nível TRL 1	67
4.2.2	Análise do nível TRL 2	69

4.2.3	Análise do nível TRL 3 .....	71
4.2.4	Análise do nível TRL 4 .....	72
4.2.5	Análise do nível TRL 5 .....	74
4.2.6	Análise do nível TRL 6 .....	77
4.2.7	Análise do nível TRL 7 .....	79
4.2.8	Análise do nível TRL 8 .....	81
4.2.9	Análise do nível TRL 9 .....	84
4.2.10	Análise dos Graus de Maturidade Tecnológica.....	87
4.2.10.1	<i>Análise da Empresa E1</i> .....	92
4.2.10.2	<i>Análise da Empresa E2</i> .....	95
4.2.10.3	<i>Análise da Empresa E3</i> .....	97
<b>4.3</b>	<b>Discussão dos Resultados</b> .....	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>102</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>113</b>
	<b>ANEXO A – DEFINIÇÕES DOS NÍVEIS DA ESCALA TRL</b> .....	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO</b> .....	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE</b> .....	<b>125</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A definição de startup surgiu no Brasil durante a época que denominamos como “bolha da internet”<sup>1</sup>. À época, significava um grupo de pessoas trabalhando com uma ideia diferente que, aparentemente, poderia fazer dinheiro e que era lançada na Web (MOREIRA, 2016).

De acordo o Programa InovAtiva Brasil (2017), para se abrir um negócio tradicional demanda-se bastante tempo, organização, calcular riscos, paixão pelo negócio e até um pouco de ousadia. Criar uma startup exige tudo isso, em um processo ainda mais intenso, pois não se trata de uma empresa comum.

Segundo Fernandes (2015), a startup ou empresa emergente é uma modalidade de empresa de pequeno porte, normalmente de base tecnológica, que possui espírito empreendedor e uma constante busca por um modelo de negócio inovador. Este modelo de negócios é a maneira como a empresa emergente gera valor, ou seja, como transforma o seu trabalho em dinheiro.

Um exemplo de sucesso é o modelo de negócios do Google que oferta dois produtos principais: uma ferramenta de busca gratuita e de altíssima qualidade e a venda de links patrocinados (espaço publicitário) para pessoas e empresas que desejam fazer a exposição de seus produtos na Web. Apesar de somente a segunda oferta gerar receitas, essa só é viável graças ao grande volume de usuários que usam a primeira oferta (PEREIRA, 2016).

Outro exemplo seria o modelo de negócio de franquias: o franqueado paga royalties por uma marca, mas tem acesso a uma receita de sucesso com suporte do franqueador - e por isso aumenta suas chances de gerar lucro.

Empresas startups também podem ser criadas com o sentido de iniciar o reposicionamento de uma marca, quando se é criado um novo produto ou serviço e o lançam com um novo nome e um novo modelo de negócios, os diferenciando da antiga empresa.

Nesse sentido, nasce a definição de empresa spin-off. Spin-off, ou empresa derivada, é uma nova empresa que nasce a partir de um grupo de pesquisa de uma empresa, universidade ou centro de pesquisa público ou privado, geralmente objetivando explorar um novo produto ou serviço de alta tecnologia (LEMOS, 2008). Quando esta empresa derivada nasce a partir de uma empresa é denominada de spin-off corporativa. No caso em que nasce de universidade ou centro de pesquisa é chamada de spin-off universitária ou acadêmica.

---

<sup>1</sup> Bolha das empresas ponto com ou bolha da internet refere-se a bolha especulativa ocorrida entre 1995-2000. Corresponde ao período no qual as ações de tecnologias listadas na Nasdaq (bolsa de valores das empresas de tecnologia), atingiram níveis irrealistas, muito além da capacidade de geração de resultados futuros.

A literatura técnica indica uma grande variedade nas definições disponíveis para spin-offs acadêmicas, contudo, essas definições apresentam alguns pontos em comum, tais como: empresas criadas em universidades; empresas criadas para explorar inovações tecnológicas, patentes e o conhecimento acumulado por pesquisadores durante atividades acadêmicas; empresas sem vínculos com a universidade mãe e que têm fins lucrativos; empresas fundadas por pelo menos um membro de universidade (professor, estudante ou funcionário).

Se o conhecimento utilizado pela empresa é oriundo de uma instituição acadêmica, mas o empreendedor responsável não possuir qualquer vínculo com esta instituição, esta empresa também é considerada uma spin-off acadêmica. O contrário, entretanto, não é aceito, ou seja, quando o conhecimento ou propriedade intelectual utilizado pela empresa não é oriundo de uma instituição acadêmica, ainda que esta empresa possua funcionários ou ex-funcionários oriundo destas (PEDROSI FILHO, 2014).

A decisão de criar uma spin-off acadêmica depende: i) da vontade do estudante/professor/pesquisador; ii) do potencial de mercado da tecnologia (LOCKETT, SIEGEL; WRIGHT; ENSLEY, 2005); e iii) da reinvenção de um modelo de negócio ou a sua adaptação ao mercado emergente (CHESBROUGH; ROSENBLUM, 2002).

Contudo, apenas a decisão de criar uma spin-off não é suficiente para o seu sucesso. Faz-se necessário que haja um sistema de apoio ao empreendedorismo dentro da instituição acadêmica, o qual é composto geralmente por incubadoras, rede de contatos, infraestrutura física e cultura local. Essas condições têm efeitos positivos no desenvolvimento econômico da região onde a spin-off está sendo inserida, além de permitir o surgimento de mais empresas deste tipo.

As incubadoras de empresas são entidades que ajudam para que micro e pequenas empresas, sejam estas iniciantes ou que já estejam em funcionamento, consigam obter apoio técnico, logístico, mercadológico, administrativo e ainda formação suplementar para o empreendedor.

Sendo assim, as incubadoras de empresas podem ser consideradas como um mecanismo que estimula a criação de empreendimentos, ajudando o empreendedor, tanto no desenvolvimento do negócio, quanto no processo de criação e produção de um novo produto.

As incubadoras também podem oferecer o espaço físico para a instalação inicial da empresa, disponibilizar níveis de qualificação e treinamentos para os empreendedores, criar *network* com outras empresas, órgãos ou entidades governamentais, entre outros serviços.

O processo de incubação funciona como um sistema de transferência de tecnologia que estimula a criação e o desenvolvimento destas pequenas empresas. Geralmente,

fundamentam-se em três processos: (a) implantação, (b) fase de crescimento e consolidação e, por fim, (c) graduação, processo este onde as empresas que foram incubadas possuem certo nível de adaptabilidade ao meio externo e condições de se manterem sozinhas, ou seja, quando a empresa está pronta para sair para o mercado, com perspectivas de crescimento e havendo alcançado diversas competências, habilidades e atitudes empreendedoras e de gestão (ZALUSKI, 2014).

Neste contexto, cabe a incubadora também avaliar o nível de maturidade das empresas que concluíram o programa de incubação com êxito. Desta forma, a incubadora poderá medir ou avaliar o êxito de seu processo de incubação e verificar a presença de possíveis obstáculos ou problemas que as empresas emergentes possam estar sofrendo em seu processo de graduação.

É comum as incubadoras realizem a avaliação do nível de maturidade das empresas, sobretudo das startups, de forma muito subjetiva, sendo feita por meio de temas relacionados ao faturamento da empresa, o tempo de permanência no processo de incubação, o espaço físico da empresa. Tais temas não retratam o quadro completo do nível de maturidade das empresas analisadas (SILVA et al., 2016).

Algumas metodologias foram criadas para objetivar mais a avaliação do nível de maturidades de empresas incubadas. Um exemplo é o modelo do Centro de Referência para Apoio a Novos Empreendimentos (CERNE) (ANPROTEC, 2015) que objetiva padronizar a atuação das incubadoras, de forma a ampliar a capacidade destas em gerar, de maneira sistematizada, empreendimentos inovadores de sucesso e, com isso, criar uma base de referência para que as incubadoras de diferentes áreas e tamanhos para que possam reduzir o nível de variabilidade na obtenção de sucesso de suas empresas incubadas.

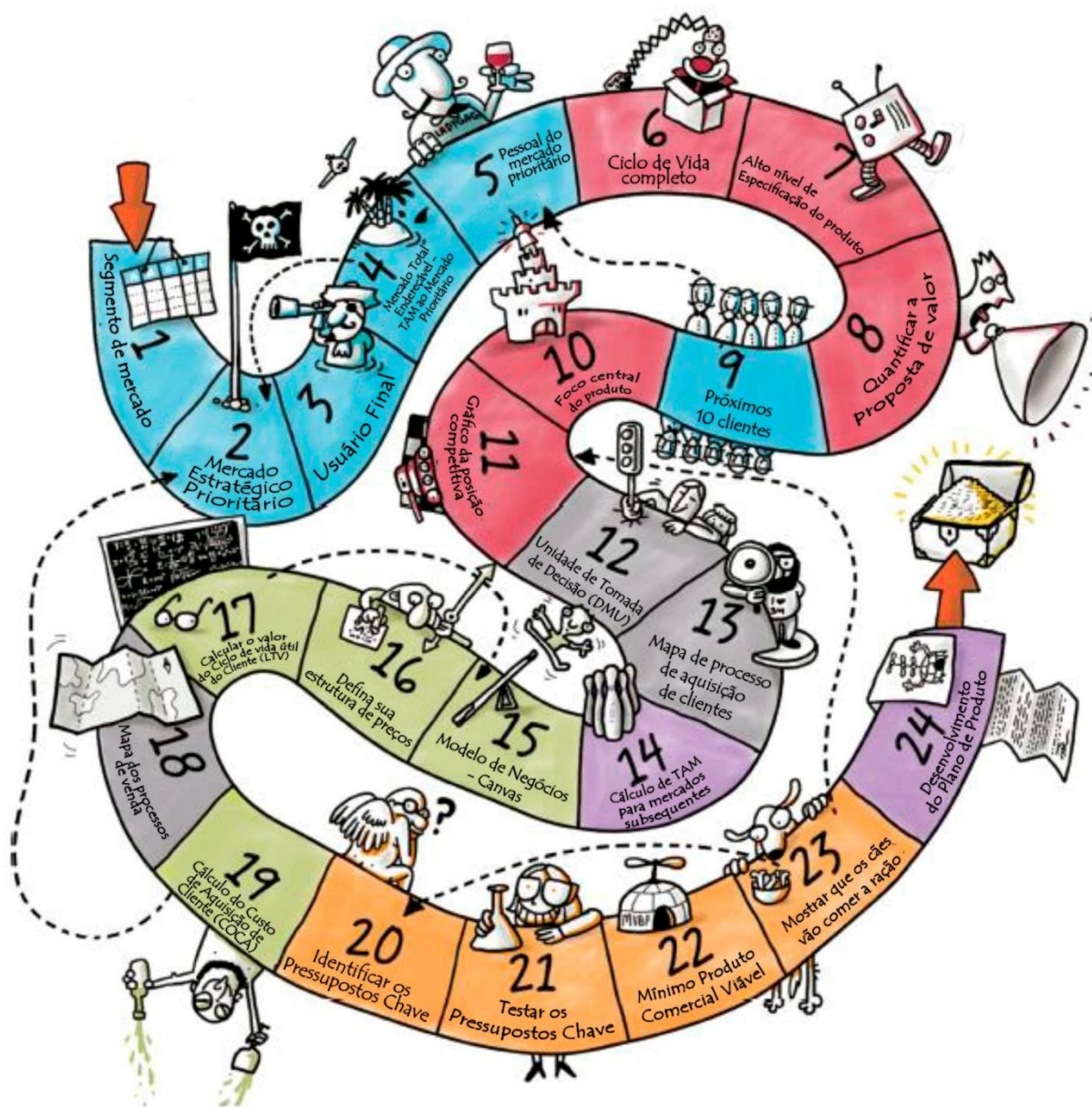
Outra metodologia exitosa é a de Bill Aulet (2013) que funciona como uma caixa de ferramentas para o empreendedor construir a sua startup. Em sua metodologia, Aulet preconiza a prática, propondo ações específicas, que devem ser executadas de forma ordenada, como se fosse um jogo de tabuleiro, conforme é mostrado na Figura 1.

O empreendedor segue os passos do tabuleiro, conquistando competências que o conduzem ao êxito de sua startup ao término de todas as ações, ou seja, quando se chega ao fim do tabuleiro. O tabuleiro é dividido em 24 passos, agrupados em 06 grandes temas, onde cada tema corresponde a uma cor, a saber (AULET, 2013):

- i) Quem é o seu cliente (cor azul);
- ii) O que você pode fazer pelo seu cliente (cor vermelha);

- iii) Como o cliente obtém o seu produto (cor cinza);
- iv) Como o empreendedor obterá dinheiro com o seu produto (cor verde);
- v) Como o produto é desenhado e fabricado (cor laranja) e
- vi) Como a empresa pode ser escalável? (cor roxa)

Figura 1 - Tabuleiro de Aulet



Fonte: Adaptado de (SILVA et al., 2016)

## 1.1 Motivação

As metodologias supracitadas, assim como grande parte da literatura, referem-se apenas à maturidade empresarial. No caso da referida empresa emergente ser uma empresa do setor de tecnologia (tecnologia da informação, comunicação, biotecnologia, entre outras), pouco se encontra falando a respeito do nível de maturidade tecnológica dos produtos destas empresas.

Uma tecnologia não se apresenta “do nada” para resolver um determinado problema imediatamente. Esta passa por um desenvolvimento dinâmico até se adaptar de forma ideal ao que se destina.

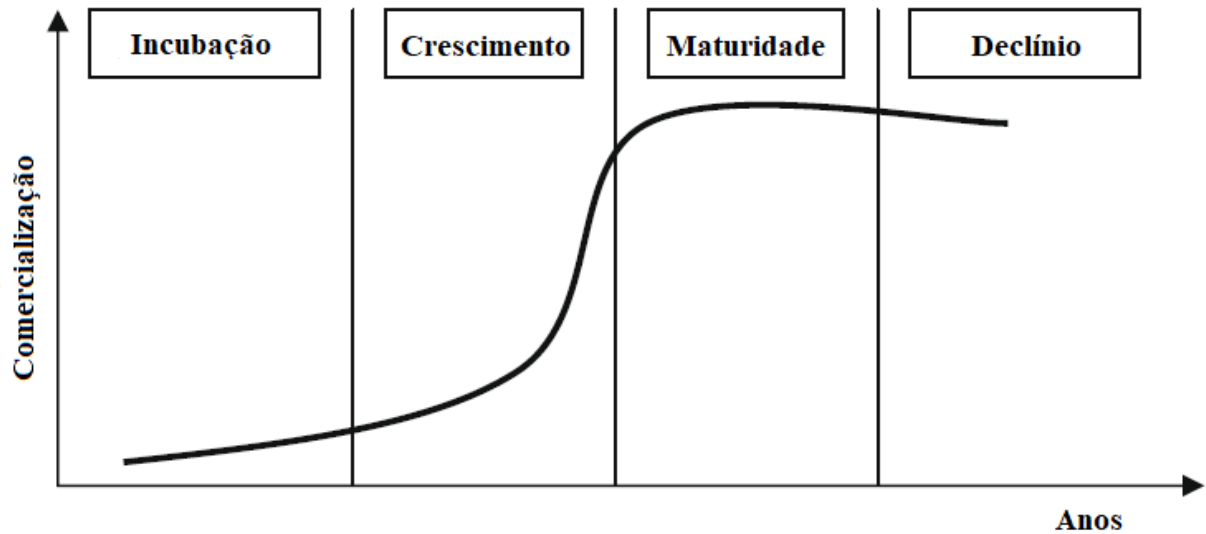
Velho et al. (2017, p. 120) nos fornece um excelente exemplo sobre isto:

Imagine o desenvolvimento da roda, que teve início a partir do deslocamento de pedras sobre troncos, até o sistema atual, de eixo, rolamentos e pneu. O propósito foi deslocar materiais e pessoas até o movimento de máquinas, como os moinhos.

Nestes termos, podemos identificar que, desde o nascimento até o seu declínio, uma tecnologia passa por vários tipos de estudos, testes e aperfeiçoamentos até finalmente estar pronta para o uso desejado.

Este ciclo de vida tecnológico pode ser observado através do crescimento, maturidade e declínio da tecnologia, processo este caracterizado por uma curva em S, apresentado na Figura 2. Os estágios de maturação tecnológica podem ser discutidos em termos de anos e capacidade de comercialização, juntamente ligados ao conhecimento, esforços de pesquisa e desenvolvimento e vantagem competitiva da tecnologia.

**Figura 2 - Caracterização do processo de maturidade tecnológica como curva em S**



Fonte: Adaptado de (CHRISTENSEN, 2014)

Entende-se por maturidade tecnológica o conjunto de processos reproduzíveis (que podem repetir-se no tempo) para o projeto, fabricação, teste e operação de um elemento (neste caso, o produto final da empresa) para atender a um conjunto de requisitos de desempenho definidos pelo cliente em um ambiente operacional real, no qual possuem condições naturais e induzidas que restringem o produto da sua definição de design ao seu funcionamento (ISO, 2013).

Em outras palavras, através do nível de maturidade tecnológica de um produto ou serviço, pode-se identificar o estado atual do seu desenvolvimento tecnológico (dentro da curva em S), através da análise de quais processos reproduzíveis foram concluídos durante o desenvolvimento da tecnologia, podendo, inclusive, indicar se esta encontra-se pronta ou não para ingressar no mercado.

Contudo, a cultura da maioria das incubadoras hoje no Brasil ainda não se atenta para a avaliação da maturidade tecnológica de suas empresas incubadas. Logo, essa cultura é “herdada” por empresas graduadas, que focam apenas na maturidade empresarial, desleixando a qualidade da tecnologia do produto.

Sem este conhecimento de maturidade tecnológica, como uma empresa emergente pode avaliar se a tecnologia do seu produto está pronta para o mercado? Como os gestores destas empresas poderão buscar investidores e pleitearem fomento sem informar o estado atual do desenvolvimento tecnológico do produto? E no caso de spin-off acadêmicas, como a universidade ou suas respectivas incubadoras devem realizar as avaliações das empresas incubadas, levando em consideração o contexto específico dessas empresas?

Para tentar solucionar estas dúvidas, faz-se necessário o planejamento desses novos negócios por meio de atividades seletivas e específicas pertinentes aos contextos tecnológicos em que se encontram as empresas emergentes e que permitam que estas alcancem a situação futura esperada.

Uma das ferramentas disponíveis para a avaliação de tecnologias que permite definir o seu respectivo grau de maturidade tecnológica denomina-se TRL (*Technology Readiness Levels*) (ISO, 2013), também conhecida como Níveis de Prontidão Tecnológica (MANKINS, 1995) ou NMT (Níveis de Maturidade Tecnológica) (VELHO et al., 2017).

Com esta métrica de 09 (nove) níveis, é possível definir o grau de maturidade de uma tecnologia e, assim, possibilitar a comparação com outras tecnologias, além de facilitar o entendimento sobre o nível de desenvolvimento em que se encontra a tecnologia avaliada.

Com isso, o gestor pode planejar e avaliar as decisões de modo a entender os riscos envolvidos, os prazos planejados e quais os recursos necessários para o progresso da tecnologia, levando em consideração a viabilidade do produto final e o escopo do projeto.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Principal**

Este trabalho tem como objetivo principal realizar a avaliação da maturidade tecnológica dos produtos finais de spin-offs acadêmicas do setor de biotecnologia, em especial, as spin-offs acadêmicas incubadas pela Incubadora de Empresas e Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Universidade Estadual do Ceará (INCUBAUECE) e compostas pela comunidade acadêmica da Universidade Estadual do Ceará (UECE) através do uso de instrumento de avaliação baseado no conceito de medida de níveis de prontidão tecnológica ou TRL.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Podem ser identificados como objetivos secundários deste trabalho:

- Fornecer uma compreensão comum da evolução da maturidade tecnológica e do desenvolvimento da tecnologia através da TRL;
- Identificar e relacionar os fatores que facilitam ou dificultam a evolução entre os níveis de maturidade tecnológica;

- Identificar e relacionar o papel da Universidade no desenvolvimento das spin-offs acadêmicas;
- Propor práticas que contribuam para melhorar o programa de incubação da INCUBAUECE, melhorando assim a qualidade do processo fornecido pela incubadora.

### **1.3 Organização da Dissertação**

Este trabalho está dividido em 05 (cinco) capítulos. No capítulo 1, foi apresentada a introdução, a motivação e os objetivos a serem alcançados. No capítulo 2 é apresentada a Revisão Teórica realizada na literatura sobre startup, spin-off acadêmica e assuntos correlatos como a função da universidade na criação da spin-off acadêmica e evolução tecnológica. Neste último ponto, será apresentada a escala utilizada no trabalho, a escala *Technology Readiness Levels* (TRL) e seus níveis de maturidade.

Em seguida, no capítulo 3, são tratados os aspectos das Metodologias da Pesquisa, bem como os materiais utilizados na mesma, como o instrumento de avaliação criado para avaliação das empresas de biotecnologia incubadas na Universidade Estadual do Ceará (UECE).

Na sequência, no capítulo 4, apresenta-se os resultados das avaliações das spin-offs utilizando-se da escala TRL, bem como as discussões sobre as causas dos resultados obtidos. Por fim, no último capítulo são delineadas as considerações finais obtidas e os trabalhos futuros relacionados com esta linha de pesquisa.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentadas as referências bibliográficas, visando o embasamento teórico do estudo sobre spin-offs, aprofundando-se ao falar de spin-off acadêmicas.

Também é abordado a relação entre universidade e a spin-off acadêmica, as definições de maturidade tecnológica, além das definições da escala TRL, bem como seus respectivos níveis. Por fim, são mostrados os teóricos que estudaram sobre o assunto e que embasarão o tema desenvolvido.

### 2.1 Spin-off

É comum utilizar a definição de startup para uma empresa (como, por exemplo, no Vale do Silício) e utilizar a definição de spin-off para outra empresa (como a empresa fundada pelo Conselho Superior de Pesquisa Espanhol - *Spanish Scientific Research Council*). Mas por tratarem de empresas tão similares, é possível (e compreensível) fazer confusão entre estes dois conceitos, afinal, tanto uma spin-off quanto uma startup se desenvolve a partir de uma ideia inovadora. Então, qual, então, seria a diferença entre as duas definições?

Uma startup nasce a partir de uma ideia inovadora, geralmente ligada à tecnologia, com possível crescimento significativo e que apresenta um grande diferencial no mercado. É a partir da elaboração de um plano de negócios que mostre a viabilidade dessa ideia que é possível atrair *seeds* (ou, em português, “capital semente”) das mãos de investidores-anjo<sup>2</sup> que aportam capital em negócios de alto potencial (ENDEAVOR BRASIL, 2015).

No entanto, a startup (empresa-mãe) pode ter um “filho prodígio” (produto de destaque), fazendo com que os sócios entendam que seria mais útil centralizar as atenções nessa “joia emergente”, de forma desconectada da startup original. Esta “joia emergente” seria uma spin-off da empresa-mãe (ENDEAVOR BRASIL, 2015).

Outro ponto de diferença entre as definições é que, em geral, as spin-offs iniciam suas atividades com a estrutura herdada de sua empresa-mãe, não necessitando passar por todo o processo de incubação que sua ancestral (startup original) passou (ENDEAVOR BRASIL, 2015).

As spin-offs podem ser classificadas de acordo com o local onde se deu a concepção da tecnologia. Quando o projeto é derivado de uma empresa é denominada **spin-off**

---

<sup>2</sup> Pessoas e/ou empresas que investem seu capital próprio em empresas nascentes com alto potencial de crescimento.

**corporativa.** Entretanto, quando o projeto é derivado de pesquisas desenvolvidas dentro da universidade é denominada **spin-off acadêmica.**

Dada a sua função social de geração de novos conhecimentos e, conseqüentemente, novas tecnologias, as Universidades tendem a ser um celeiro natural de spin-offs. As empresas podem gerar spin-offs resultantes de suas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) ou através de processos de reestruturação interna (CONSTANTE, 2011).

Apesar da relação de cooperação empresa-universidade ser uma característica marcante em ambos os processos, em função de suas peculiaridades, há diferenças entre as spin-offs corporativas e as acadêmicas. Enquanto o ambiente acadêmico estimula a disseminação do conhecimento, o empresarial detém-no. As spin-offs corporativas possuem menor autonomia na medida em que acabam por virar fornecedores ou clientes da empresa de origem (SANTOS; TEIXEIRA, 2012).

### 2.1.1 Conceitos

O conceito de spin-off sofre de várias divergências acadêmicas com relação a suas tipologias. Pirnay et al. (2003) afirmam que a falta de uniformidade dos conceitos pode causar prejuízos para as pesquisas futuras, levando a situações nas quais os pesquisadores utilizam o mesmo conceito para descrever realidades distintas.

Um exemplo clássico deste problema de divergência conceitual são os estudos relativos ao número de spin-offs criadas no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) ao longo dos anos.

Roberts e Malone (1996) chegaram à taxa de 6,4 spin-offs anuais durante os últimos 30 anos. Carayannis et al. (1998) chegaram à taxa de 140 spin-offs ao ano, enquanto Bray e Lee (2000) estimaram o número em torno de 25 spin-offs durante os últimos 20 anos (CONSTANTE; ANDREASSI; MARTINS, 2011).

Se cada pesquisa apresentada seguiu rigorosos procedimentos metodológicos, como foi possível números tão discrepantes entre as pesquisas? A única justificativa plausível é que os conceitos de spin-offs trabalhados pelos autores não são claros ou bem definidos e esses autores utilizaram conceitos diferentes para caracterizar uma spin-off (CONSTANTE; ANDREASSI; MARTINS, 2011).

Segundo Pirnay (2003), um processo de spin-off deve atender a três quesitos:

- i) ter ocorrido dentro de uma organização-mãe (empresa ou universidade);
- ii) envolver um ou mais indivíduos pertencentes a essa organização-mãe; e

- iii) estes indivíduos tenham deixado sua organização de origem.

No quadro 1, são apresentados os elementos necessários para caracterização de uma spin-off, de acordo com alguns dos principais estudos publicados na literatura. É interessante notar que um conceito é comum a todos os autores: a spin-off é criada a partir de uma organização existente.

**Quadro 1 – Elementos necessários para configuração de uma spin-off**  
**Caracterização de um spin-off**

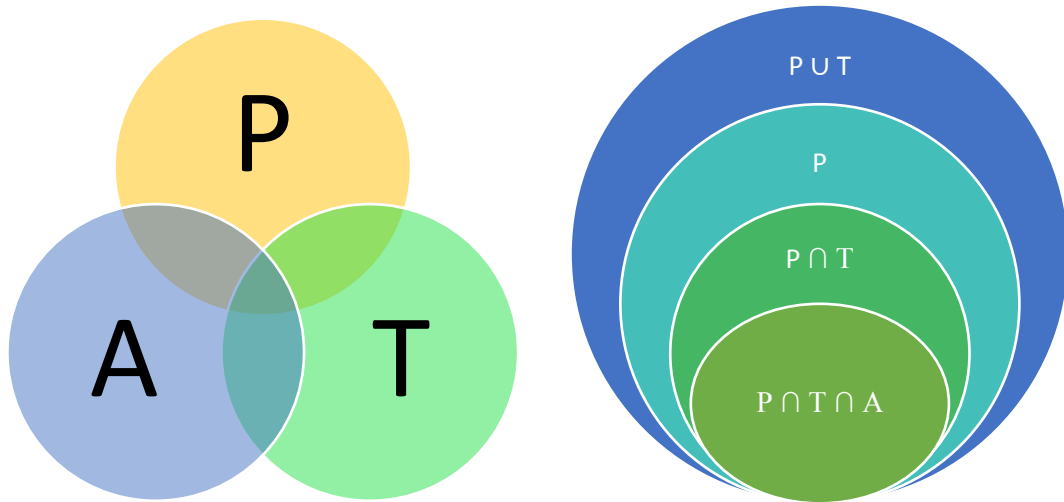
Autor(es)	Elementos necessários para caracterizar um spin-off
Todos os autores	Criação de uma nova organização a partir de uma organização existente
Cooper (1971); Smilor, Gibson e Dietrich (1990); Pirnay (1998); Chesbrough e Smith (2000); Steffensen, Rogers e Speakman (2000); Agarwal et al. (2002); Pérez e Sánchez (2003); Klepper e Sleeper (2005); Franco e Filson (2006);	Saída de colaborador da organização-mãe para a nova-organização.
Anton e Yao (1995); Chesbrough e Smith (2000); Pérez e Sánchez (2003).	Transferência de conhecimento/tecnologia formal para a nova-empresa.
Cooper (1971); Carayannis et al. (1998); Steffensen, Rogers e Speakman (2000); Rogers, Takegami e Yin (2001);	Transferência de conhecimento/tecnologia formal ou informal para a nova-empresa.
Dahlstrand (1997a) ; Carayannis et al. (1998); Bellini et al. (1999); Huylebroeck (1999);	Nova empresa deve ser baseada em uma tecnologia ou ideia originada dentro da organização-mãe

Fonte: (CONSTANTE, 2011)

Muegge (2004) apresenta um diagrama de Venn, conforme é mostrado na Figura 3, contendo o que ele considera ser os três elementos presentes em todas as variações da definição do termo spin-off, sendo:

- a) pessoas (P): Saída de colaborador da organização-mãe para a nova organização;
- b) tecnologia (T): A tecnologia/conhecimento comercializada pela nova empresa foi desenvolvida ou concebida na organização-mãe;
- c) transferência de ativos (A): Transferência de ativo formal ou informal entre a organização-mãe e a nova empresa.

**Figura 3 - Elementos presentes nas definições de spin-offs**



Fonte: (MUEGGE, 2004)

Duff e Hilton (1999) ainda define os conceitos de spin-in e spin-out, como variantes da definição de spin-off. Para os autores, spin-off é uma empresa que surge de uma outra organização, mas que permanece possuída e administrada por seus geradores.

Por outro lado, os autores conceituam spin-out como uma empresa que surge de outra organização, mas a organização-mãe não permanece como sócia majoritária e, portanto, não exerce controle na gestão do novo negócio. O caminho inverso também é identificado pelos autores através do termo spin-in, quando uma empresa é adquirida com o objetivo de absorver suas tecnologias e conhecimentos. É possível ver a diferença entre as definições no quadro 2, retirado do trabalho de Constante (2011).

**Quadro 2 – Diferenças conceituais entre os termos spin-off, spin-out e spin-in, segundo Duff e Hilton (1999)**

<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Spin-off	Geração de uma nova empresa a partir de uma organização estabelecida que mantém o controle majoritário no novo negócio.
Spin-out	Geração de uma nova empresa a partir de uma organização estabelecida, porém sem esta última possuir o controle majoritário no novo negócio.
Spin-in	Aquisição de uma empresa visando à incorporação de tecnologias desenvolvidas.

Fonte: (CONSTANTE, 2011)

Vale salientar que outros autores costumam associar spin-off e spin-out como sinônimos, levando em consideração apenas que as duas se assemelham por serem criadas a partir de uma empresa estabelecida, desprezando o quesito de quem possui o controle gerencial da nova empresa.

A diferenciação entre spin-off e spin-out sugerida por Duff e Hilton (1999) pode relacionar-se com o conceito de spin-offs acadêmicas. Para estas empresas, a organização-mãe é a universidade ou centro de pesquisas. Nestes casos, geralmente, o controle gerencial da empresa acaba por ficar nas mãos dos funcionários/pesquisadores envolvidos no projeto, não cabendo a universidade participar das decisões da empresa, participando apenas do processo de incubação e graduação destas. Nestes termos, podemos dizer que a spin-off acadêmica pode ser considerada também como uma spin-out.

### 2.1.2 Tipologia

As tipologias de spin-off na literatura divergem da mesma forma que ocorre com suas definições. As spin-offs podem variar de acordo com seu grau de inovação, escopo de sua tecnologia, qualidade percebida ou importância do P&D da empresa, a pesquisa e o ciclo de desenvolvimento de produto (MUSTAR et al., 2006).

O processo de traduzir conhecimento em um produto/serviço vendável envolve uma série de tarefas conduzidas por diferentes fases. Assim, as spin-offs podem assumir três tipos de funções na forma como ofertam conhecimento ao mercado: (a) spin-off que disponibiliza os resultados da pesquisa sob a forma de produtos/serviços; (b) spin-off que incrementa a qualidade dos produtos atuais ou expande a variedade destes; e (c) spin-off de atendimento a demandas específicas intermediando a transferência de tecnologia ou conhecimento (FONTES, 2005).

Outra forma de variação é sobre atuação no desenvolvimento e licenciamento dos produtos. Algumas spin-offs atuam por meio do licenciamento de softwares. Outras spin-offs são responsáveis por fabricar seus próprios produtos, devendo para isso um grau de investimento maior em relação às anteriores. Os produtos criados por estas últimas focam em nichos e, portanto, as spin-offs tendem a permanecer de porte pequeno. Por fim, há as spin-offs que investem em uma infraestrutura de produção e comercializam bens (FONTES, 2005).

De acordo com sua forma de atuação, é possível distinguir entre aquelas: (a) dedicadas à prestação de consultoria e de pesquisa e desenvolvimento; (b) dedicadas à fabricação de produtos; e (c) as baseadas em tecnologia (DRUILHE; GARNSEY, 2004).

Druilhe e Garnsey (2004) identificaram cinco tipos de spin-offs: (a) spin-offs com um menor volume de recursos envolvidos, cuja descoberta não é passível de ser protegida por meio de patente, prestando-se, portanto, a consultoria ou pesquisa; (b) spin-offs cujo o volume de investimento inicial é muito grande e os detentores da patente optam pelo licenciamento; (c) spin-offs dedicadas ao desenvolvimento de softwares; (d) spin-offs que desenvolvem produtos; e, por fim, (e) spin-offs que montaram uma infraestrutura para a fabricação de produtos.

Com relação ao tipo de organização geradora, Tübke (2005), apoiando-se na definição de Shane (2004), propõe uma tipologia com dois tipos de spin-offs: corporativas (oriundos de empresas) e institucionais (oriundos de universidades e instituições públicas e privadas).

Dahlstrand (1997b) apresenta uma tipologia com três tipos: (a) spin-offs corporativas, empresas criadas a partir de empresas privadas; (b) spin-offs universitárias ou acadêmicas, empresas criadas a partir de universidades e órgãos de pesquisa e (c) spin-offs institucionais, empresas criadas a partir de órgãos públicos.

Tübke (2005) apresenta uma tipologia baseada no objetivo da decisão de geração da spin-off. Neste aspecto, podemos distinguir dois grupos: (a) spin-off empreendedora e (b) spin-off de reestruturação ou renovação. A primeira trata-se de quando o objetivo é a exploração de oportunidades de negócio resultantes de novas tecnologias ou conhecimentos desenvolvidos. Já as spin-offs de reestruturação seriam os relacionados ao desejo da organização de se reorganizar internamente, se desfazendo de departamentos ou atividades ligadas à sua estrutura através da criação de novas organizações.

Tübke (2005) também apresenta tipos de acordo com duas variáveis: o consentimento da criação da nova spin-off pela organização-mãe e a participação da mesma no novo empreendimento. O autor chama de spin-off amigável aquela em que há o consentimento da organização-mãe e de hostil o que ocorre sem este consentimento.

Com relação à participação da organização-mãe na nova empresa, Tübke (2005) lista cinco tipos: internas, latentes, externas, formais e informais. Spin-offs internas são as ocorridas em função da transferência de unidades dentro da uma mesma organização com transferência ou modificações em seu controle acionário. A spin-off latente seria a criação de uma unidade interna autônoma à organização e as spin-offs externas são aquelas situadas fora da organização. As spin-offs formais e informais dizem respeito ao envolvimento da empresa-mãe na nova empresa.

A tipologia desenvolvida por Luc e Fillion (2002) adota quatro tipos principais relacionados ao objetivo da spin-off. Os tipos são: empresarial, estratégica, tecnológica e tradicional. A spin-off empresarial seria a spin-off originada pelo desejo do empregado da empresa-mãe em iniciar um negócio próprio, mas com interesses distintos da sua organização de origem. A spin-off estratégica seria a empresa originada de mudanças econômicas ou organizacionais, que fizeram com que a empresa tenha que se adaptar e reorganizar sua estrutura, oferecendo oportunidades a empregados que desejam abrir empresas e ter a organização-mãe como sua cliente, por exemplo. Spin-offs tecnológicas seriam as spin-offs originadas pela transferência de tecnologia da organização-mãe para a nova empresa. Por último, os autores descrevem as spin-offs tradicionais como empresas que acontecem em setores da economia tradicional.

Luc e Fillion (2002) também efetuaram uma classificação baseada no período em que ocorre a spin-off. Situações de crise, onde a empresa é obrigada a agir rapidamente efetuando redução de divisões ou vendas estratégicas, podem fomentar o que os autores chamaram de spin-off involuntária. Já quando a empresa cria um programa formal para geração de novas empresas, auxiliando seus colaboradores a apresentarem propostas, seria a chamada spin-off voluntária.

Van De Velde et al. (2007), apoiados na visão baseada em recursos e na teoria de identificação de oportunidades, desenvolveram uma tipologia para as spin-offs corporativas, composta por três tipos: spin-off assistida, spin-off de reestruturação e spin-off empreendedora. Spin-offs assistidas seriam os casos onde a organização-mãe possui participação acionária na nova empresa e contribui com recursos para o desenvolvimento da mesma. São comuns nos casos de exploração de descobertas oriundas das atividades de P&D.

As spin-offs de reestruturação têm como foco a reestruturação operacional da empresa-mãe, que busca o desinvestimento em departamentos ou atividades que não a interessem mais ou não estejam alinhadas com seu foco estratégico.

Por último, spin-off empreendedora seria a empresa criada a partir do desejo de um funcionário em abrir seu negócio próprio, onde geralmente, tende a ocorrer sem o envolvimento e participação da empresa-mãe. Isto não impede de a nova empresa de beneficiar-se do conhecimento tácito obtido pelo colaborador, seja com relação a uma tecnologia específica ou oportunidades observadas no setor em que atua durante o período que permaneceu na empresa-mãe (VAN DE VELDE et al., 2007).

No quadro 3 é apresentado um resumo dos tipos de tipologias de spin-off presentes na literatura.

**Quadro 3 - Comparação das tipologias de spin-offs**

<b>Foco da análise</b> \ <b>Autor(es)</b>	<b>Dahlstrand (1997b)</b>	<b>Luc e Filion (2002)</b>	<b>Tübke (2005)</b>	<b>Van De Velde et al. (2007)</b>
Origem da empresa-mãe	Corporativas Acadêmicas Institucionais		Institucionais Corporativas	
Objetivo da spin-off		Tecnológica Pessoal Estratégica Tradicional	Empreendedora Reestruturação	Empreendedor Assistido Reestruturação
Momento em que ocorre		Spin-off involuntária Spin-off voluntária		
Consentimento da nova empresa pela empresa-mãe			Spin-off amigável Spin-off hostil	
Participação da empresa-mãe na nova empresa			Spin-offs internas Spin-offs latentes Spin-offs externas Spin-offs formais Spin-offs informais	

Fonte: Adaptado de (CONSTANTE, 2011)

É importante destacar que certas tipologias apresentadas anteriormente, apesar de possuírem nomenclaturas diferentes, representam o mesmo tipo de empresa. No quadro 4 estão relacionadas as nomenclaturas que tratam do mesmo tipo de spin-off.

**Quadro 4 – Relações de equivalência entre as tipologias de spin-offs**

Origem da empresa a partir de mudanças internas na organização-mãe	Spin-off de reestruturação (Tübke, 2005)	Spin-off de reestruturação (Van De Velde et al., 2007)	Spin-off involuntária (Luc e Filion, 2002)	Spin-off estratégica (Luc e Filion, 2002)
Origem da empresa a partir de incentivo da organização-mãe	Spin-off estratégica (Luc e Filion, 2002)	Spin-off empreendedora (Van De Velde et al., 2007)	Spin-off voluntária (Luc e Filion, 2002)	
Origem a partir de uma universidade	Spin-off institucional (Shane, 2004)	Spin-off acadêmica (Dahlstrand, 1997b)		
Origem a partir de uma instituição	Spin-off institucional (Shane, 2004)	Spin-off institucional (Dahlstrand, 1997b),		
Origem a partir de uma empresa privada	Spin-off corporativa (Shane, 2004),	Spin-off corporativa (Dahlstrand, 1997b),		
Rompimento hostil com a organização-mãe	Spin-off hostil (Tübke, 2005)	Spin-off empreendedora (Van De Velde et al., 2007)	Spin-off informal (Tübke, 2005)	
Participação da organização-mãe na nova empresa	Spin-off formal (Tübke, 2005)	Spin-off assistida (Van De Velde et al., 2007)	Spin-off amigável (Tübke, 2005)	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)



Faz-se necessário que tipologias e conceitos convergentes sejam agrupados em um único (a) conceito/tipologia para, assim, criar um padrão que irá facilitar os estudos nesta área. Ao tratarmos com apenas um tipo de conceito e definir formalmente as tipologias, será possível classificar melhor as empresas e, portanto, evitar problemas como o exemplo supracitado do quantitativo de spin-offs no MIT.

### 2.1.3 Processos de criação de uma Spin-off

O grande desafio das spin-offs é elaborar um modelo de negócio que faça conexão do mundo intelectual das pesquisas com o mundo do mercado econômico, levando em consideração a grande incerteza do mundo corporativo (CHESBROUGH; ROSENBLOOM, 2002).

A partir da percepção de uma oportunidade revelada por uma tecnologia inovadora, as spin-offs nascem e desenvolvem produtos e/ou serviços a partir da transformação desta tecnologia. A maior preocupação destas empresas acaba não sendo a tecnologia, pois geralmente quando iniciam no mercado, as empresas já dominam plenamente a tecnologia. Logo o foco destas empresas é a comercialização desta tecnologia (SANTOS, 2012).

É importante frisar que o nível de conhecimento tecnológico das spin-offs não é mensurado por nenhum órgão competente ou por nenhuma métrica. Portanto, ainda não é possível garantir que uma empresa domine sua tecnologia ao se lançar no mercado.

A literatura sobre spin-offs mostra a existência de diversos modelos para explicar o processo de criação destas empresas. Esses modelos são geralmente divididos em um número de fases, e cada uma dessas fases tem suas características específicas, atividades e momentos críticos de transição (SANTOS, 2013).

Roberts e Malonet (1996) compreendem que os modelos de estágios ou fases são úteis para descrever o processo de evolução pelo qual passam as novas empresas. Desta forma, os autores dão ênfase ao caráter sequencial dessa evolução e também enfatizam a maneira como ocorre o processo de interação entre a spin-off e a organização-mãe, bem como os efeitos adversos que podem surgir dessa relação.

Por outro lado, Borges, Filion e Simard (2008) consideram a divisão em etapas como recurso meramente didático e ressaltam que o processo de criação de uma spin-off ocorre dinamicamente e de forma não linear. Os autores destacam ainda uma série de atividades que podem ser vinculadas a cada uma das fases desse processo.

Scheutz (1986) traz a perspectiva da curva do ciclo de vida das empresas para discutir cada uma das fases de desenvolvimento das spin-offs ao longo do tempo. O ciclo da vida de uma empresa compreende nas fases de introdução, crescimento, maturidade e declínio, anteriormente visto na Figura 2.

Na fase introdutória, as inovações e o conhecimento são acumulados na figura do empreendedor; na fase de crescimento, o empreendedor passa a desempenhar atividades mais complexas e a assumir riscos; na fase de maturidade, a nova empresa alcança o patamar de um sistema coordenado, com métodos de produção em escala, em um tipo de organização mecanicista que diminui o potencial criativo do empreendedor, resultando finalmente em uma mudança organizacional, na estagnação (fase de declínio), ou na criação de outras empresas pelo empreendedor, neste último caso, levando consigo os conhecimentos adquiridos na organização-mãe (SCHEUTZ, 1986).

Roberts (1991) foca no processo de transferência tecnológica entre as diferentes fontes de incubação de conhecimento e os empreendedores, destacando a ação de forças externas no fluxo da transferência tecnológica, tais como a conjuntura econômica, a forma como o indivíduo é capaz ou não de perceber uma nova tecnologia ou conhecimento à sua disposição e as oportunidades de mercado para a referente tecnologia.

Para Roberts, o importante é identificar como o ritmo de aprendizado do indivíduo e suas atitudes mediante à tecnologia exposta pela empresa-mãe podem ser afetados por questões como: a real utilidade da tecnologia; a maneira como o indivíduo é exposto a essa tecnologia e as características pessoais desses indivíduos.

Ndonzuau, Pirnay e Surlemont (2002) apresentam um modelo para entendimento do processo de criação de spin-offs bastante referenciado na literatura, que consiste em quatro fases: 1) concepção da ideia a partir de uma pesquisa; 2) elaboração de um plano de negócio; 3) entrada no mercado; 4) fortalecimento da criação de valor.

Esse modelo surgiu das observações feitas pelos autores em 15 universidades distintas, e se mostra importante quando serve de base para entender o fenômeno das spin-offs por uma perspectiva que analisa cada uma das quatro fases como dependentes sequencialmente, em um processo de seleção natural pelo qual as spin-offs devem passar.

O modelo de tabuleiro sequencial de Bill Aulet (2013) leva em consideração os estudos de Ndonzuau, Pirnay e Surlemont, no que se refere à construção iterativa e sequencial de uma empresa. Os passos definidos por Aulet também podem ser utilizados para construir, ao término do caminho do tabuleiro, uma spin-off de sucesso.

Vohora, Wright e Lockett (2004) trazem um modelo das fases de transição do desenvolvimento de spin-offs universitárias. Segundo os autores, o termo “fases de desenvolvimento” é mais adequado do que o termo “estágio de crescimento”, pois o primeiro termo captura melhor a essência da fluidez das spin-offs acadêmicas.

Os autores ressaltam, no entanto, que o modelo de fases de SOAs não é linear, mas que essas fases são iterativas, ou seja, essas fases estão constantemente sendo reavaliadas e revividas pelas empresas, como parte do seu processo de desenvolvimento, em um ciclo de feedback.

Estes autores contribuem ainda no sentido de apresentarem um modelo que leva em consideração as junções críticas, ou seja, as fases intermediárias e problemas que devem ser vencidos para que a spin-off avance de uma fase para outra.

O modelo de Clarysse e Moray (2004) adiciona as possíveis influências internas e externas que a spin-off sofre durante seu ciclo de vida às suas fases de desenvolvimento, bem como as atividades desempenhadas em cada uma dessas fases.

Para estes autores, nas fases iniciais da criação da ideia e de pré-lançamento, as atividades mais importantes são a pesquisa inicial e proposta de um plano de negócios, que são realizadas com o apoio da universidade, sendo esta a influência externa principal.

Nas fases seguintes de lançamento e pós-lançamento, vários problemas ou questões podem ocorrer, desde a necessidade de uma legalização formal da empresa até problemas relativos à falta de recursos, de modo que nessas fases se destaca a figura do “campeão”, a pessoa à frente da equipe de empreendedores, com a influência externa do mercado.

Clarysse, Wright e Lockett *et al.* (2005) destacam o fenômeno do “funil da spin-off”, ou seja, o processo pelo qual a spin-off é direcionada para um foco a ser atingido na fase de validação do crescimento. Nesse modelo, a instituição de pesquisa ou organização-mãe à qual a spin-off está vinculada tem um papel de incubadora, dando suporte à nova organização no que se refere à percepção de oportunidades, proteção intelectual, financiamento, desenvolvimento do plano de negócios, e controle sobre o processo de criação dessa spin-off.

Assim, desses modelos de fases de desenvolvimento das spin-offs, é possível destacar aspectos importantes que ocorrem no processo dessas novas empresas. As fases de desenvolvimento são orientadas pelo tipo de apoio da organização-mãe à empresa nascente, que desempenha uma série de atividades necessárias à gestão da nova empresa, partindo da pesquisa e de uma ideia inicial para o negócio, passando pela elaboração de um plano de negócios, lançamento da empresa no mercado, e, finalmente, a consolidação da nova empresa como uma entidade independente.

No quadro 5 é mostrado um resumo dos modelos de fases de criação de spin-off segundo os autores citados.

**Quadro 5 - Comparação das fases do processo de criação de Spin-offs**

Referência	Fases				
	Scheutz (1986)	Inovação	Crescimento	Administração	-
Roberts (1991)	Fonte de tecnologia	Ritmo de aprendizado	Utilidade da tecnologia	Oportunidade para uso da tecnologia	Tecnologia transferida
Ndonzuau, Pirnay e Surlemont (2002)	Concepção da ideia	Elaboração do Plano de negócios	Lançamento da spin-off	Criação de valor	-
Vohora, Wright e Lockett (2004)	Pesquisa	Oportunidade	Pré-organização	Reorientação	Retorno Sustentável
Clarysse e Moray (2004)	Ideia	Pré-lançamento	Lançamento	Pós-lançamento	-
Clarysse, Wright e Lockett et al. (2005)	Pesquisa	Validação do projeto	Validação do plano de negócios	Validação do crescimento	-

Fonte: (SANTOS, 2013)

Santos e Teixeira (2012) geraram, a partir da literatura e principalmente o trabalho de Ndonzuau, Pirnay e Surlemont, um quadro que indica os elementos que compõem cada etapa da construção de uma spin-off, indicando quais os processos envolvidos em cada passo.

**Quadro 6 – Etapas envolvidas no processo de criação de Spin-offs**

Fases do modelo Ndonzuau, Pirnay e Surlemont (2002)	Processos envolvidos
Concepção da ideia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação de uma oportunidade</li> <li>- Formação da equipe</li> <li>- Entendimento do mercado potencial</li> <li>- Identificação de produtos / subprodutos</li> </ul>
Elaboração do Plano de Negócios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboração do Plano de Negócios</li> <li>- Compreensão do papel como empreendedor</li> <li>- Mobilização de recursos financeiros</li> <li>- Avaliação dos concorrentes</li> <li>- Elaboração de protótipo</li> <li>- Contato com potenciais clientes</li> <li>- Levantamento de custos e benefícios</li> </ul>
Lançamento da Spin-off	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro da empresa</li> <li>- Contratação de funcionários</li> <li>- Desenvolvimento de produtos/serviços</li> <li>- Contratação de fornecedores</li> <li>- Primeiras vendas</li> <li>- Alinhamento da capacidade de produção com a demanda</li> </ul>
Criação de valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promoção dos produtos/serviços</li> <li>- Conquista de novos clientes/parceiros</li> </ul>

Fonte: Adaptado de (SANTOS; TEIXEIRA 2012)

## 2.2 Spin-off Acadêmica

Spin-off acadêmica (SOA) é definida como uma empresa criada para explorar uma propriedade intelectual gerada a partir de um trabalho de pesquisa desenvolvido em uma instituição acadêmica (SHANE, 2004).

Dentre as principais características de uma SOA, podemos citar: (1) são empresas criadas em universidades; (2) são criadas para explorar inovações tecnológicas, patentes e o conhecimento acumulado por pesquisadores durante atividades acadêmicas; (3) são fundadas por pelo menos um membro das universidades (professor, estudante ou funcionário).

Pedrosi Filho (2014) afirma que uma empresa criada por uma pessoa sem qualquer vínculo com uma universidade, mas que o conhecimento utilizado pela empresa criada é originário de uma instituição acadêmica, também pode ser considerada uma spin-off acadêmica. A recíproca, entretanto, não é verdade. Isto é, quando o conhecimento ou propriedade intelectual não é oriundo de uma universidade, ainda que as empresas sejam criadas por funcionários ou ex-funcionários de instituições acadêmicas.

Geralmente, os agentes do processo de inovação dentro da universidade são os pesquisadores, alunos de pós-graduação, professores e o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT) - quando este existe - haja vista que o conhecimento acumulado por estes acaba por fornecer os novos produtos e/ou tecnologias inovadoras para a sociedade e para as empresas que serão desenvolvidas por estes (PEDROSI FILHO, 2014).

Mesmo essas empresas possuindo um perfil de pequena empresa, e muitas vezes ter um quadro reduzido de funcionários, as spin-offs criadas através da pesquisa científica têm grande importância econômica para a atividade de inovação e para a região onde está inserida.

### 2.2.1 A relação entre Universidade e a Spin-off Acadêmica

Existem várias formas de transferência de conhecimento e/ou tecnologia entre meio acadêmico e empresa. Dentre elas, podemos destacar a livre disseminação do conhecimento através do ensino e publicação, interação, cooperação e licenciamento para empresas existentes, e finalmente, através das spin-offs (PEDROSI FILHO, 2014).

O conhecimento está sendo cada vez mais convertido em algum tipo de atividade econômica. Estes procedimentos de conversão dependem dos arranjos institucionais e do tipo de conhecimento gerado, e evoluem ao longo do tempo (SANTOS, 2013).

Atualmente a economia de um país é cada vez mais dependente do conhecimento e das tecnologias desenvolvidas no âmbito acadêmico. Este fato explica porque, às vezes, um país chega a investir um alto valor em pesquisa e desenvolvimento de suas universidades. Os Estados Unidos orientam as universidades para a aplicação prática do conhecimento acadêmico, através de uma cultura de inovação expressiva que resulta no fomento a novos negócios no próprio ambiente universitário (SANTOS, 2013).

Alguns exemplos podem ser destacados quanto a influência de instituições de ensino e pesquisa para o desenvolvimento de empresas no ramo tecnológico, como o do Vale do Silício e a área de Boston nos EUA, assim como, Cambridge e Oxford no Reino Unido (ANTUNES, 2018).

O empreendedorismo acadêmico nasce quando estudantes utilizam os conhecimentos adquiridos no ambiente da universidade para desenvolver habilidades na área de formação de recursos humanos (RH) e desenvolvimento da ciência e tecnologia (C&T), habilidades estas voltadas à criação de empresas e, analogamente, utilizam-se da credibilidade da universidade-mãe para conseguirem acesso aos recursos necessários para a criação da nova empresa ou criar laços e redes de relacionamentos, formando suas equipes empreendedoras (SANTOS, 2013).

Tradicionalmente, o mecanismo pelo qual uma universidade desenvolvia e comercializava uma tecnologia era via licenciamento da propriedade intelectual para uma grande empresa estabelecida, que por sua vez desenvolvia a tecnologia em produtos comercializáveis. Todavia, a criação de empresas spin-offs acadêmicas vem se tornando uma tendência maior no quesito transferência de tecnologia, entre as universidades que valorizam a inovação.

Pode-se ainda considerar que a comercialização de produtos via SOA representam esforços das universidades em melhorar os fluxos de renda e a possibilidade de retorno financeiro direto na forma de royalties pagos pelas licenças das patentes, de investimentos em P&D para desenvolvimento dos produtos/processos e bolsas para estudantes envolvidos nos projetos e prestígio junto à sociedade e às agências de fomento, que têm valorizado fortemente este tipo de iniciativa nos últimos anos.

A sociedade também se beneficia diretamente com a criação destas empresas, através da geração de divisas, empregos e tecnologias que levam ao desenvolvimento tecnológico, econômico e social (PEDROSI FILHO, 2014).

Contudo, vale ressaltar que nem sempre um alto investimento em P&D resulta em crescimento econômico. Ao mesmo tempo em que são consideráveis as possibilidades de retorno financeiro e de prestígio, as chances de insucesso também são grandes, particularmente

para tecnologias que requerem um longo período de incubação do produto e elevado montante de capital.

As chances de insucesso não são calculáveis, pois ainda não se utiliza uma política de avaliação da maturidade tecnológica sendo utilizada pelas incubadoras e universidades, para que se possa mensurar, no início da incubação, se aquela tecnologia está evoluída o suficiente para permitir trabalhar com ela e/ou se vale a pena investir no desenvolvimento desta.

É interessante observar que as primeiras SOAs apareceram na Europa na década de 1970 e, neste período, muitas autoridades acadêmicas foram indiferentes ou mesmo contra o desenvolvimento dessas empresas (PEDROSI FILHO, 2014).

Etzkowitz (2003) explica que o desenvolvimento do empreendedorismo acadêmico envolve questões de cunho ético e moral dos professores. Isso se deve ao fato de que alguns professores viam o empreendedorismo como uma forma de distanciamento do ensino e o esforço maior em pesquisa, tornando-se um “abandono” do papel dos professores como educadores e, de outro lado, o risco provável de que a universidade sofreria interferência externa do mercado, que poderia acabar por ditar o que deve ou não ser pesquisado.

Além disso, muitos docentes possuem interesse maior em publicar trabalhos acadêmicos, orientados para a pesquisa pura em oposição à pesquisa aplicada. Isso se deve ao fato de a carreira de magistério exigir este compromisso em troca de melhorias salariais e de cargo.

Um segundo empecilho que pode ser observado são os valores das instituições de ensino, que não envolvem ainda a perscrutação de ideias de negócio. Ao focar somente na geração de conhecimento, as universidades podem deixar passar despercebidas oportunidades de exploração comercial de suas pesquisas, ou, mesmo, executar uma política de promoção do empreendedorismo amadora, incapaz de distinguir os projetos viáveis (NDONZUAU; PIRNAY; SURLEMONT, 2002).

Etzkowitz (2003) salienta que o conflito de pensamentos não é completamente desfavorável. Os professores estão, aos poucos, atentando-se para as possibilidades favoráveis oriundas da parceria universidade-mercado. Mas faz-se necessário que eles não foquem todos os seus esforços apenas em pesquisa, esquecendo-se do resto da tríade universitária: ensino e extensão.

A renovação do quadro docente que ocorrem nas universidades através da contratação de novos professores também auxilia no crescimento do empreendedorismo acadêmico, haja vista que estes novos professores geralmente fazem parte do conjunto de jovens empreendedores preparados a arriscar em ideias inovadoras.

Mas nada adianta haver pesquisadores engajados, ideias inovadoras, ambientes favoráveis para testes da tecnologia se não houver a cultura empreendedora na universidade como um todo, onde é possível fornecer o suporte (incubação, rede de contatos, infraestrutura física, entre outros) para que os projetos de inovação se desenvolvam e permitam a formação de empresas fortes o suficiente para oferecer seus produtos e enfrentar o mercado.

Rasmussen e Borch (2010) identificaram três capacidades das universidades que podem facilitar o empreendedorismo e a criação de spin-offs: (1) criar novos caminhos de ação; (2) equilibrar interesses acadêmicos e comerciais; e (3) integrar novos recursos.

A primeira capacidade está relacionada ao dinamismo da universidade em possibilitar e explorar novas ideias através das pesquisas de alunos e professores; a segunda capacidade diz respeito à necessidade de equilibrar os interesses acadêmicos e comerciais da universidade e dos empreendedores (tantos os internos quanto os externos à universidade); e a terceira capacidade está relacionada à característica da universidade em atrair recursos, através de redes de contatos com a indústria e investidores. Esta última capacidade está em consonância com o conceito de hélice tripla que relaciona universidade, Estado e indústria (SANTOS, 2013).

As universidades brasileiras começaram a perceber que seus alunos enxergavam a possibilidade de ter um negócio próprio como desejo para o futuro, além do diploma de graduação. Por isso, deram os primeiros passos para apoiar o movimento de geração de empresas. Ações como criação de incubadoras, gestão empresarial oferecidos pela universidade, disciplinas de Empreendedorismo, além do apoio no processo de estruturação do plano de negócios de novas empresa tem se tornado uma constante em escolas públicas como USP, Unicamp, UFRJ, UFC, entre outras.

O apoio da organização-mãe, no caso das universidades, é fundamental, principalmente nas fases iniciais do *spin-off*. A transferência de competências externas à área técnica dá o suporte necessário às atividades de gestão da empresa, além de possibilitar o acesso à sua rede de contatos. Esta contribuição geralmente é dada pelas incubadoras acadêmicas (SANTOS; TEIXEIRA, 2012).

Considerando o contexto das empresas de biotecnologia, a formação de spin-offs que ofereçam produtos inovadores relacionados à saúde humana, animal, a alimentação é de extrema importância para a humanidade, pois estes produtos poderão possibilitar uma melhor qualidade de vida para os seres vivos, bem como permitir o desenvolvimento de alimentos de melhor qualidade e mais saudáveis, além de possibilitar uma melhor distribuição destes alimentos e avanços no setor energético.



A sociedade também se beneficia diretamente com a criação destas empresas, através da geração de divisas, empregos e tecnologias que levam ao desenvolvimento tecnológico, econômico e social da região em que estão inseridas.

### 2.2.2 A INCUBAUECE

A Incubadora de Empresas e Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Universidade Estadual do Ceará - INCUBAUECE, criada pela Resolução nº. 176 do Conselho Superior-CONSU, em 14 de novembro de 1997, regulamentada em 17 de setembro de 2010, tem como missão, estimular e apoiar empreendedores no processo de geração, consolidação e crescimento de micro, pequenas e médias empresas no Ceará, promovendo o desenvolvimento regional sustentável.

A INCUBAUECE se destina a estimular e apoiar empreendimentos no processo de geração, consolidação e crescimento de micro, pequenas e médias empresas. Também estimula a parceria destas com grandes empresas de base tecnológica que venham a contribuir para o desenvolvimento da região Nordeste, em especial, o Estado do Ceará.

A incubadora permite que pessoas físicas, empresas brasileiras ou estrangeiras regularizadas em território nacional, constituídas individualmente ou em grupo, apresentem propostas, projetos de produto ou processo intensivo em conhecimento para participar do processo de incubação.

Para participar, as empresas ou projetos devem ingressar no processo incubatório através de participação em edital próprio e devem enquadrar-se, preferencialmente, nas áreas de biotecnologia, energias renováveis ou tecnologia da informação e comunicação.

Segundo o Regimento Interno da incubadora (INCUBAUECE, 2017), as empresas podem ser classificadas das seguintes formas:

- a) **PROJETO PRÉ-INCUBADO:** é o projeto que apresente potencial de negócio constituindo-se como fase anterior à incubação, ao qual é concedido tempo determinado para fins de finalização do projeto, permitindo a utilização de serviços prestados pela Incubadora para início do negócio.
- b) **EMPRESA INCUBADA:** Empresa criada para desenvolver novos produtos, serviços e/ou processos de base tecnológica, com desenvolvimento próprio ou com estreita interação com Laboratórios ou Centros de Pesquisa da FUNECE/UECE.

- c) EMPRESA ASSOCIADA: Empresa com sede própria ou instalada em Módulo de Incubação localizado na FUNECE, que se associa para fins de desenvolver projetos, produtos ou processos em parceria com Laboratórios ou Centros de Pesquisa da FUNECE/UECE.
- d) EMPRESA GRADUADA: Empresa que passou pelo processo de incubação e já possui competências suficientes para se desenvolver, sem o apoio da Incubadora.
- e) EMPRESA GRADUADA ASSOCIADA: empresa que possua Certificado de Graduação expedido por Instituição filiada e reconhecida pela Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores-ANPROTEC, inclusive a INCUBAUECE, e que se associe para desenvolver projetos, produtos ou processos em parceria com Laboratórios ou Centros de Pesquisa da FUNECE/UECE.
- f) EMPRESA INCUBADA RESIDENTE: Empresa instalada fisicamente na FUNECE que utiliza serviços ofertados pela Incubadora.
- g) EMPRESA INCUBADA NÃO RESIDENTE: Empresa que participa de todos os requisitos inerentes ao processo de incubação, porém que não utiliza espaço físico da FUNECE.

Dentre os benefícios do programa de incubação da INCUBAUECE, podemos destacar:

- Disponibilização de espaço físico;
- Módulos de incubação;
- Autorização para alocação em laboratórios e plantas-piloto, mediante contrato específico;
- Compartilhamento de serviços técnico-administrativos e contábeis disponíveis nos moldes estabelecidos pelas normas internas da incubadora;
- Orientação empresarial, mercadológica e de gestão;
- Assessoria tecnológica;
- Intermediação para o estabelecimento de cooperação tecnológica com outras instituições;
- Acesso às informações tecnológicas em conformidade com a política de propriedade intelectual da Fundação Universidade Estadual do Ceará (FUNECE);

- Infraestrutura para utilização em cursos, seminários e *workshops* e outros serviços que se façam necessários à consecução dos interesses da INCUBAUECE.

O processo de incubação da INCUBAUECE segue os preceitos do fenômeno “funil da spin-off” (CLARYSSE, WRIGHT E LOCKETT et al., 2005) onde a spin-off é direcionada para um foco a ser atingido na fase de validação do crescimento. Nesse modelo, a INCUBAUECE participa dando suporte à nova organização através dos benefícios supracitados.

Em contrapartida, os empreendimentos pré-incubados, incubados, graduados, associados e graduados associados devem pagar à FUNECE os valores fixados no respectivo contrato, os quais são previamente definidos anualmente pelo Conselho Diretor da FUNECE, a partir de proposta encaminhada pela entidade gestora.

Os processos de incubação da FUNECE/INCUBAUECE são assim delimitados: (a) Pré-Incubação; (b) Incubação; (c) Graduação; (d) Associação; e, finalmente, (e) Graduado Associado.

O processo de pré-incubação trata da oferta de apoio na elaboração de planos e modelos de negócios como orientação, capacitação e consultoria na área de negócios, visando ao amadurecimento tecnológico e gerencial de uma ideia/projeto até a definição de um negócio e a respectiva formalização da empresa. A vigência deste processo é de 06 (seis) meses, podendo ser prorrogado, mediante manifestação do empreendedor e concordância da Coordenação Executiva da INCUBAUECE, por igual período, não ultrapassando, com esta prorrogação, o limite máximo de 12 (doze) meses.

O segundo processo, Incubação, é o processo de oferta de apoio ao desenvolvimento e/ou aprimoramento dos aspectos tecnológicos e gerenciais à empresa Incubada, seja ela residente ou não residente. Este processo tem vigência de 60 (sessenta) meses para empresas incubadas para desenvolvimento de produtos/processos em Biotecnologia, admitindo-se uma única prorrogação de até 12 (doze) meses e 36 (trinta e seis) meses para empresas incubadas nas demais áreas.

O processo denominado Associação confere oferta de apoio técnico-científico à empresa que se associe à FUNECE/ INCUBAUECE para desenvolvimento de projetos, produtos ou processos em parceria com os Laboratórios e Centros de Pesquisa da FUNECE, na categoria de residente ou não residente. Os contratos de Associação de empresas terão sua vigência adstrita à duração do respectivo projeto associado.

Já o processo Graduado Associado é quando a empresa apresenta o Certificado de Graduação, fornecido por Instituição credenciada e reconhecida pela Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC), para desenvolver novos projetos, produtos ou processos inovadores em parceria com Laboratórios e Centros de Pesquisa da FUNECE, na categoria de residente ou não residente. A admissão de empresa Pós-Graduada pela INCUBAUECE, na modalidade Empresa Graduada Associada se dá automaticamente, sem necessidade de participação em processo de seleção.

As três empresas estudadas neste trabalho são do ramo de Biotecnologia e estão em processo de Incubação definida pela INCUBAUECE.

### **2.3 Biotecnologia**

Muitas definições de biotecnologia existem, no entanto, elas geralmente são muito gerais ou específicas para serem úteis. Dentre as definições possíveis, temos:

- A produção de produtos a partir de matérias-primas com a ajuda de organismos vivos (EREKY, 1919);
- Aplicação de princípios científicos e de engenharia para o processamento de materiais por agentes biológicos para fornecer bens e serviços;
- O uso industrial de organismos vivos ou técnicas biológicas desenvolvidas através de pesquisa básica;
- O uso tecnológico, através da ciência ou engenharia, de organismos vivos ou partes de organismos vivos, em suas formas naturais ou modificadas.

A definição original cunhada por Karl Ereky (1919) pode ser declarada como: "Qualquer processo em que um organismo biológico é usado para fazer um produto para uso humano". Nesse sentido, a biotecnologia tem sido utilizada por seres humanos há muitos séculos na forma de criação seletiva de animais e plantas, e o uso de microrganismos para produzir mercadorias produzidas por tecnologias tradicionais, como o vinho e o queijo.

Um problema com essa definição é que ela não reconhece o uso crescente de entidades biológicas modificadas. No outro extremo, no imaginário popular, biotecnologia se tornou sinônimo de engenharia genética (VOGLER; RUSSELL, 2000).

A partir da definição original, outras definições mais abrangentes foram surgindo. Castro (2012) define biotecnologia como uma tecnologia comumente utilizada na agricultura, química, engenharia dos alimentos e medicina. Sendo assim, as técnicas de biotecnologia se

enquadram desde atividades que o homem desenvolve através da história, como a produção de alimentos fermentados (pão, vinho, iogurte, cerveja e outros) até a biotecnologia moderna, onde cientistas incorporam técnicas de DNA recombinante para a produção de alimentos transgênicos.

Dahms (2004) informa que a biotecnologia combina disciplinas como genética, biologia molecular, bioquímica, embriologia e biologia celular, com as engenharias, tecnologia da informação, robótica, bioética, biofísica e o biodireito e diferentes especialidades da medicina.

Nestes termos, podemos considerar a biotecnologia como uma unidade de conhecimento interdisciplinar, pois utiliza tecnologias e conhecimentos de diferentes áreas de conhecimento, cada qual com seu respectivo campo de aplicação. Exemplos conhecidos desta área são os projetos que englobam a aplicação de engenharia genética na melhoria de alimentos e no manejo da agricultura, como forma de lidar com doenças vegetais (FREIRE, 2014).

Segundo a associação comercial mundial de biotecnologia, a *Biotechnology Innovation Organization* – BIO<sup>3</sup>, a biotecnologia moderna fornece produtos inovadores e tecnologias para combater doenças debilitantes e raras, reduzir nossa pegada ambiental (quantidade de terra e água que seria necessária para sustentar as gerações atuais), alimentar os famintos (BIO, 2018b), usar menos energia e de forma mais limpa e ter processos de fabricação industrial mais seguros, mais limpos e eficientes (BIO, 2018c).

A BIO ainda informa que existem mais de 250 produtos de saúde biotecnológicos e vacinas disponíveis para pacientes, muitos com doenças anteriormente incuráveis. Mais de 13,3 milhões de agricultores em todo o mundo usam biotecnologia agrícola para aumentar os seus rendimentos, prevenir danos causados por insetos e pragas e reduzir o impacto da agricultura sobre o meio ambiente (BIO, 2018a).

Além disso, mais de 50 biorrefinarias estão sendo construídas em toda a América do Norte para testar e refinar tecnologias de produção de biocombustíveis, eletricidade, calor e derivados refinados a partir de biomassa, o que pode ajudar a reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Em síntese, a biotecnologia se utiliza de processos biocatalíticos, tornando-os úteis para a sociedade (BIO, 2018c).

A atividade econômica nos setores biotecnológicos necessita de muita informação baseada em tecnologia, que consiste no conhecimento que, quando aplicado, pode favorecer os

---

<sup>3</sup> Site oficial disponível em: <https://www.bio.org>

processos inovadores (AGUIAR, 1991). Tal intensidade tecnológica não se desenvolve sem a investimentos do setor privado, governo e do meio acadêmico (FREIRE, 2014).

Em muitos casos, a biotecnologia é vista como um setor que engloba várias tecnologias e não como um setor próprio. Há atividades biotecnológicas em áreas como saúde humana, veterinária, agricultura, energia e ambiente. Sendo assim, é difícil definir um produto final de uma empresa biotecnológica (DAHMS, 2004).

É possível comparar o setor de biotecnologia com o setor de tecnologia da informação: as duas tem atuações transversais, ou seja, fornecem serviços para diversos setores. Contudo, no caso da computação, é possível definir uma unidade sobre as soluções que o setor de TI fornece para o mercado. Caso este que não ocorre com a biotecnologia (DAHMS, 2004).

Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)<sup>4</sup> 2.0, existem 02 (dois) setores de biotecnologia como negócio na classificação de atividade econômica. Estes setores englobam as atividades da biotecnologia tais como: defensivos agrícolas, adubos e fertilizantes e reparação de veículos automotivos (Código 4683-4/00) e indústria de transformação e produção de compostos fitoterápicos, fármacos ou fitoquímicos (Código 2110-6/00). É possível ver as classificações no quadro 7.

**Quadro 7 - Atividades econômicas do setor de Biotecnologia**

Código	Descrição CNAE
2110-6/00	CULTURA DE MICRORGANISMOS (PRODUTOS DE BIOTECNOLOGIA) PARA USOS AGRÍCOLAS (INOCULANTES), PARA DEFESA AMBIENTAL (BIORREMEIADORES) E OUTROS USOS, EXCETO LEVEDURAS; FABRICAÇÃO DE
4683-4/00	BIOTECNOLOGIA PRODUTOS DE, PARA AGRICULTURA; COMÉRCIO ATACADISTA DE

Fonte: CNAE – IBGE (Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/>. Acesso em 25 fev. 2018)

Ainda de acordo com o CNAE, a primeira atividade (2110-6/00) compreende a:

- Fabricação de compostos farmacologicamente ativos, obtidas por síntese orgânica, utilizadas na preparação de medicamentos, tais como: cloridrato de propranolol, maleato de enalapril, omeprazol, etc.;
- Fabricação de compostos semissintéticos obtidos por extração de produtos naturais de origem vegetal, tais como: cloridrato de pilocarpina, quercetina, rutina, etc.;

<sup>4</sup> Forma de padronizar, em todo o território nacional, os códigos de atividades econômicas e os critérios de enquadramento usados pelos mais diversos órgãos da administração tributária do Brasil (Fonte: IBGE)

- Fabricação de compostos obtidos por extração de produtos naturais de origem animal, tais como: heparina, lipocáico, sulfato de condroitina, etc.;
- Fabricação de compostos farmacológicos obtidos por rota biotecnológica, tais como: interferona, eritropoetina, epítumomabe, penicilina, etc.;
- Transformação do sangue e fabricação de seus derivados;
- Processamento de glândulas e fabricação de extratos de glândulas;
- Processo de branqueamento dos açúcares;

A segunda atividade (4683-4/00) compreende a:

- O comércio atacadista de defensivos agrícolas: inseticidas, fungicidas, herbicidas e outros defensivos agrícolas;
- O comércio atacadista de adubos, fertilizantes e corretivos do solo;
- O comércio atacadista de produtos químicos para agricultura

É perceptível, portanto, que dentre as inúmeras possibilidades de serviços na área de biotecnologia, apenas as atividades ligadas a defensivos agrícolas e fabricação de farmacológicos são classificadas hoje como atividades biotecnológicas, de acordo com a classificação CNAE.

As empresas que se enquadram nestes dois tipos de atividades supracitadas tiveram destaque a partir do ano de 2015, segundo Cadastro Central de Empresas – CEMPRE, não sendo encontradas empresas anterior a este ano.

**Quadro 8 - Quantitativo de empresas nos setores de Biotecnologia (2015 a 2016)**

<b>Empresas e outras organizações</b>					
<b>Ano x Classificação Nacional de Atividades Econômicas</b>					
<b>2015</b>			<b>2016</b>		
<b>Total</b>	<b>21.10-6 Fabricação de produtos farmoquímicos</b>	<b>46.83-4 Comércio atacadista de defensivos agrícolas, adubos, fertilizantes e corretivos do solo</b>	<b>Total</b>	<b>21.10-6 Fabricação de produtos farmoquímicos</b>	<b>46.83-4 Comércio atacadista de defensivos agrícolas, adubos, fertilizantes e corretivos do solo</b>
5.114.983	110	3.053	5.050.615	98	3.135

Fonte: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA (Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6449#resultado>. Acesso em: 10 ago. 2018)

Podemos observar pelo quadro acima que houve uma diminuição no quantitativo total de empresas cadastradas no Brasil entre os anos de 2015 e 2016, dentre estas 12 (doze) eram do setor de fabricação de produtos farmoquímicos. Em contrapartida, no mesmo período, a atividade de comércio atacadista de defensores agrícolas teve um aumento de 82 empresas.

## **2.4 Maturidade Tecnológica**

O termo maturidade pressupõe a ideia de que um produto ou serviço, no decorrer do seu desenvolvimento, passa de um estágio inicial de estrutura, forma ou função para um estágio mais avançado, percorrendo uma série de etapas intermediárias.

Um modelo de maturidade pode ser observado como uma estrutura em vários níveis sucessivos em direção a melhoria do produto e seu consequente estágio final, sendo que em cada nível deve-se cumprir critérios específicos para este seja considerado alcançado e, assim, seja possível passar para o próximo nível (JOCHEM et al., 2011).

Sendo assim, o grau de maturidade tecnológica indica o grau de desenvolvimento de uma dada tecnologia, considerando que esta teve uma pesquisa de seus princípios básicos como ponto de partida e o produto final produzido através da tecnologia madura como ponto de chegada, atentando-se para os passos intermediários entre estes dois pontos, suas respectivas dificuldades e peculiaridades.

Neste caminho, a organização deve conhecer e aplicar as tendências e inovações tecnológicas oriundas da tecnologia em questão para melhorar os resultados de seus respectivos negócios, sempre atentando para a melhoria da funcionalidade das ferramentas ou sistemas tecnológicos em uso na empresa.

O estudo da maturidade tecnológica iniciou-se com o relatório do Escritório Geral de Contabilidade (*General Accounting Office - GAO*) do Departamento de Defesa (*Department of Defense – DoD*) dos Estados Unidos no ano de 1999. Este relatório concluiu que o fracasso no desenvolvimento de vários projetos armamentistas se dava por conta do uso de tecnologias nas áreas de Ciências e Tecnologias (C&T) que ainda não estavam plenamente desenvolvidas (GAO, 1999).

Identificou-se que o uso de tecnologias recentes (que ainda não estavam bem desenvolvidas e/ou conhecidas) quase sempre levava a custos e cronogramas sobrepujantes. Isso se devia ao fato de que os custos que estavam destinados para a geração dos produtos finais acabam sendo utilizados para resolver pendências ou problemas encontrados no decorrer do uso da nova tecnologia (ISO, 2013).



Ainda neste relatório, o GAO descobriu que a separação entre o desenvolvimento da tecnologia e o desenvolvimento de produtos produzidos por esta é a melhor prática no ramo industrial. O relatório informava: “Maturar novas tecnologias antes de incluí-las em um produto é talvez o mais importante determinante do sucesso do produto final - ou sistema de armas” (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL JR, 2003, p.1).

Em outras palavras, deve-se ter certeza de que uma tecnologia está madura antes de incluí-la como parte de um produto ou sistema de armas. O ideal é focar em dois projetos separadamente: um para o desenvolvimento da tecnologia e outro para a produção do produto desejado. Logicamente, este último projeto apenas pode ser iniciado após o fim exitoso do primeiro.

No relatório, os autores realizaram a seguinte indagação: “Como saber se uma tecnologia é suficientemente madura?” A resposta é dada no próprio relatório: deve ser adotado uma abordagem disciplinada e baseada no conhecimento para avaliar a maturidade da tecnologia, como a escala TRL (*Technology Readiness Level*), utilizada anteriormente pela NASA, e, assim, estabelecer o ponto em que é possível combinar tecnologias-chaves e os requerimentos de sistemas de armas de tal forma a aperfeiçoar o desenvolvimento e produção de um sistema de armas melhor (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL JR, 2003).

Os benefícios em mensurar a maturidade tecnológica são vários, dentre eles, a possibilidade de gerenciamento de riscos. O relatório do GAO exprime: “Uma vez que o nível de prontidão da tecnologia é estabelecido, os riscos de incluir esta nova tecnologia no desenvolvimento de um produto podem ser avaliados” (GAO, 1999, p.22).

Ao mensurar a maturidade tecnológica, podemos identificar se a tecnologia tem uma baixa maturidade tecnológica (ou seja, um baixo nível de prontidão). Em caso afirmativo, esta representa um alto risco de investimento, já que existem muitas incógnitas que precisam ser resolvidas no desenvolvimento desta tecnologia.

Até que estas incógnitas sejam resolvidas de forma satisfatória, não se pode saber se a tecnologia irá atender aos objetivos de custo, cronograma e desempenho. Eis o motivo que muitos projetos acabam onerando mais que o previsto inicialmente, pois se gastava o investimento projetado em pesquisas, correções e atualizações da tecnologia invés da produção efetiva do que se almejava.

Portanto, é possível realizar um mapeamento entre a maturidade tecnológica de uma dada tecnologia e o seu respectivo grau de risco de investimento.

Assim como é possível relacionar a maturidade tecnológica no gerenciamento de riscos, medir a maturidade tecnológica pode ser útil também no gerenciamento geral de um programa.

Conhecer a maturidade atual da tecnologia utilizada pela empresa e compará-la com a maturidade tecnológica almejada pode fornecer ao responsável da empresa um plano de ação descrevendo atividades que precisam ser realizadas. Em suma, a diferença entre onde a tecnologia está e onde ela precisa estar pode informar ao responsável o que falta ser feito e gerenciado.

Devido a sua grande importância, foi necessário desenvolver algum mecanismo de medição da maturidade de uma tecnologia. Eis então que se iniciou o uso da escala *Technology Readiness Level*, descrita no próximo tópico.

### 2.3.1 A escala Technology Readiness Levels (TRL)

No campo da pesquisa e desenvolvimento, particularmente no quesito inovação de tecnologia, uma forma de avaliar a maturidade tecnológica de um produto ou serviço é através da aplicação do nível de prontidão da tecnologia ou *Technology Readiness Levels* (TRL).

A escala TRL foi proposta pela Agência Espacial Americana, a NASA (*North American Space Agency*), a partir da publicação do documento “*NASA technology push towards future space mission systems*” (SADIN, 1989).

Essa proposta surgiu como decorrência do estudo de que quando a tecnologia necessária ainda está em baixo nível de maturidade os custos e cronogramas de desenvolvimento não podem ser previstos com precisão (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL JR, 2003).

Com a criação da escala TRL, a NASA objetivava estabelecer uma nova ênfase para o desenvolvimento tecnológico, que anteriormente possuía apenas um papel de sustentação, levando-o para um patamar primordial no desenvolvimento de novos sistemas para missões espaciais (PAGANO, 2014).

Esta escala foi rapidamente adotada por diferentes instituições, incluindo os Departamentos de Defesa (DoD) e de Energia (DoE) dos Estados Unidos – onde no primeiro caso, chegou-se a definir suas próprias regras da escala (DOD, 2009) – o Programa de Inovação e Comercialização do Canadá, a Agência Espacial Europeia, que utiliza este conceito no âmbito do Horizonte 2020, o Programa-Quadro para investigação e Inovação. Inglaterra e Japão também aderiram ao uso do sistema TRL (COTEC, 2014).

Desde então, a escala TRL recebeu ajustes e aperfeiçoamentos e acabou sendo utilizada para outros tipos de tecnologias, tais como: desenvolvimento de softwares, de hardwares, de biotecnologias, entre outros.

A escala TRL criou um vocabulário comum para descrever graus de maturidade de tecnologia, mediando os mundos da investigação e da indústria e servindo como uma ferramenta de gestão do risco inerente à tecnologia em desenvolvimento (COTEC, 2014).

Inicialmente com apenas 07 (sete) níveis, atualmente a escala TRL possui 09 (nove) níveis, que variam entre o TRL 1 (investigação básica) ao TRL 9 (produto finalizado e pronto para lançamento no mercado).

Existem diversas versões da escala TRL, de acordo com a entidade que a utiliza e com o setor onde é aplicada. Por exemplo, a NATO (*North Atlantic Treaty Organization*) preconiza a existência de 10 (dez) níveis de maturidade, incluindo o nível TRL 0 que indica que o projeto se encontra em fase de pesquisa científica, onde novas ideias conduzem a estudos, descobertas e aprendizados.

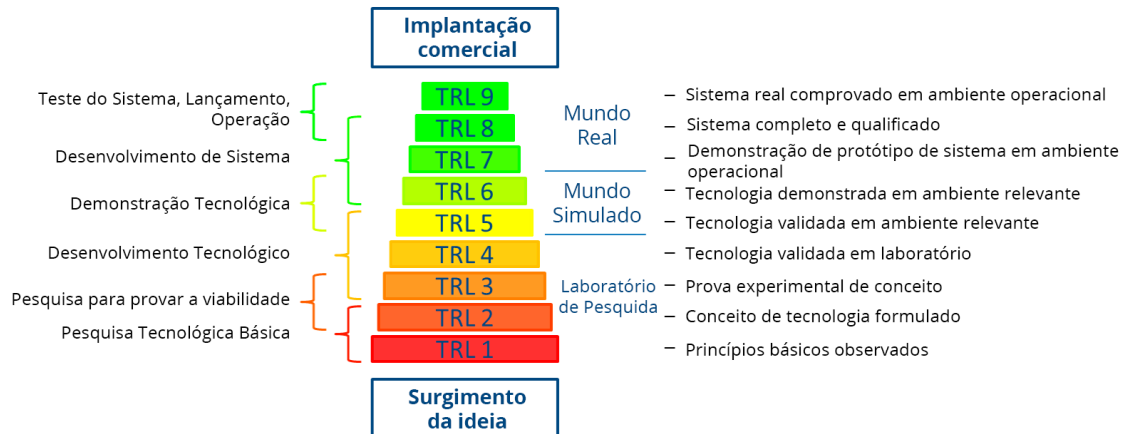
Outro exemplo é a Agência Espacial Europeia, que adotou a escala de TRL em meados dos anos 2000 e segue de perto a definição da NASA. A utilização universal da escala TRL na política da UE foi proposta no relatório final do primeiro grupo de peritos de alto nível sobre as principais tecnologias facilitadoras e foi, de fato, executada no subsequente programa-quadro da UE, denominado Horizonte 2020, de 2013 a 2020 (COTEC, 2014).

A escala TRL foi indicada para uso desde programas de espaço e armas, nanotecnologia até tecnologia de informática e comunicação, o que mostra sua dinamicidade de uso.

A escala TRL foi normalizada pela ISO 16290:2013 (ISO, 2013), sendo desenvolvida por meio da análise de documentos relacionados à aplicação do TRL pela NASA, Departamento de Defesa dos Estados Unidos e instituições da Agência Espacial Europeia.

De acordo com Mankins (1995), por definição, os níveis TRLs são um sistema de medição sistemática que auxiliam as avaliações da maturidade de uma tecnologia particular e a comparação de maturidade entre diferentes tipos de tecnologia. Os níveis TRLs foram concebidos, como se apresenta a seguir:

**Figura 4 - Níveis da Escala TRL**



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Podemos entender os níveis TRL 1 a TRL 3 como etapas de concepção da inovação, do TRL 4 ao TRL 6 como etapas de desenvolvimento do produto inovador e do TRL 7 ao TRL 9 como etapas de acabamento da inovação (ISO, 2013).

Uma tecnologia atinge o nível de maturidade correspondente ao TRL 9 quando está bem definida por um conjunto de processos reprodutíveis para o projeto, fabricação, teste e operação desta tecnologia. Além disso, o produto final (definido no vocabulário da ISO como elemento) atende a um conjunto de requisitos de desempenho em um ambiente operacional real.

Um pré-requisito para a avaliação usando a escala TRL é a identificação do elemento que está sujeito à avaliação. Os níveis TRLs maiores exigem ainda a definição dos requisitos de desempenho e, portanto, exigem o conhecimento da finalidade do elemento, ou seja, conhecimento sobre a que se destina a produção deste produto/serviço. Os requisitos de desempenho podem ser preliminares nos níveis TRLs baixos, então sendo progressivamente refinados e verificados em níveis mais altos (ISO, 2013).

Toda a escala TRL se aplica ao desenvolvimento de um determinado produto/serviço. Os níveis TRLs superiores da escala implicam que o produto está em sua forma final e está pronto para validação ou uso em um ambiente operacional específico (ISO, 2013).

A escala TRL de um determinado produto pode ter seu nível rebaixado se esse mesmo produto for usado em um escopo diferente, a menos que todos os requisitos de ambiente e interface do produto no novo escopo possam ser demonstrados como iguais ou menos exigentes do que para o escopo original.

O tempo ou o esforço para passar de um nível TRL para outro são dependentes da tecnologia e não estão conectados linearmente à TRL. A experiência mostra que estes níveis podem variar amplamente, dependendo do produto e da sua finalidade em questão (ISO, 2013).

Portanto, a escala TRL é uma ferramenta apropriada para avaliar o status da maturidade da tecnologia em um determinado momento. Contudo, o caminho percorrido e o custo a ser gasto para alcançar o próximo nível não são indicados apenas pelo nível alcançado.

Em outras palavras, a escala TRL serve para fornecer um *snapshot* da tecnologia avaliada em um dado momento. Além disso, há a dificuldade de atribuir um nível de maturidade tecnológica para tecnologias como processos, métodos, algoritmos e arquiteturas.

Portanto, cabe ao responsável pelo desenvolvimento do produto avaliar os custos para realizar os requisitos de cada nível TRL em que se encontra momentaneamente e estimar os custos para iniciar a realização dos requisitos do próximo nível subsequente da escala. Desta forma, o responsável pode avaliar se a empresa está apta tecnológica e organizacionalmente para avançar de nível TRL.

Enquanto a TRL 9 se refere à tecnologia madura, as TRL mais baixas refletem o fato de que uma ou mais condições para alcançar uma tecnologia madura não foram atendidas, como (ISO, 2013):

- a) os processos envolvidos para a fabricação do produto não foram totalmente definidos;
- b) os requisitos de desempenho operacional ainda não foram totalmente definidos;
- c) o produto ainda não foi totalmente definido;
- d) o produto ainda não foi construído;
- e) os requisitos de desempenho do produto ainda não foram demonstrados em seu ambiente operacional.

Quando o produto é um sistema ou subsistema integrado, ele pode consistir em subprodutos, cada um envolvendo alguma tecnologia específica, o que costuma ser típico em caso de produtos biotecnológicos. Nesse caso, deve ser calculado o nível TRL para cada subproduto. O nível TRL do sistema é calculado, então, a partir dos níveis TRL de seus subelementos, considerando que ele não pode ser maior que o os níveis TRL dos subprodutos individuais.

Isso faz sentido, pois o sistema final depende de seus subprodutos para existir e não pode alcançar um nível TRL alto se seus subprodutos não estão bem definidos e/ou maduros tecnologicamente.

Podemos indicar resumidamente as definições originais da NASA para os níveis TRL no quadro 6. Caso o leitor deseje uma leitura mais aprofundada sobre cada nível da escala, é convidado a ler o Anexo A deste trabalho.

**Quadro 9 - Definições originais TRL**

<b>TRL</b>	<b>Definição original (NASA)</b>
1	Princípios básicos observados e relatados
2	Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulado
3	Prova de conceito de funções críticas analítica e experimental e/ou prova característica de conceito
4	Validação dos componentes da tecnologia em ambiente de laboratório
5	Validação dos componentes da tecnologia em ambiente relevante
6	Demonstração de modelo de sistema/subsistema ou protótipo em ambiente relevante
7	Demonstração de modelo de sistema/subsistema ou protótipo em ambiente operacional
8	Sistema real completo e qualificado em ambiente operacional
9	Sistema real finalizado e qualificado

Fonte: Adaptado de (ISO, 2013)

Embora essas sejam as definições oficiais dos níveis TRL, pode haver uma grande ambiguidade ao aplicá-las a um esforço específico de desenvolvimento tecnológico. Por este motivo, o DoD também publicou suas descrições suplementares para cada TRL.

Essas descrições aumentam as definições dadas no quadro 7. As definições e as descrições apresentadas no quadro 8 são usadas em programas de desenvolvimento de hardware e software, embora sejam permitidos esclarecimentos adicionais sobre o software.

**Quadro 10 - Definições TRL expandidas**

<b>TRL</b>	<b>Definição TRL para Hardware e Software (DoD)</b>
1	Nível mais baixo de prontidão tecnológica. A pesquisa começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento aplicado. Exemplos podem incluir estudos em papel das propriedades básicas de uma tecnologia.
2	A Invenção começa. Uma vez que os princípios básicos são observados, as aplicações práticas podem ser inventadas. As aplicações são especulativas e pode não haver nenhuma prova ou análise detalhada para suportar os pressupostos. Os exemplos são limitados a estudos analíticos.
3	A pesquisa e o desenvolvimento ativos são iniciados. Isso inclui estudos analíticos e estudos laboratoriais para validar fisicamente as previsões analíticas de elementos separados da tecnologia. Exemplos incluem componentes que ainda não estão integrados ou representativos.
4	Componentes tecnológicos básicos são integrados para estabelecer que eles vão trabalhar juntos. Esta é relativamente uma versão de "baixa fidelidade" da tecnologia em comparação com o sistema final. Exemplos incluem a integração do hardware "ad hoc" no laboratório.

5	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realistas para que possam ser testados em um ambiente simulado. Os exemplos incluem integração laboratorial de "alta fidelidade" dos componentes.
6	Modelo representativo ou sistema protótipo (que é bem superior ao do TRL5) é testado em um ambiente relevante. Representa um grande passo na prontidão demonstrada da tecnologia. Os exemplos incluem testar um protótipo em um ambiente de laboratório de alta fidelidade ou em ambiente operacional simulado.
7	Protótipo próximo ou já no sistema operacional planejado. Representa um grande passo do TRL6, exigindo a demonstração de um protótipo de sistema real em um ambiente operacional.
8	Tecnologia comprovada para funcionar na sua forma final e nas condições esperadas. Na maioria dos casos, este TRL representa o fim do verdadeiro desenvolvimento do sistema. Exemplos incluem teste de desenvolvimento e avaliação do sistema no seu sistema de armas pretendido para determinar se ele atende às especificações.
9	Aplicação real da tecnologia em sua forma final e em condições de missão, como as encontradas em testes operacionais e avaliação. Exemplos incluem o uso do sistema em condições de missão operacional.

Fonte: Adaptado de (DOD, 2009)

No Brasil, a escala TRL começou a ser aplicada em projetos e desenvolvimento de materiais aeroespaciais, sendo posteriormente utilizada para outros fins. A escala foi normatizada através da norma ABNT NBR ISO 16290 de setembro de 2015, onde foram definidos os níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e seus critérios de avaliação.

Assim como a ISO 16290:2013 normatizada pela NASA, a norma brasileira, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), foca em aplicações espaciais, contudo o seu texto admite que a escala seja utilizada em outros domínios de atividades, como por exemplo, o setor de tecnologia da informação (ABNT, 2015).

Para a adaptação da escala para outros setores, a norma brasileira define como primeiro passo da avaliação da maturidade tecnológica a identificação do elemento/tecnologia que será mensurado, podendo este elemento ser ou não componente de um sistema maior. Feito isso, o próximo passo é a definição dos requisitos de desempenho do componente em cada nível da escala, como visto no quadro a seguir.

**Quadro 11 - Norma Brasileira NBR ISO 16290:2015**

<b>NÍVEL DE MATURIDADE DA TECNOLOGIA</b>	<b>MARCO ALCANÇADO PELO ELEMENTO</b>	<b>TRABALHO REALIZADO (DOCUMENTADO)</b>
<b>TRL 1: Princípios básicos observados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicações potenciais são identificadas após as observações de base, mas o conceito do elemento ainda não está formulado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expressão dos princípios de base previstos para uso.</li> <li>• Identificação de potenciais aplicações.</li> </ul>

<p><b>TRL 2: Conceito tecnológico formulado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulação de potenciais aplicações e conceito preliminar do elemento.</li> <li>• Nenhuma prova de conceito ainda.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulação de aplicações em potencial.</li> <li>• Projeto conceitual preliminar do elemento, fornecendo entendimento de como os princípios básicos podem ser usados.</li> </ul>
<p><b>TRL 3: Prova experimental do conceito</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O conceito do elemento é elaborado e o desempenho esperado é demonstrado por meio de modelos analíticos suportados por dados experimentais e/ou características.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar diversas missões), incluindo definição de requisitos de desempenho funcionais.</li> <li>• Projeto conceitual do elemento.</li> <li>• Entrada de dados experimentais, definição e resultados de experimentos laboratoriais.</li> <li>• * Modelos analíticos do elemento para a prova de conceito.</li> </ul>
<p><b>TRL 4: Validação tecnológica em laboratório</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O desempenho funcional do elemento é demonstrado por ensaios com maquete em ambiente laboratorial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos de desempenho preliminares (podem objetivar várias missões) com definição de requisitos de desempenho funcionais.</li> <li>• Projeto conceitual do elemento.</li> <li>• Plano de ensaios de desempenho funcional.</li> <li>• Definição da maquete para verificação de desempenho funcional.</li> <li>• Relatórios de ensaios com a maquete.</li> </ul>
<p><b>TRL 5: Validação tecnológica em ambiente relevante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As funções críticas do elemento são identificadas e o ambiente relevante associado é definido.</li> <li>• Maquetes não necessariamente em escala real, são construídas para verificar o desempenho por meio de ensaios em ambiente relevante, sujeitos a efeitos de escala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição preliminar dos requisitos de desempenho e do ambiente relevante.</li> <li>• Identificação e análise das funções críticas do elemento.</li> <li>• Projeto preliminar do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas.</li> <li>• Plano de ensaios das funções críticas. Análise de efeitos de escala.</li> <li>• Definição da maquete para a verificação da função crítica.</li> <li>• Relatórios de ensaios com a Maquete.</li> </ul>
<p><b>TRL 6: Demonstração tecnológica em ambiente relevante</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As funções críticas do elemento são verificadas e o desempenho é demonstrado em ambiente relevante com modelos representativos em formato, configuração e função.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de requisitos de desempenho e do ambiente relevante.</li> <li>• Identificação e análise das funções críticas do elemento.</li> <li>• Projeto do elemento, sustentado por modelos apropriados para a verificação das funções críticas.</li> <li>• Plano de ensaios da função crítica.</li> <li>• Definição do modelo para as verificações das funções críticas.</li> <li>• * Relatórios dos ensaios com o modelo.</li> </ul>



<p><b>TRL 7: Demonstração de protótipo em ambiente operacional</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O desempenho é demonstrado para o ambiente operacional no solo ou, se necessário, no espaço.</li> <li>• 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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de requisitos de desempenho, incluindo definição do ambiente operacional.</li> <li>• Definição e realização do modelo.</li> <li>• Plano de ensaios do modelo.</li> <li>• Resultados de ensaios com o modelo.</li> </ul>
<p><b>TRL 8: Sistema completo e qualificado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O modelo de voo é qualificado e integrado ao sistema final pronto para voo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo de voo é construído e integrado no sistema final.</li> <li>• Aceitação para voo do sistema final.</li> </ul>
<p><b>TRL 9: Sistema real comprovado em ambiente operacional</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A tecnologia está madura.</li> <li>• O elemento está em serviço com sucesso, para a missão designada, no ambiente operacional real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comissionamento em fase inicial de operação.</li> <li>• * Relatório de operação em órbita.</li> </ul>

Fonte: (RODRIGUES, 2018).

A norma brasileira ainda informa que a escala TRL pode ser utilizada para os seguintes objetivos, mas não se restringindo a eles: (a) para monitoramento inicial do desenvolvimento de tecnologias básicas ou específicas; (b) fornecer um status de maturidade técnica de um projeto futuro, como contribuição para o processo de decisão da execução do projeto; (c) em alguns casos, para monitorar o progresso de uma tecnologia durante seu desenvolvimento (ABNT, 2015). Embora essa escala possa ser avaliada de forma quantitativa, também pode ser avaliada por uma perspectiva qualitativa.

Este trabalho utiliza as definições dos níveis TRL indicados pela Norma Brasileira NBR ISO 16290:2015 para a construção do instrumento de avaliação, realizando as devidas adaptações para o âmbito da Biotecnologia.

### **3 METODOLOGIAS**

Neste capítulo são apresentadas informações sobre a metodologia de pesquisa utilizada no trabalho, bem como o instrumento utilizado para realizar a pesquisa junto às empresas de biotecnologia incubadas pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Trata também da classificação da pesquisa, do universo e população avaliada, a forma de aplicação do instrumento e a forma de análise de dados.

#### **3.1 Classificação da Pesquisa**

Com relação à estratégia de pesquisa adotada neste estudo foi a de estudo de caso múltiplos (YIN, 2005), em função de a pesquisa analisar mais de uma empresa spin-off, no caso, três (03) empresas selecionadas entre as empresas incubadas na INCUBAUECE.

Do ponto de vista do objetivo, o método de pesquisa foi o exploratório, que objetiva proporcionar maior familiaridade com um problema através de levantamento bibliográfico, preenchimento de questionário com pessoas que tem experiências práticas com o problema pesquisado (no caso, os gerentes das spin-offs acadêmicas analisadas) e análise de exemplos e assume, em geral, a forma de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

#### **3.2 Universo e População**

O objetivo principal deste trabalho é a pesquisa sobre o grau de maturidade tecnológica das empresas de biotecnologia incubadas pela Universidade Estadual do Ceará. Assim, o universo pesquisado é composto por todas as empresas da referida área que tem sua sede no estado do Ceará e que foram incubadas pela UECE.

Os sujeitos da pesquisa são os gestores destas empresas (Gerentes, Diretores ou CEOs), uma vez que se entende que estes detêm a informação necessária para ajudar a definir o nível de maturidade tecnológica da empresa, através do preenchimento do instrumento desta pesquisa.

A escolha pelo ramo da Biotecnologia se dá pelo fato desta ser relacionada ao ramo da Biodiversidade, objeto de estudo deste Programa de Pós-Graduação. As maiores ameaças à biodiversidade apontam hoje numa direção específica: aquela que provém do poder incomparável ligado à biotecnologia.

Se, anteriormente, a atenção era sobre a ameaça aos céus e ao verde das florestas para os desastrosos efeitos dos modos de produção capitalista, agora faz-se necessário se defrontar com outra ameaça, ainda mais profunda: aquela de interferência direta nos mecanismos da vida, geralmente realizada pelos avanços da Biotecnologia.

O local da pesquisa foi a Universidade Estadual do Ceará por possuir várias empresas de Biotecnologia com ramos diferentes de atuação. Além disso, a parceria e proximidade do co-orientador deste trabalho com a incubadora INCUBAUECE permitiu a aproximação do autor com os gestores das empresas entrevistadas.

### **3.3 Instrumento de Pesquisa**

Visando à coleta de dados sobre as empresas incubadas, lançou-se mão da aplicação de um questionário baseado na aplicação *TRL Calculator 2.2* de William L. Nolte, Brian C. Kennedy e Roger J. Driegiel Jr. (2003), que serviu para realizar a maturidade tecnológica de empresas do ramo de Tecnologia da Informação.

O *TRL Calculator* é uma ferramenta para aplicar a escala TRL para programas de desenvolvimento de tecnologia. Na sua forma atual, a calculadora é uma aplicação em planilhas do Microsoft Excel que permite ao usuário responder a uma série de perguntas sobre um projeto de tecnologia.

Uma vez respondidas as perguntas, a calculadora exibe o nível TRL alcançado pela tecnologia. Como o mesmo conjunto de perguntas é respondido cada vez que a calculadora é usada, esta fornece um processo padronizado e repetitivo para avaliar a maturidade de qualquer tecnologia de hardware ou software em desenvolvimento.

Desta forma, o *TRL Calculator* é uma ferramenta que pode servir para identificar o nível atual da maturidade tecnológica de um sistema, bem como orientar os gerentes de projetos destes sistemas a verificarem quais passos devem ser tomados para que a tecnologia gestada possa alcançar níveis maiores de maturidade tecnológica.

O instrumento utilizado neste trabalho tem como objetivo auxiliar a incubadora universitária INCUBAUECE e gerentes de spin-offs acadêmicas a verificarem a maturidade tecnológica de seus sistemas biotecnológicos ou biomédicos.

Levando em consideração a proximidade entre biotecnologia e a tecnologia da informação (empresas-alvo do *TRL Calculator*), o instrumento criado utilizou os critérios comuns a ambos ramos tecnológicos citados, realizando adaptações, quando necessário, considerando as especificidades do ramo da biotecnologia.

O instrumento é dividido em escalas, de forma análoga ao *TRL Calculator*, de tal forma que o gestor da SOA possa iniciar a avaliação da maturidade de forma crescente da escala. Por exemplo: o entrevistado inicia verificando se a tecnologia já realizou as tarefas de observação e registro dos princípios básicos, tarefas inerentes ao TRL1, tais como:

- Foram identificados os princípios básicos da tecnologia?
- Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia?
- Foram documentados os estudos que confirmam os princípios básicos?

Para cada tarefa, o entrevistado deve indicar a porcentagem do quão completa a respectiva tarefa se encontra, usando uma escala linear de 0 (zero) a 10 (dez). Sendo assim, a escala linear é dividida em porcentagens de 10% (0%, 10%, ..., 90% e 100%)., podendo o entrevistado indicar qual porcentagem melhor demonstra a realidade da tarefa em sua empresa.

Caso a atividade não tenha sido iniciada, o usuário não soube informar o andamento da respectiva atividade, ou ainda, se o usuário não conhece a referida atividade, este deve indicar o valor "0", correspondendo a 0%. De forma análoga, se a tarefa tiver sido completamente executada, o entrevistado deve escolher o valor 10, representando 100%.

As perguntas estão agrupadas em categorias de questões relacionadas. Ao agrupar as questões relacionadas, o instrumento força o usuário a considerar todas as questões relevantes para um determinado tópico ao mesmo tempo. Isso ajuda a evitar a confusão, uma vez que todas as perguntas que questionam sobre "Nível de conhecimento" são abordadas antes de passar para "Componentes", "Integração do sistema" e assim por diante.

**Figura 5 - Exemplo de questão do instrumento**

## 2. Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia? \*

0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10

0% concluído / Não sei informar                                    100% concluído

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A vantagem deste arranjo é a possibilidade de ver todas as questões relacionadas em conjunto e não precisar lembrar do que foi respondido anteriormente para responder logicamente a uma pergunta posterior. A desvantagem é que se deve percorrer todo o

questionário, respondendo a todas as questões relevantes em todas as categorias, antes que se possa calcular o valor TRL correspondente à empresa do entrevistado.

Cada pergunta está associada a um, e apenas um, nível TRL. Por exemplo, a leitura da pergunta, “*Foram identificados os princípios básicos da tecnologia?*” está associada ao TRL 1, enquanto a pergunta que diz, “*Foram identificados os potenciais clientes da tecnologia?*” está vinculada ao TRL 2.

Vale salientar que certas atividades são referenciadas por perguntas em níveis TRL diferentes. Um exemplo disso é a atividade de VV&A (Verificação, Validação e Acreditação). Esta atividade compreende três processos inter-relacionados, mas distintos, que reúnem e avaliam evidências para determinar se um modelo ou simulação deve ser usado em uma determinada situação e estabelecer sua credibilidade.

No caso, esta atividade aparece nos níveis TRL 6, TRL 7 e TRL 8, indicando respectivamente se o processo VV&A foi iniciado, se a atividade valida que a tecnologia atende as especificações exigidas e a conclusão desta atividade.

Estas perguntas interconectadas servem para indicar que uma determinada atividade pode iniciar em um dado nível TRL e finalizar em outro nível posterior, indicando a continuidade entre os níveis e o processo de evolução da maturidade tecnológica.

### **3.4 Forma de Aplicação**

A técnica de investigação utilizada para desenvolver o instrumento foi o questionário. Segundo Gil (2008), o questionário é a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos.

O questionário apresenta uma série de vantagens, dentre as quais, podemos destacar: (i) possibilidade de atingir grande número de pessoas, mesmo dispersas geograficamente; (ii) menos gastos com pessoal, haja vista que o questionário não exige treinamento dos pesquisadores; (iii) garante o anonimato das respostas; (iv) não expõe os pesquisados à influência das opiniões e do aspecto pessoal dos entrevistadores (GIL, 2008).

No caso do instrumento em questão, foram utilizadas questões fechadas, onde o respondente escolheu a porcentagem de conclusão de cada atividade dentre as que são apresentadas. Esse tipo de pergunta confere uma maior uniformidade às respostas e facilita no processo de tabulação.

O questionário elaborado pelo autor foi aplicado através de ferramenta on-line utilizando o Google Formulários. A chamada para responder ao questionário foi enviada por e-mail ao *staff* das empresas e por entrevistas diretas com os diretores, superintendentes ou gerentes, nesta ordem, de acordo com a acessibilidade.

Para responder ao questionário, cada respondente acessou o formulário via internet, através de *site* específico, indicando um e-mail para contato.

O questionário também contém instruções acerca do correto preenchimento das questões e também a respeito dos pontos analisados em cada nível da escala para facilitar o entendimento do respondente, caso apareçam dúvidas no momento do preenchimento do instrumento.

Ao final do questionário, o sistema armazenou em planilha eletrônica as respostas dadas, bem como o log de acesso, informando quando a pesquisa foi respondida. Nesta mesma planilha eletrônica, foram definidas condições que auxiliassem o cálculo do nível TRL, de acordo com as quatro abordagens descritas a seguir.

No final de cada nível TRL, foram feitas 02 (duas) perguntas a respeito do nível recém respondido. A primeira pergunta se o respondente considera que o nível respondido é importante para a tecnologia que utiliza. Em caso negativo à esta pergunta, o respondente é convidado a explicar o porquê que o nível é descartável à sua tecnologia.

A segunda pergunta é se o respondente acredita que faltou alguma atividade pertinente ao nível TRL respondido. Esta pergunta é de suma importância para a validação do instrumento, pois como o mesmo utilizou-se como base o *TRL Calculator* e este se baseia em empresas de tecnologia da informação, é possível que processos mais específicos de Biotecnologia possam ter ficado de fora do instrumento. A partir das respostas, foi possível verificar quais os pontos descobertos pelo questionário criado.

Para fortalecer a eficiência do questionário, foi aplicado um pré-teste. Este pré-teste foi importante para promover possíveis ajustes finos que surgiram durante a aplicação do questionário, para assim, evitar a contaminação ou perda de toda a população analisada caso os erros do questionário fossem encontrados após toda a população ter respondido à pesquisa.

### **3.5 Forma de Análise de Dados**

A partir das respostas informadas pelos gestores, inicialmente foi observado até que ponto cada empresa investiu no setor tecnológico, ou seja, em qual grau de maturidade tecnológica encontra-se a respectiva empresa.

Foi considerado o nível de conhecimento das empresas sobre maturidade tecnológica e seus requisitos na análise dos dados. De fato, este é um ponto importante de análise, pois o conhecimento da empresa sobre o assunto demonstra como a mesma buscou aplicar corretamente os conceitos de maturidade tecnológica em seus processos, tanto técnicos quanto de planejamento e produção.

Vale salientar que é possível que uma tecnologia possa ter tarefas concluídas em um nível superior a que se encontra, pois, a empresa pode ter investido em determinadas ações que são relacionadas a determinado nível TRL.

Sendo assim, foram definidas 04 (quatro) abordagens de análise do nível de maturidade tecnológica. A primeira é a abordagem de análise que leva em consideração o trabalho *TRL Calculator*. A segunda abordagem foi desenvolvida de acordo com a norma NBR 16290 (ABNT, 2015). A terceira abordagem foi elaborada pelo autor e trata-se de uma abordagem inovadora que leva em consideração todas as atividades concluídas e seus respectivos níveis TRLs. Por fim, a quarta e última abordagem, também elaborada pelo autor, calcula o percentual de conclusão de cada nível TRL pelas empresas avaliadas.

### 3.5.1 Abordagem *TRL Calculator*

Nesta abordagem, a tecnologia é considerada madura em um dado nível se **todas** as tarefas referentes a este nível forem concluídas. Foi analisado a porcentagem de cada pergunta realizada. Caso a porcentagem de uma atividade seja igual ou superior a 80% (tolerância), a tarefa foi considerada como “suficientemente concluída”.

Essa porcentagem é utilizada no trabalho *TRL Calculator* como estimativa de que a atividade está próxima de conclusão (considerando margens de erros de 10%) e que os resultados da respectiva atividade podem estar prontos, aguardando apenas a formalização do fechamento da atividade.

O grau alcançado pela tecnologia será sempre o menor grau totalmente completo da escala. Por exemplo: a tecnologia “X” tem todas as tarefas como concluídas no nível TRL 2, possui algumas tarefas concluídas no nível TRL 3 (não todas) e todas as tarefas concluídas no nível TRL 4. Nestes termos, definimos que a tecnologia “X” encontra-se com a maturidade tecnológica do nível TRL 2.

Como dito anteriormente, uma tarefa é considerada como “suficientemente concluída” se ela tiver uma porcentagem de conclusão igual ou superior a 80%. Logo, as atividades

consideradas como concluídas foram àquelas em que o respondente escolheu uma das opções no questionário on-line: 8, 9 ou 10.

Ao término do questionário, as respostas foram inseridas em planilha eletrônica. Neste ponto, foram realizadas condições para verificar se todas as tarefas de um nível TRL possuem porcentagens iguais ou superiores à 80%. Se esta condição é satisfeita, o nível TRL é incrementado em (01) um. Essa verificação é realizada de forma manual, pois se pressupõe a possibilidade de uma empresa ter níveis TRL completos intercalados por um ou mais níveis TRLs incompletos.

Esta abordagem considera que um nível TRL compreende todas as atividades pertinentes à um momento de maturidade tecnológica. Sendo assim, entende que uma empresa apenas pode subir de nível TRL, caso todas as condições do nível anterior tenham sido completamente satisfeitas.

Logo, podemos considerar esta abordagem como sendo do tipo linear, podendo ser comparada ao modelo de desenvolvimento de software cascata, no qual o processo é visto como um fluir constante para frente (como uma cascata) através das fases sequenciais.

### 3.5.2 Abordagem NBR

A abordagem NBR é semelhante à abordagem *TRL Calculator*, no que se refere a considerar a porcentagem mínima de 80% para indicar quando uma atividade é dita como concluída. Contudo, esta abordagem difere da anterior porque não exige a conclusão de todas as atividades do nível TRL para considerar este nível alcançado.

Segundo a NBR ISSO 16290:2015, cada nível TRL possui atividades consideradas essenciais, as quais definem o objetivo que se pretende alcançar em cada nível. Sendo assim, na abordagem NBR, o nível TRL é dito como alcançado se as atividades consideradas essenciais forem completadas, ou seja, tenham a porcentagem de conclusão igual ou superior a 80%. Neste caso, as porcentagens das outras atividades não são levadas em consideração para o cálculo.

Considerando a possibilidade de haver níveis TRL completos com níveis anteriores incompletos, o grau de maturidade tecnológica tem seu nível definido pelo menor nível TRL completo, assim como a abordagem *TRL Calculator*.

Estas atividades essenciais estão hachuradas em rosa no Apêndice A. No instrumento aplicado, essas atividades não foram diferenciadas entre as outras atividades, justamente para verificar se os respondentes conhecem ou não a importância destas atividades.



### 3.5.3 Abordagem Ponderada

A abordagem Ponderada foi criada ao considerar que cada atividade, independentemente de qual nível TRL pertença, possui importância no processo de maturidade tecnológica.

Esta abordagem investe pesos em cada nível TRL, de acordo com a escala métrica definida. Por exemplo, as atividades do nível TRL 1 possuem peso “1”, as atividades do nível TRL 2 possuem o peso “2”, e assim sucessivamente, até as atividades do nível TRL 9 (que possuem peso “9”).

Isto se dá ao fato de que as atividades dos níveis TRL iniciais são menos significativas que as atividades dos níveis TRL mais avançados, no que se refere ao aumento no grau de maturidade tecnológica. Isto é, as atividades de níveis TRL superiores indicam que a tecnologia já possui certa maturidade tecnológica, enquanto que os níveis iniciais indicam que a pesquisa está sendo desenvolvida e que o ambiente está sendo preparado para os níveis seguintes.

É importante ressaltar que, nesta abordagem, todas as atividades descritas em todos os níveis são importantes e o que se difere são os pesos que cada uma terão no cálculo da maturidade tecnológica.

O cálculo do grau de maturidade tecnológica é dado pela seguinte equação:

#### **Equação 1 - Cálculo do grau de maturidade (Abordagem Ponderada)**

$$G_{mat} = \frac{1 * Med(tarefas TRL 1) + 2 * Med(tarefas TRL 2) + \dots + 9 * Med(tarefas TRL 9)}{45}$$

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Onde *Med* é a função mediana que retorna o valor médio do conjunto das porcentagens de conclusão de todas as atividades de um nível TRL. Isto é, *tarefas TRL 1* possui a mediana das porcentagens de todas as tarefas pertinentes ao nível TRL 1, ocorrendo o mesmo com os demais níveis. Encontrada a mediana, ela é multiplicada pelo peso correspondente ao nível. No fim, o cálculo é dividido pela soma dos pesos de cada nível (1+2+3+...+9), totalizando o valor de 45, indicando tratar-se de uma média ponderada das atividades listadas.

Diferentemente da abordagem *TRL Calculator*, qualquer porcentagem das atividades é considerada no cálculo final do grau de maturidade tecnológica. Vale salientar que quanto maior for a porcentagem de conclusão das atividades, maior o valor do grau de maturidade tecnológica.

Além disso, quanto mais atividades concluídas ou parcialmente concluídas em níveis TRL superiores, maior o grau de maturidade tecnológica, o que é pertinente haja vista que atividades em níveis TRL superiores pressupõem que a tecnologia se encontra em estágios mais avançados de desenvolvimento.

O valor do grau de maturidade  $G_{mat}$  precisa passar por uma correção matemática. O valor calculado de acordo com a Equação 1, no caso em que todas as atividades foram concluídas e a tecnologia encontra-se no nível TRL 9, indica o valor “10”, valor que não corresponde a nenhum nível TRL, pois apenas existem 9 níveis de acordo com a definição da métrica TRL utilizada neste trabalho. Sendo assim, o valor do grau de maturidade real é definido como:

**Equação 2 - Ajuste no cálculo do grau de maturidade (Abordagem Ponderada)**

$$C = (G_{mat} * 9) / 10$$

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Este cálculo é nada além de uma regra de 3 que serve para indicar qual o valor do grau equivalente a uma escala com apenas 9 níveis, ao invés de 10. Esta correção não interfere no que se espera obter nos resultados da Equação 1.

Os cálculos das Equação 1 e 2 foram realizados através de planilha eletrônica que recebeu as porcentagens de cada atividade inseridas no questionário. O resultado é indicado na própria planilha.

### 3.5.3 Abordagem Percentual

A última abordagem, assim como a anterior, também leva em consideração todas as porcentagens de conclusão de todas as atividades. Contudo, nesta abordagem, não se busca calcular o grau de maturidade tecnológica e identifica-lo entre os níveis TRL. Esta abordagem pretende verificar o quão concluído cada nível TRL está em cada empresa.

O cálculo da porcentagem de conclusão em cada nível é realizado da seguinte forma: soma-se todas as porcentagens de conclusão de todas as atividades do nível e divide-se este resultado pelo valor de conclusão total de todas as atividades em 100%.

Por exemplo: ao analisar um certo nível TRL com 05 (cinco) atividades, uma empresa teve os seguintes resultados de conclusão nas atividades deste nível: 40%, 90%, 100%, 70% e 80%. O cálculo segundo a abordagem Percentual ficaria:

$$(40\% + 90\% + 100\% + 70\% + 80\%) / 500\% = 76\%$$

Logo, a empresa teria completado 76% deste nível TRL. Este cálculo seria realizado para todos os níveis TRL e, assim, a empresa teria a ideia de completude de cada nível por sua empresa/tecnologia. Neste caso, não se considera a porcentagem de tolerância de 80%, pois se procura identificar o quanto cada nível foi concluído e não se o nível alcançou o mínimo de completude.

As quatro abordagens são calculadas para cada empresa e são comparadas com a visão que o gestor da empresa possui a respeito da tecnologia que utiliza. A visão do gestor é capturada na pergunta “5. Na sua opinião, qual o estágio de desenvolvimento (TRL - *Technology Readiness Level*) do seu produto com relação à comercialização? ”

Na pergunta acima, foram indicadas as definições formais de cada nível TRL, evitando assim de explicitar os níveis por seus números de escala. Desta forma, o autor tentou forçar o gestor a avaliar cada definição e verificar qual melhor se adequa a sua realidade tecnológica empresarial. Além disso, evita-se que o gestor tente inferir que a tecnologia esteja em níveis TRL altos, sem que necessariamente seja a realidade da empresa.

Para fidelizar ainda mais o resultado, as definições formais dos níveis TRL são embaralhadas proposital e automaticamente pelo Google Formulários, para assim evitar que o gestor apenas escolha a última opção como resposta, indicando um nível TRL alto.

A análise comparativa da visão do gestor com os resultados obtidos pelas quatro abordagens faz-se mister no sentido de avaliar o nível de conhecimento do gestor em relação à maturidade tecnológica.

Os resultados obtidos foram analisados através de método quali-quantitativo usando estatística básica, onde foi observado, para cada atividade, a média das porcentagens das respostas das empresas para aquela atividade, o desvio padrão amostral, a zona de normalidade e o coeficiente de variação para a referida atividade.

A partir da análise da média e do desvio padrão, foi possível verificar quais são as atividades que estão com porcentagens mais próximas da média, indicando que essas atividades são bem definidas para todas as empresas e que a atividade é uma prática comum (podendo ser inclusive uma atividade ensinada em seu período de incubação).

Foi também analisada a zona de normalidade (zona situada entre média menos desvio padrão e média mais desvio padrão, definida pela equação  $\bar{x} \pm s$ ), onde foi possível verificar a probabilidade da atividade em questão estar próxima a porcentagem de 80%, definida neste trabalho como o limite para considerar uma atividade como concluída, tomando como exemplo

o limiar default do aplicativo *TRL Calculator 2.2* de William L. Nolte, Brian C. Kennedy e Roger J. Driegiel Jr. (2003).

O coeficiente de variação (CV), que mostra a extensão da variabilidade em relação à média da população, foi aplicado para avaliar os resultados de uma mesma variável-resposta (ou seja, uma atividade), permitindo quantificar a precisão das pesquisas. Quanto menor o coeficiente, maior a precisão dos dados. O CV é calculado da seguinte forma:

**Equação 3 - Cálculo do coeficiente de variação**

$$c_v(\%) = (s / \bar{x}) * 100$$

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Onde,  $s$  é o desvio padrão e  $\bar{x}$  é a média para uma dada atividade. Este cálculo serviu para a confiabilidade e a precisão dos dados obtidos.

Após o cálculo do grau de maturidade tecnológica, as três spin-offs acadêmicas foram classificadas utilizando uma tipologia elaborada pelo autor, considerando a métrica dos níveis TRL:

- (a) **Spin-off acadêmica com tecnologia à prova:** quando a spin-off ainda está em processo de pesquisa e desenvolvimento da nova tecnologia a ser utilizada e realizando os primeiros testes experimentais e provas de conceitos. São empresas que, quando analisadas pelo instrumento, são classificadas entre os níveis TRL 1 ao TRL 3.
- (b) **Spin-off acadêmica com tecnologia prototipada:** esta spin-off já possui um conceito formulado da tecnologia e a fidelidade do produto proveniente da tecnologia está em crescimento, demonstrando que a produção do produto é viável. São empresas que já possui funcionalidades/componentes identificadas, sendo verificadas uma a uma, até gerar um protótipo que é testado em ambiente real. Estas spin-offs são classificadas entre os níveis TRL 4 ao TRL 6, quando aplicado o instrumento desta pesquisa.
- (c) **Spin-off acadêmica com tecnologia maturada:** são empresas que já possui o produto em estágio final de desenvolvimento ou já concluído, precisando apenas realizar testes finais, documentar todo o processo de produção, validar e iniciar a produção (em pequena ou grande escala). É uma spin-off considerada pronta para o mercado e sua classificação, segundo o questionário, está entre os níveis TRL 7 ao TRL 9.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados das análises dos casos estudados, de acordo com as respostas recebidas pelo questionário: o nível TRL indicado pelo gestor da empresa e o nível TRL calculado pelo questionário e uma análise estatística básica dos resultados obtidos.

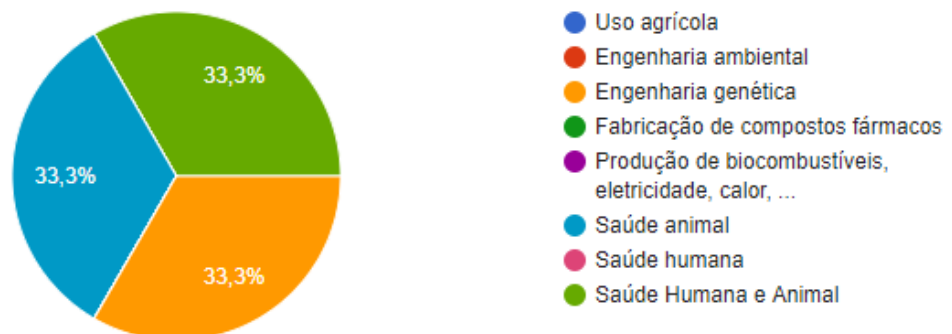
Este capítulo foi dividido em duas partes. Na primeira parte, foram demonstradas questões gerais a respeito das empresas como, por exemplo, o ramo de Biotecnologia e a visão do gestor com relação à tecnologia enquanto na segunda parte, foram apresentadas as respostas das três empresas para cada questão do questionário. Desta forma, foi possível analisar cada questão separadamente e comparar as respostas das empresas entre si.

### 4.1 Análise Geral das Empresas

O primeiro ponto a ser analisado foi o ramo da Biotecnologia que as spin-offs acadêmicas atuam. No questionário, foram disponibilizados os principais ramos biotecnológicos conhecidos e ainda permitia a inclusão de um novo ramo, caso o ramo da empresa não correspondesse a nenhum ramo indicado. Os ramos a saber são: (a) Uso agrícola; (b) Engenharia ambiental; (c) Engenharia genética; (d) Fabricação de compostos fármacos; (e) Produção de biocombustíveis, eletricidade, calor; (f) Saúde animal; (g) Saúde humana e, por fim, (h) Saúde humana e animal.

**Figura 6** – Divisão das empresas de acordo com o ramo da Biotecnologia  
4. De forma geral, qual é o principal ramo da Biotecnologia da sua tecnologia?

3 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O segundo ponto tratou sobre visão que o gestor possui a respeito do grau de maturidade tecnológica da tecnologia em que investe. Como dito anteriormente, no questionário não foram indicados os níveis TRLs diretamente e, sim, as definições formais destes. Desta forma, evitamos que o respondente escolha pelo número da escala e, sim, pela definição em que sua tecnologia mais se adequa.

No caso de empresas com mais de uma tecnologia em produção, foi pedido aos respondentes que respondessem considerando a tecnologia mais desenvolvida. Esta decisão foi tomada para que se possa analisar as atividades de todos os níveis TRL, haja vista que se fosse escolhida uma tecnologia em um estágio inicial, esta não teria passado por boa parte das tarefas indicadas no questionário e uma análise de todas as tarefas seria impossível.

Logo, consideramos o melhor case tecnológico para cada empresa, ou seja, a tecnologia que já produz (ou está próximo de produzir) um produto final para o mercado. O resultado é indicado no Quadro 12.

**Quadro 12 – Visão dos Gestores sobre sua maturidade tecnológica**

<b>Empresas</b>	<b>Resposta obtida</b>	<b>Nível TRL correspondente</b>
E1	A viabilidade do produto pode ser considerada como demonstrada e o desempenho das funções críticas é verificado através de testes em ambiente relevante	TRL 5
E2	O produto foi bem testado e aprovado em ambiente operacional real, assegurando desempenho esperado pelo cliente.	TRL 9
E3	O produto foi bem testado e aprovado em ambiente operacional real, assegurando desempenho esperado pelo cliente.	TRL 9

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Por fim, verificou-se o estado atual de incubação das empresas no processo de incubação organizado pela INCUBAUECE. O quadro a seguir mostra o andamento de cada empresa no processo incubatório regulado pela incubadora da Universidade Estadual do Ceará, indicando com um “X” os estágios já concluídos por cada empresa. Os dados foram obtidos através do sítio eletrônico da incubadora no ano de 2018.

**Quadro 13– Estágio atual de incubação (2018)**

Empresas	Programa de Incubação			
	Pré-incubado	Incubado	Associação	Graduada-Associada
<b>E1</b>	X	X		
<b>E2</b>	X	X		
<b>E3</b>	X	X		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

## 4.2 Análise Isolada dos Resultados

Nesta segunda parte, foram analisadas todas as respostas obtidas pelo questionário. As respostas foram divididas de acordo com cada nível TRL, onde para cada atividade foi indicada a resposta de cada empresa, a média e o desvio padrão das respostas desta atividade, bem como a zona de normalidade e o coeficiente de variação destas.

### 4.2.1 Análise do nível TRL 1

A análise inicia com as respostas obtidas no nível 1 da métrica TRL, o mais baixo da escala de maturação. Os princípios básicos da tecnologia são observados e reportados, mas ainda não se realizou investigação aplicada nem desenvolvimento efetivo da tecnologia/produto. É neste nível que a pesquisa científica começa a ser transferida para a investigação aplicada em desenvolvimento. Na tabela 1 são apresentados os resultados obtidos neste nível.

**Tabela 1 – Respostas das atividades do nível TRL 1**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foram identificados os princípios básicos da tecnologia?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
2. Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
3. Foram documentados os estudos que confirmam os princípios básicos?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
4. Foram identificadas leis e pressupostos utilizados na nova tecnologia e estas não proíbem o desenvolvimento da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%

5. Foi levantada e documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da pesquisa tecnológica?	90%	100%	90%	0,93	0,05	93,33 ± 5,77	6,19%
6. Foi identificado quem e onde será realizada as pesquisas da tecnologia?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
7. Foi realizada pesquisa sobre fontes monetárias ou interessados, <i>stakeholders</i> (patrocinadores) para a concretização da tecnologia?	100%	100%	60%	0,86	0,23	86,66 ± 23,09	26,65%
8. Foi levantado se alguma outra instituição de pesquisa ou empresa está pesquisando a tecnologia no país?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
9. Foi realizada pesquisa em ambiente exploratório?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
10. Foi realizada pesquisa sobre a existência de publicações científicas em revistas/ anais/ congressos a respeito da tecnologia?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
11. As publicações comprovam os princípios básicos da nova tecnologia?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
12. Foi formulada a hipótese sobre como a tecnologia será utilizada?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O alto percentual das respostas neste nível indicam que estas empresas passaram pelo período de estudo e pesquisas sobre os princípios básicos para o desenvolvimento de suas respectivas tecnologias.

Os baixos coeficientes de variação indicam que estas atividades são bem conhecidas por todas as empresas entrevistadas, o que pode sugerir que estas atividades de pesquisa foram desenvolvidas em âmbito incubatório ou até mesmo realizadas antes do processo de criação da spin-off acadêmica.

Ao se perguntar sobre a importância deste nível para suas tecnologias, obteve-se que todas as empresas consideram o nível de pesquisas importante para o desenvolvimento de suas tecnologias.

De fato, o momento de pesquisas iniciais é importante para o avanço nos estudos e testes tecnológicos a serem realizados e isto é indicado pela resposta unânime das empresas nesta pergunta.

Considerando a abordagem NBR, as três empresas concluíram completamente as atividades consideradas essenciais para este nível. As atividades essenciais, segundo a norma,



são as atividades: “1. Foram identificados os princípios básicos?” e “2. Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia?”. Logo, as três empresas atingiram o grau TRL 1 segundo a abordagem NBR.

De acordo com a abordagem Percentual, é possível afirmar que a empresa E1 concluiu 99% das atividades do nível TRL 1, a empresa E2 concluiu totalmente o referido nível (100%) e a empresa E3 concluiu 89% das mesmas atividades.

Sobre o escopo do nível TRL, foi perguntado aos gestores se eles consideravam que o nível apresentado falhou em cobrir alguma atividade pertinente aos princípios básicos observados.

Uma das empresas indicou que faltou alguma atividade neste nível referente à percepção do público-alvo sobre a tecnologia em sua fase inicial de desenvolvimento, pois esta atividade pode direcionar mais adequadamente o futuro produto e os processos envolvidos, aumentando assim, as chances de aceitação do produto no mercado.

#### 4.2.2 Análise do nível TRL 2

O nível TRL 2 indica que a ciência ou tecnologia possui algum grau de sustentação. Após observados os princípios básicos, iniciou-se a pesquisa e desenvolvimento. Contudo, os produtos da tecnologia ainda foram especulativos, ou seja, ainda não existiu uma prova ou uma análise detalhada que forneça suporte a conjectura. Com relação a este nível, as respostas estão mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Respostas das atividades do nível TRL 2**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi realizada pesquisa em ambiente de trabalho?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
2. Foram identificados os potenciais clientes da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
3. Verificação do interesse de potenciais clientes pela nova tecnologia?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
4. Possui conhecimento sobre como comercializar a nova tecnologia?	70%	100%	80%	0,83	0,15	83,33 ± 15,27	18,33%
5. Foram identificadas as principais funções a serem desempenhadas pela tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
6. Foi documentada a viabilidade das aplicações confirmadas por estudos?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%

7. Foi identificada a funcionalidade da tecnologia?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
8. Foram identificados e documentados os possíveis GAP's da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
9. Conhecimento sobre o programa (projeto) a tecnologia vai apoiar?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
10. Rascunho sobre as áreas de risco da tecnologia (custo, cronograma, desempenho)?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
11. Foram realizados testes / experimentos / estudos analíticos que comprovam os princípios básicos?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
12. Possui conhecimento sobre as capacidades e limitações dos pesquisadores e das instalações da pesquisa?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Neste nível, foram obtidos altos percentuais nas respostas, indicando que este nível, assim como o anterior, também é bem conhecido pelas empresas entrevistadas. É interessante observar que a empresa E1 possui todas as atividades como concluídas, excetuando-se a atividade 4 – “*Possui conhecimento sobre como comercializar a nova tecnologia?*” Esta atividade foi dita como 70% concluída, sendo inferior ao limite estipulado de 80%. Logo, a empresa E1 não possui todas as atividades do nível TRL 2 como concluídas e, segundo a abordagem *TRL Calculator*, a empresa E1 possui grau de maturidade igual a 01 (um).

A empresa E2 informa que todas as atividades foram concluídas com êxito e a empresa E3 possui todas as atividades como suficientemente concluídas, pois possuem porcentagens acima do limite estipulado.

De acordo com a abordagem NBR, as três empresas completaram a tarefa essencial deste nível satisfatoriamente. A tarefa essencial deste nível é: “*1. Foram realizadas pesquisas em ambiente de trabalho?*” As três empresas informaram ter realizado 100% desta tarefa, o que se conclui terem atingido o grau TRL 2 às vistas da abordagem NBR.

Segundo a abordagem Percentual, a empresa E1 concluiu 98% do nível TRL 2, enquanto a empresa E2 concluiu 100% das atividades e a empresa E3 concluiu 88% do total de atividades.

Ainda neste nível, foi perguntado sobre a importância deste para as empresas. Assim, como no primeiro nível, o nível TRL 2 é considerado de suma importância haja vista que trata do amadurecimento da pesquisa.

As perguntas do nível TRL 2 foram satisfatórias, segundo as empresas respondentes. Foi perguntado se faltou alguma atividade pertinente ao nível e apenas uma empresa informou que sim. Foi sugerido que faltou alguma atividade que fizesse a validação do conceito do produto com o potencial público-alvo. Sugere-se então que, apesar desta ausência, o escopo do instrumento neste nível também foi razoável.

#### 4.2.3 Análise do nível TRL 3

Na TRL 3, são realizados os primeiros estudos experimentais e analíticos para validar as predições que se tem acerca da tecnologia e que foram encontrados nas escalas anteriores. Os estudos analíticos servem para ajustar a tecnologia a um certo contexto e os estudos laboratoriais servem para validar fisicamente se as previsões baseadas nos resultados analíticos estão corretas. As respostas deste nível estão na Tabela 3.

**Tabela 3 – Respostas das atividades do nível TRL 3**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi concretizado a realização do projeto conceitual do produto e este foi documentado?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
2. Foram especificados os requisitos de desempenho da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
3. Foi verificada a viabilidade da aplicação por experimentos de laboratório (simulação)?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
4. Foram identificados os possíveis defeitos da tecnologia em experimentos de laboratório?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
5. Foram identificados e documentados os componentes do produto que devem trabalhar juntos (visão sistêmica)?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
6. Foi plenamente demonstrada a viabilidade científica da tecnologia (através de experimentos em laboratório)?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
7. Foram identificadas e desenvolvidas as técnicas de desenvolvimento da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
8. Foram avaliados os conceitos de fabricação da tecnologia?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
9. Foram identificados os componentes chaves para fabricação?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%

10. Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento do protótipo?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
11. Foram iniciados estudos sobre escalabilidade do novo produto?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Este é outro nível bem desenvolvido pelas empresas, indicado pela completude de todas as atividades, pelos valores das médias para cada atividade e pelos baixos valores de coeficientes de variação.

Vale salientar que a empresa E1 possui todas as atividades deste nível completas. Todavia, como não completou todas as atividades do nível TRL inferior, a empresa não é considerada grau 3 de maturidade tecnológica, se considerarmos a abordagem *TRL Calculator*.

A empresa E3 indicou suas atividades como suficientemente concluídas, enquanto a empresa E2 informou ter concluído completamente todas as atividades referentes ao nível 3.

A norma brasileira 16290:2015 indica que as atividades essenciais deste nível são: “1. Foi concretizado a realização do projeto conceitual do produto e este foi documentado?” e a atividade “2. Foram especificados os requisitos de desempenho da tecnologia?”. Essas atividades foram completadas pelas três empresas, considerando o nível de tolerância de 80%.

As empresas E1 e E2 concluíram 100% das atividades deste nível. Apenas a empresa E3 teve um percentual de conclusão inferior, atingindo 87% de completude das atividades.

Analisou-se que este nível inicial também é importante para o desenvolvimento tecnológica empresarial, segundo as empresas respondentes, pois trata da prova de conceito inicial da tecnologia.

Sobre alguma atividade não inclusa no questionário do nível 3, as empresas indicaram que o questionário validou bem o nível e não propuseram nenhuma atividade além das informadas no questionário.

#### 4.2.4 Análise do nível TRL 4

O nível TRL 4 é o primeiro nível que trata da validação do produto a ser desenvolvido, considerando o conceito formulado nos níveis anteriores. É onde a tecnologia deve fornecer requisitos consistentes para as potenciais aplicações do produto final. É neste nível também que se iniciam os testes em laboratório. As respostas deste nível são indicadas na Tabela 4.

**Tabela 4 – Respostas das atividades do nível TRL 4**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \theta$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foram testados os componentes individuais em laboratórios (ou por fornecedores) e realizados relatórios correspondentes?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
2. Foram totalmente identificados os possíveis GAP's da tecnologia?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
3. Foram identificados os requisitos gerais do sistema para aplicação aos usuários finais?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
4. Foi realizado o projeto conceitual da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
5. Foram estabelecidas as métricas de desempenho da tecnologia?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
6. Foram identificados os custos para desenvolvimento do protótipo?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
7. Foi realizado o cronograma para desenvolvimento do protótipo?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
8. Foi iniciado o programa de gestão de risco do protótipo?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
9. Foram iniciados os estudos de integração da tecnologia ao projeto final?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
10. Foram realizados os relatórios de teste da placa de ensaio?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
11. Foram documentados os esboços dos projetos conceituais?	100%	100%	60%	0,86	0,23	86,66 ± 23,09	26,65%
12. A tecnologia demonstra funcionalidade básica em um ambiente simplificado?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
13. Os requisitos para cada função/componente da tecnologia foram estabelecidos?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
14. Foi desenvolvido o documento de requisitos da tecnologia pelo(s) Cliente(s)?	60%	100%	80%	0,8	0,2	80,00 ± 20,00	25%
15. Foram estabelecidos os requisitos de laboratórios derivados dos requisitos iniciais da tecnologia?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 05,77	5,97%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Verificou-se que a empresa E1 ainda está desenvolvendo, juntamente com os seus clientes, o documento de requisitos da tecnologia (60%), atividade que está abaixo do limite estipulado. O mesmo ocorre com a atividade 11 - “Foram documentados os esboços dos

*projetos conceituais?”* - e a empresa E3 (60%). Segundo o limite convencionado, são atividades ainda não concluídas pelas empresas em questão.

A atividade “4. *Foi realizado o projeto conceitual da tecnologia?* ” e a atividade “10. *Foram realizados os relatórios de teste da placa de ensaio?* ” são as atividades essenciais deste nível, segundo a Norma Brasileira 16290:2015. Estas tarefas tiveram percentuais suficientes para serem consideradas como concluídas e, segundo a abordagem NBR, as três empresas atingiram este grau de maturidade tecnológica.

A abordagem Percentual mostra que a empresa E1 atingiu 97% de conclusão deste nível, sendo inferior ao percentual de conclusão da empresa E2 (100%) e sendo superior ao percentual da empresa E3, que concluiu 85% do nível.

Este nível foi considerado importante para todas as empresas. De fato, este nível tem sua importância por ser o momento em que os requisitos do produto final são gerais e amplamente definidos. Além do que, os requisitos de desempenho funcional do produto são estabelecidos e os objetivos são definidos em relação ao estado atual da técnica.

Observou-se que as empresas não sentiram falta de nenhuma atividade pertinente ao nível TRL 4, o que pode configurar que o questionário conseguiu adequar as especificidades deste nível de maturidade tecnológica em suas perguntas.

#### 4.2.5 Análise do nível TRL 5

O nível TRL 5 é quando podemos inferir que o produto testado tem sua fidelidade em relação aos requisitos impostos aumentado consideravelmente. É neste nível que as aplicações do produto final são testadas em um ambiente que simule o mundo real e se verifica se os resultados obtidos foram satisfatórios.

Pode-se dizer que este nível é alcançado quando as funções críticas do produto são demonstradas em um ambiente relevante, que geralmente não são de escala completa ou função completa. Neste ponto, define-se bem: (a) os requisitos de desempenho do produto, (b) o ambiente em que o produto será utilizado e (c) projeto preliminar do produto.

Podemos analisar o andamento do produto das empresas respondentes através das respostas apresentadas na Tabela 5 do nível TRL 5.

**Tabela 5 – Respostas das atividades do nível TRL 5**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi realizado a definição preliminar de requisitos de desempenho em ambiente relevante?	100%	100%	100%	1	0	1	0,00%
2. Foi realizado o projeto preliminar do produto, suportado por modelos apropriados para a verificação funções críticas?	80%	100%	90%	0,90	0,10	90,00 ± 10,00	11,11%
3. Foi realizado plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala?	50%	100%	80%	0,76	0,25	76,66 ± 25,16	32,83%
4. Foi estipulado a definição placa de ensaio para a verificação da função crítica?	80%	100%	80%	0,86	0,11	86,66 ± 11,54	13,32%
5. Foram realizados os testes de teste placa de ensaio com relatórios?	80%	100%	90%	0,9	0,1	90,00 ± 10,00	11,11%
6. Foram identificados os efeitos das possíveis falhas da tecnologia (se houver)?	80%	100%	90%	0,9	0,1	90,00 ± 10,00	11,11%
7. Foram identificados os requisitos de interface de sistema?	80%	100%	80%	0,86	0,11	86,66 ± 11,54	13,32%
8. Foram identificadas as interações entre os componentes / funcionalidades?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
9. Foi realizada modificações no ambiente de laboratório para aproximar ambiente operacional deixando apto a testes?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
10. Foram realizados testes tecnológicos dos componentes em ambiente relevante?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
11. A integração dos componentes / funcionalidades foi demonstrada em ambiente de laboratório?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
12. Os componentes / funcionalidades foram testados individualmente para verificar se funcionam?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
13. Foi iniciado e documentado o Plano de gerenciamento de Configuração?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
14. Os estudos de comércio e experiências de laboratório definem os principais processos de fabricação do produto?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com base na Tabela 5, observou-se que não há mais unanimidade nas respostas obtidas em relação aos níveis anteriores. A empresa E1 possui algumas atividades no limite da aceitação e uma atividade considerada como não concluída. Entretanto, a empresa E2 mantém

informando completude total de suas tarefas, enquanto a empresa E3 possui todas as atividades com porcentagens no limiar de 80% ou acima.

Segundo a NBR 16290:2015, este nível possui cinco atividades julgadas essenciais, a saber: “1. Foi realizado a definição preliminar de requisitos de desempenho em ambiente relevante? ”; “2. Foi realizado o projeto preliminar do produto, suportado por modelos apropriados para a verificação funções críticas? ”; “3. Foi realizado plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala? ”; “4. Foi estipulado a definição placa de ensaio para a verificação da função crítica? ”; “5. Foram realizados os testes de teste placa de ensaio com relatórios? ”

Enquanto as empresas E2 e E3 indicaram que todas as atividades supracitadas foram completas (por possuírem porcentagem acima de 80%), a empresa E1 indicou que a atividade 3 foi parcialmente completa (50%). Nestes termos, a empresa E1 segundo a abordagem NBR não concluiu o nível TRL 5, sendo este o seu grau de maturidade tecnológica.

Com relação a abordagem Percentual, constatou-se que a empresa E1 concluiu 89% do nível, a empresa E2 concluiu todas as atividades (100%) e a empresa E3 concluiu 87% das atividades.

Houve unanimidade nas respostas das empresas quando as empresas concordam que esta atividade é importante para o desenvolvimento tecnológico. Todas responderam que o nível TRL 5 é necessário para suas respectivas tecnologias.

Por conta de tratar-se do nível em que as funções críticas do produto são identificadas e verificadas uma a uma e onde o ambiente relevante de testes é definido, compreende-se o porquê das respostas das empresas.

As atividades descritas para o nível TRL 5 foram bem compreendidas, indicando que o questionário responde bem a todas as questões sobre a validação tecnológica em ambiente relevante. Porém, existe, na visão das empresas, apenas uma atividade que trata do mesmo assunto e que não está no questionário: trata-se da atividade de validação do conceito pelo público-alvo em ambiente relevante.

A atividade supracitada condiz com a atividade ausente no nível TRL 2 informada pela mesma empresa sobre a validação do conceito do produto com o potencial público-alvo. Neste momento de evolução tecnológica, a mesma validação que ocorreu inicialmente apenas com o conceito ocorreria novamente com o público-alvo, mas agora com um produto mais próximo a um protótipo.



#### 4.2.6 Análise do nível TRL 6

Este nível é considerado de suma importância no que se refere a fidelidade da demonstração da tecnologia do produto. De fato, este nível é comumente equiparado ao nível de prototipação do produto. Este protótipo é testado em ambiente de testes (laboratorial) que simula o ambiente real em que o produto será utilizado. Corresponde a primeira fase de ensaios clínicos de um produto do setor farmacêutico, ou ainda, a demonstração de segurança de um produto do setor médico.

Neste nível, podemos observar que se inicia uma disparidade entre as respostas de cada empresa, como é visto na Tabela 6.

**Tabela 6 – Respostas das atividades do nível TRL 6**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi realizada e documentada a definição de requerimento do desempenho e do ambiente relevante?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
2. Foram documentados os requisitos completos de sistema e subsistema para funcionamento?	70%	100%	80%	0,83	0,15	83,33 ± 15,27	18,33%
3. Foram realizados identificação e análise das funções críticas do produto e verificadas as funções críticas e documentadas em relatório?	100%	100%	80%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
4. Foram concluídas as avaliações das características de desempenho da tecnologia mesmo com os possíveis GAP's?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
5. O ambiente relevante de funcionamento para eventual sistema é conhecido?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
6. Foi iniciada a aquisição de dados da manutenção real, confiabilidade e dados de suporte?	70%	100%	80%	0,83	0,15	83,33 ± 15,27	18,33%
7. Foi testado o modelo representativo (protótipo) completo em laboratório, ambiente operacional de alta fidelidade (simulação)?	80%	100%	100%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
8. Foram realizados testes para verificar se os componentes/funcionalidades individuais funcionam juntos?	80%	100%	100%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
9. A implementação do protótipo inclui funcionalidade para lidar com problemas reais em grande escala?	60%	100%	80%	0,8	0,2	80,00 ± 20,00	25%

10. O modelo/protótipo foi testado em ambiente operacional simulado/laboratório de alta fidelidade?	70%	100%	90%	0,86	0,15	86,66 ± 15,27	17,63%
11. O processo de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) foram iniciados?	0%	100%	60%	0,53	0,50	53,33 ± 50,33	94,37%
12. A demonstração de produção do produto está completa?	50%	100%	100%	0,83	0,28	83,33 ± 28,86	34,64%
13. O documento de requisitos formais está disponível?	70%	100%	60%	0,76	0,20	76,66 ± 20,81	27,15%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Na Tabela 6, é possível verificar que a empresa E2 passou pela fase de prototipação. Enquanto, que a empresa E1 ainda está no processo de conclusão de seu protótipo, observadas as atividades que estão abaixo do limite estipulado (80%). O mesmo pode ser dito sobre a empresa E3 em relação às atividades inferiores a 80%.

Além disso, a empresa E1 desconhece o processo denominado VV&A (Verificação, Validação e Acreditação), o que demonstra que esta atividade, comumente realizada em empresas estrangeiras de Tecnologia da Informação (TI), não é conhecida pela equipe E1. Porém a empresa E2 confirma que este processo foi realizado e finalizado, enquanto a empresa E3 concluiu 60% desta atividade. VV&A é uma atividade que compreende três processos inter-relacionados, mas distintos, que reúnem e avaliam evidências para determinar se um modelo ou simulação deve ser usado em uma determinada situação e estabelecer sua credibilidade.

Neste nível, a empresa deve conseguir demonstrar o desempenho geral do produto. Em particular, a empresa deve estabelecer um cronograma de desenvolvimento para o produto final. Podem ainda existir riscos de desenvolvimento remanescentes em relação ao desempenho que não foram solucionados na escala anterior.

Para a empresa E1, o processo de criação do cronograma de desenvolvimento está em construção. Enquanto que na empresa E2, este cronograma é bem definido e se encontra em execução. Para a empresa E3, algumas atividades estão bem definidas enquanto outras necessitam de constante melhorias. Este fato é uma boa prática, por sinal, para que os processos sejam sempre revistos e melhorados, desde que isto não atrapalhe o andamento da produção do produto final.

Considerando a abordagem NBR, as três empresas concluíram as atividades essenciais de maneira devida. As atividades essenciais são:

“3. Foram realizados identificação e análise das funções críticas do produto e verificadas as funções críticas e documentadas em relatório?”

“5. *O ambiente relevante de funcionamento para eventual sistema é conhecido?* ”

Através da tabela 6, é possível constatar que as atividades possuem percentagens acima de 80% para ambas as atividades, o que poderia afirmar que este nível foi alcançado pelas três empresas segundo a abordagem NBR. Contudo, como o nível anterior (TRL 5) não foi completo pela empresa E1, pode-se dizer que apenas as empresas E2 e E3 concluíram este nível.

Com a abordagem Percentual, temos que a empresa E1 concluiu 73% do nível TRL 6. A empresa E2 concluiu todo o nível, assim como os níveis anteriores e a empresa E3 concluiu 85% do nível TRL 6.

A importância do nível é confirmada pelas empresas respondentes. Todas acreditam que a prototipação se faz necessária para demonstrar aos clientes e investidores que o produto atende aos requisitos exigidos e que a tecnologia utilizada é confiável.

As respostas sobre o escopo deste nível no questionário, as empresas informaram que não faltou nenhuma atividade conhecida ao nível TRL 6. Pressupõe-se que as atividades indicadas pelo questionário compreendem bem o processo de prototipagem do produto final.

#### 4.2.7 Análise do nível TRL 7

O nível TRL 7 é alcançado quando a demonstração do protótipo do produto no ambiente real de execução é realizada. Neste momento, o produto está próximo de finalizar o seu desenvolvimento e os requisitos exigidos devem ser alcançados no momento de execução dos testes.

Quando a demonstração do modelo é alcançada em um primeiro momento, o modelo do produto é submetido a uma série de testes que são concebidos para representar o ambiente operacional esperado com margens adequadas.

Vale ressaltar que o protótipo ainda não se destina a ser utilizado em ambiente real ainda. O produto está sendo testado constantemente para encontrar possíveis problemas, *bugs*, comportamentos inesperados, entre outros problemas. No setor farmacêutico, corresponde a segunda fase de ensaios clínicos e no setor médico corresponde aos testes com o protótipo em dispositivos médicos. A Tabela 7 mostra os resultados obtidos neste nível para cada empresa:

Tabela 7 – Respostas das atividades do nível TRL 7

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi realizado testes em cada interface do produto final individualmente em condições de tensão e anômalas?	50%	100%	90%	0,8	0,26	80,00 ± 26,45	33,07%
2. Foi simulado as funcionalidades disponíveis para demonstração em ambiente operacional?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
3. Foi totalmente integrado o protótipo ao ambiente real demonstrado (ou ambiente operacional simulado)?	20%	100%	80%	0,66	0,41	66,66 ± 41,63	62,45%
4. Foi realizado teste com sucesso do protótipo do sistema em um ambiente operacional real ou simulado?	30%	100%	90%	0,73	0,37	73,33 ± 37,85	51,63%
5. Foi realizado documentação do teste do modelo de protótipo?	30%	100%	80%	0,7	0,36	70,00 ± 36,05	51,51%
6. Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da tecnologia em escala?	0%	100%	60%	0,53	0,50	53,33 ± 50,33	94,37%
7. Os desenhos do projeto preliminar estão completos?	80%	100%	80%	0,86	0,11	86,66 ± 11,54	13,32%
8. O processo de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) foi utilizado como passo de verificação de que as especificações da tecnologia são atendidas completamente?	0%	100%	90%	0,63	0,55	63,33 ± 55,07	86,96%
9. O ambiente é operacional (mas ainda não é o ambiente final)?	100%	100%	100%	1	0	1	0%
10. O design para as metas de custo foi validado?	50%	100%	90%	0,8	0,26	80,00 ± 26,45	33,07%
11. A maioria dos erros do produto foi removida?	80%	100%	90%	0,9	0,1	90,00 ± 10,00	11,11%
12. A maioria das funcionalidades estão disponíveis para demonstração em ambiente operacional simulado?	70%	100%	100%	0,9	0,17	90,00 ± 17,32	19,25%
13. O protótipo do produto final melhora/melhorou a qualidade de pré-produção?	70%	100%	100%	0,9	0,17	90,00 ± 17,32	19,25%
14. Foi documentada a definição de requisitos de desempenho?	80%	100%	80%	0,86	0,11	86,66 ± 11,54	13,32%
15. Foi documentada a definição do ambiente operacional?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
16. Foi documentada a definição do modelo e da realização do teste?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Enquanto a empresa E2 afirma que possui todas as atividades completas e validadas, a empresa E1 ainda está desenvolvendo algumas atividades (muitas estão em seus estágios

iniciais). A respeito da continuidade do processo de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A), a empresa E1 indicou que não conhece a atividade, coerentemente, considerando que a mesma empresa indicou em um nível anterior que não conhece a atividade e que, por conseguinte, não a iniciou.

As atividades essenciais deste nível são: “14. Foi documentada a definição de requisitos de desempenho? ”; “15. Foi documentada a definição do ambiente operacional? ” e “16. Foi documentada a definição do modelo e da realização do teste? ” Todas as empresas concluíram estas atividades. Logo, verificou-se que as empresas E2 e E3 alcançaram este nível consoante a abordagem NBR enquanto a empresa E1, apesar de concluir as atividades essenciais do nível TRL 7, possui grau de maturidade TRL5.

A empresa E1 cumpriu 60% das atividades deste nível, enquanto a empresa E3 cumpriu 88% das atividades do nível. A empresa E2 completou 100% das atividades, assim como os níveis anteriores.

Sobre a importância deste nível para as tecnologias avaliadas, a Figura 21 mostra as mesmas respostas que os níveis anteriores. Certamente, a importância se dá pelo fato de a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho operacional serem estabelecidos e acordados pelas partes interessadas (empresa e cliente), levando em consideração a integração dos elementos no produto final.

As atividades atribuídas ao nível TRL 7 também condisseram com o que se pretende realizar neste instante de desenvolvimento tecnológico, de acordo com a Figura 22. Contudo, uma empresa acreditou que as atividades deste nível deveriam conter uma abordagem mais voltada para o ambiente biotecnológico, informando ainda que as atividades descritas no questionário estavam muito abrangentes.

#### 4.2.8 Análise do nível TRL 8

Este nível da escala constitui geralmente o fim do desenvolvimento tecnológico do produto. Prova-se que a tecnologia funciona na sua forma final e nas condições esperadas. Pode incluir a integração de uma nova tecnologia em um produto existente.

Sendo assim, uma empresa que possui já o seu produto final atendendo a todos os requisitos, funcionando em um ambiente operacional real e já iniciado a demonstração pré-comercial pode ser considerada como estando no nível TRL 8.

A afirmação supracitada pode ser observada na Tabela 8. Vale destacar que duas empresas já possuem produtos comercializados no mercado enquanto uma está próxima de iniciar o processo de venda.

**Tabela 8 – Respostas das atividades do nível TRL 8**

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \sigma$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi construído e integrado o modelo final do produto?	100%	100%	100%	1	0	10	0,00%
2. Foram realizados ajustes dos componentes de acordo com suas funções para deixar compatível com o produto final?	60%	100%	90%	0,83	0,20	83,33 ± 20,81	24,98%
3. Foi testado o produto e caracterizado com seu design e função para a aplicação pretendida?	100%	100%	90%	0,96	0,05	96,66 ± 5,77	5,97%
4. Foram demonstrados os resultados, o funcionamento e a função da tecnologia em eventual teste em ambiente real?	40%	100%	100%	0,8	0,34	80,00 ± 34,64	43,30%
5. Foi concluído o processo de controle da interface do produto?	70%	100%	100%	0,9	0,17	90,00 ± 17,32	19,25%
6. Foi concluída a documentação formal de regulamentação?	60%	100%	70%	0,76	0,20	76,66 ± 20,81	27,15%
7. Foi concluída a documentação da gestão e controle de configuração?	60%	100%	70%	0,76	0,20	76,66 ± 20,81	27,15%
8. Foram demonstradas todas as funcionalidades em ambiente operacional simulado e sistema foi qualificado através de teste e avaliação em ambiente real?	60%	100%	90%	0,83	0,20	83,33 ± 20,81	24,98%
9. Foi identificado que o sistema atende às especificações?	60%	100%	90%	0,83	0,20	83,33 ± 20,81	24,98%
10. Foi iniciado no programa de gestão de risco em parceria com o desenvolvimento com a indústria?	0%	100%	80%	0,6	0,52	60,00 ± 52,91	88,19%
11. Foi identificado os custos para desenvolvimento da tecnologia em escala?	80%	100%	80%	0,86	0,11	86,66 ± 11,54	13,32%
12. Foi estipulado cronograma para desenvolvimento em escala da tecnologia ou realizado trabalho em parceria com a indústria?	20%	100%	60%	0,6	0,4	60,00 ± 40,00	66,67%
13. A etapa de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) foi concluída, indicando que a tecnologia funciona no mundo real?	0%	100%	70%	0,56	0,51	56,66 ± 51,31	90,56%

14. Os processos de fabricação demonstram níveis de produtividade aceitáveis?	0%	100%	90%	0,63	0,55	63,33 ± 55,07	86,96%
15. A maioria dos documentos de treinamento foram finalizados?	0%	100%	70%	0,56	0,51	56,66 ± 51,31	90,56%
16. A maioria dos documentos de manutenção foram finalizados?	100%	100%	70%	0,9	0,17	90,00 ± 17,32	19,25%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

De fato, podemos observar que duas empresas possuem os processos deste nível bem definidos (apesar de algumas atividades ainda não totalmente concluídas), enquanto uma empresa possui quase todas as atividades abaixo do limiar de conclusão.

Desde o nível TRL 6, podemos observar que a empresa E1 segue com um menor número de atividades completas, em comparação com as outras empresas. A partir desta afirmação, pode-se cogitar empiricamente que este seja o nível de maturação tecnológica. Contudo, iremos posteriormente confirmar ou refutar esta afirmação através das quatro abordagens.

É interessante observar que a atividade “1. Foi construído e integrado o modelo final do produto?” foi dita como completamente concluída pelas três empresas. Contudo, vale salientar que as empresas E1 e E3 tiveram atividades nos níveis anteriores não concluídas totalmente.

Isso se dá ao fato de que as empresas levaram em consideração que essa atividade se refere a produzir um modelo final do produto a ser vendido, não levando em consideração a completude das atividades de maturação tecnológica no desenvolvimento do produto.

De fato, as três empresas possuem produtos no mercado, que foram desenvolvidos com as tecnologias analisadas. Porém, esses produtos não foram desenvolvidos seguindo as boas práticas indicadas pela escala TRL, o que pode vir a acarretar em futuras revisões no desenvolvimento do produto.

A Norma Brasileira rege que este nível possui apenas uma atividade classificada como essencial. A primeira tarefa (“1. Foi construído e integrado o modelo final do produto?”), referente a demonstração do produto gerado através da construção do modelo final, foi bem definida pelas três empresas, revelando que as empresas E2 e E3 alcançaram este nível de maturidade tecnológica.

Segundo a abordagem Percentagem, a empresa E1 concluiu 51% do nível TRL 8, enquanto a empresa E2 cumpriu 100% das atividades e a empresa E3 realizou 83% de todas as atividades deste nível.

O nível TRL 8 foi considerado importante por todas as empresas, segundo a Figura 23, a julgar pelo fato que, para alcançar a TRL 8, o produto deve ser aceito no ambiente operacional real. Logo, as atividades inerentes a este nível são de suma importância para que o produto esteja pronto para o mercado.

As atividades relacionadas ao nível 8 compreendem ao término de muitos processos que se iniciaram nos níveis anteriores. O resultado final de várias atividades é produzido neste nível como documentos de treinamento, suporte, cronograma final, análise de custos, entre outros. Na Figura 24, tem-se que o escopo destas atividades foi considerado suficiente pelas empresas, que indicaram não sentir falta de nenhuma atividade, que porventura possa ter sido esquecida pelo relatório.

#### 4.2.9 Análise do nível TRL 9

Em quase todos os casos, o nível TRL 9 é o final dos últimos acertos do verdadeiro desenvolvimento do produto. Este passo permite melhorar o produto para além do definido inicialmente.

Comumente, os objetivos a serem atingidos no nível TRL 8 se confundem com os objetivos do nível TRL 9. No nível 8, o produto está pronto no âmbito do desenvolvimento tecnológico. Contudo, ainda é possível realizar últimos testes para verificar o desempenho do produto e acordar, com o cliente, o cumprimento dos requisitos.

No nível TRL 9, a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho estão estabelecidos e acordados pelas partes interessadas, levando em consideração a integração do produto no sistema final.

Logo, a escala TRL 9 é atingida quando o elemento está maduro após testes bem-sucedidos e desempenho desejado alcançado em ambiente operacional real. Se tratar de um produto comercializável, o mesmo encontra-se pronto para comercialização. A Tabela 9 apresenta as respostas inerentes ao nível TRL 9.



Tabela 9 – Respostas das atividades do nível TRL 9

Atividades	Empresas			Média	Desvio padrão amostral	$\bar{x} \pm \delta$	Coeficiente de variação
	E1	E2	E3				
1. Foi realizado comissionamento na fase de operação inicial do produto?	0%	100%	90%	0,63	0,55	63,33 ± 55,07	86,96%
2. Foram finalizados os relatórios de operação do produto?	40%	100%	80%	0,73	0,30	73,33 ± 30,55	41,66%
3. O produto foi plenamente demonstrado em ambiente real?	30%	100%	100%	0,76	0,40	76,66 ± 40,41	52,71%
4. A concepção do produto está estável, havendo poucas ou nenhuma mudança de design?	30%	100%	80%	0,70	0,36	33,7 ± 57,41	51,51%
5. O conceito operacional foi implementado com sucesso?	30%	100%	100%	0,76	0,40	76,66 ± 40,41	52,71%
6. O produto foi instalado/implantado na plataforma pretendida?	40%	100%	100%	0,8	0,34	80 ± 34,64	43,30%
7. Os problemas de segurança/efeitos adversos foram identificados e mitigados?	60%	100%	80%	0,8	0,2	80,00 ± 20,00	25,00%
8. Foram realizados todos os processos de fabricação controlados para o nível de qualidade adequado?	30%	100%	80%	0,7	0,36	70,00 ± 36,05	51,51%
9. A produção do produto é estável?	20%	100%	90%	0,7	0,43	70,00 ± 43,58	62,27%
10. Foi incluída na documentação o processo de desenvolvimento em escala, o custo e o cronograma para tal desenvolvimento?	30%	100%	60%	0,63	0,35	63,33 ± 35,11	55,45%
11. Foi incluída na documentação final o processo de parceria e de transferência de conhecimento para indústria?	70%	100%	80%	0,83	0,15	83,33 ± 15,27	18,33%
12. Foi realizado plano de negócio para desenvolvimento da tecnologia?	80%	100%	100%	0,93	0,11	93,33 ± 11,54	12,37%
13. O Plano de Treinamento do cliente foi implementado?	0%	100%	60%	0,53	0,50	53,33 ± 50,33	94,37%
14. O Plano de Suporte foi implementado?	30%	100%	90%	0,73	0,37	73,33 ± 37,85	51,63%
15. O Plano de Proteção do Programa foi implementado?	30%	100%	90%	0,73	0,37	73,33 ± 37,85	51,63%
16. Foram realizadas publicações científicas e/ou patentes a respeito da tecnologia?	80%	100%	90%	0,9	0,1	90,00 ± 10,00	11,11%
17. É possível reproduzir o mesmo projeto com mesmos requisitos?	60%	100%	100%	0,86	0,23	86,66 ± 23,09	26,65%
18. Toda a documentação do produto foi concluída?	20%	100%	70%	0,63	0,40	63,33 ± 40,41	63,81%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Este nível é onde finalmente os últimos acertos do verdadeiro desenvolvimento do produto são realizados. Este passo permite melhorar o produto para além do definido inicialmente.

As respostas da empresa E1 demonstram que esta empresa ainda está iniciando as atividades referentes a este nível, considerando os baixos índices de completude indicados para as atividades do TRL 9. A empresa E2, ao contrário, confirma que todas as atividades foram concluídas, enquanto a empresa E3 possui algumas atividades com completude inferior a 80%, indicando que o nível TRL9, para ela, ainda não foi alcançado completamente.

As atividades consideradas essenciais para este nível são as atividades “1. *Foi realizado comissionamento na fase de operação inicial?*” e “2. *Foram finalizados os relatórios de operação do produto?*”.

Entende-se por comissionamento o processo de assegurar que o produto e seus componentes estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do cliente. Relatórios de operação do produto são os relatórios que indicam o funcionamento e validação das funcionalidades do produto.

A empresa E1 desconhece o processo de comissionamento e concluiu 40% dos relatórios de operação do seu produto. As empresas E2 e E3 validaram as duas operações de forma satisfatória.

Com relação à percentagem de conclusão deste nível, a empresa E1 concluiu 38% das atividades do nível TRL 9. A empresa E2 concluiu completamente todas as atividades (100%) e a empresa E3 concluiu 86% das atividades.

Na TRL 9, a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho estão estabelecidos e acordados pelas partes interessadas, levando em consideração a integração do produto no sistema final.

Portanto as atividades deste nível são importantes no sentido de comprovar que o elemento está maduro, após testes bem-sucedidos e desempenho desejado alcançado em ambiente operacional real.

Logo, justifica-se que todas as empresas tenham indicado que este nível é importante para suas respectivas tecnologias.

Quando foi perguntado se havia alguma tarefa não apresentada pelo questionário, as empresas concordaram que não havia tal tarefa e que as atividades listadas são suficientes para permitir e comprovar que a tecnologia está totalmente desenvolvida.

#### 4.2.10 Análise dos Graus de Maturidade Tecnológica

Após a análise minuciosa das atividades de cada nível TRL, é possível calcularmos o grau de maturidade tecnológica das empresas, seguindo as quatro abordagens antes mencionadas: a abordagem *TRL Calculator*, a abordagem NBR, a abordagem Ponderada e, por fim, a abordagem Percentual.

A abordagem *TRL Calculator* considera como nível TRL alcançado quando a empresa efetivamente concluiu todas as atividades referentes àquele nível, considerando como finalizada a atividade que tenha um percentual superior a 80% de acabamento. Ressalta-se que este limite foi definido pelo autor, considerando o exemplo da aplicação *TRL Calculator* em planilha eletrônica, considerando a margem de erro de 10% para mais ou para menos.

A abordagem NBR considera como nível TRL alcançado quando a empresa efetivamente concluiu todas as atividades consideradas essenciais para cada nível. Esta abordagem considera como concluída a atividade que possui porcentagem acima de 80%. O menor nível TRL com todas as atividades essenciais concluídas é o nível TRL indicado por esta abordagem.

É importante destacar que todas as atividades são importantes para esta abordagem, mas as atividades essenciais são indispensáveis para cada nível TRL. Estas que definem qual é o escopo da tecnologia que cada nível TRL pretende desenvolver.

A abordagem Ponderada leva em consideração as porcentagens de cada atividade e atribui pesos a cada nível, onde os pesos aumentam de forma crescente proporcionalmente à subida na escala TRL. As atividades da TRL 1 tem peso 1, enquanto as tarefas da TRL 2 possuem peso 2 e assim sucessivamente. Estes pesos podem ser considerados como grau de importância que os níveis possuem em relação ao aumento da maturidade tecnológica. Logo, o grau é calculado de acordo com a Equação 1.

É importante ressaltar que todos os níveis TRL são importantes para a maturidade tecnológica. Deveras, é impossível maturar uma tecnologia se esta não tiver sido amplamente pesquisada e/ou testada continuamente. Contudo, no âmbito do desenvolvimento tecnológico, as atividades de níveis TRL mais altos podem ser consideradas mais importantes em relação às atividades de níveis mais baixos pois elas demonstram efetivamente o desenvolvimento da tecnologia, como por exemplo, a prototipação e os testes em ambientes de laboratório e no ambiente real.

A abordagem Percentual não define um grau de maturidade único. Este informa o percentual completo de todos os níveis TRL para cada empresa e avalia, de forma mais abrangente que as outras abordagens, o quanto se precisa para que cada nível seja completo.

No Quadro 14 é mostrado o resultado da análise comparativa do grau de maturidade tecnológico que o gestor percebe em sua empresa, o grau alcançado pela mesma após o preenchimento do questionário segundo a abordagem *TRL Calculator*, abordagem NBR, a abordagem Ponderada e o grau de completude de todos os níveis, segundo a abordagem Percentual.

**Quadro 12 – Análise Comparativa dos Graus de Maturidade**

Empresas	Grau de Maturidade				
	Visão do Gestor	Abordagem <i>TRL Calculator</i>	Abordagem NBR	Abordagem Ponderada	Abordagem Percentual
<b>E1</b>	TRL 5	TRL 2	TRL 4	TRL 6	TRL 1: 99%
					TRL 2: 98%
					TRL 3: 100%
					TRL 4: 97%
					TRL 5: 89%
					TRL 6: 73%
					TRL 7: 60%
					TRL 8: 51%
					TRL 9: 38%
<b>E2</b>	TRL 9	TRL 9	TRL 9	TRL 9	TRL 1: 100%
					TRL 2: 100%
					TRL 3: 100%
					TRL 4: 100%
					TRL 5: 100%
					TRL 6: 100%
					TRL 7: 100%
					TRL 8: 100%
					TRL 9: 100%
<b>E3</b>	TRL 9	TRL 1	TRL 9	TRL 8	TRL 1: 89%
					TRL 2: 88%
					TRL 3: 87%
					TRL 4: 85%
					TRL 5: 87%
					TRL 6: 85%
					TRL 7: 88%
					TRL 8: 83%
					TRL 9: 86%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A visão do Gestor mostrada no Quadro 14 é obtida entre as perguntas iniciais do questionário. Ao se perguntar qual o estágio de desenvolvimento que o produto se encontra em relação à comercialização, o respondente analisa através de uma ótica superior qual definição melhor se encaixa com a realidade de sua spin-off. A não indicação dos níveis TRL foi proposital neste momento para sujeitar o respondente a ler as definições e escolher a mais adequada.

Ao comparar o grau indicado pelo gestor com os graus obtidos através das quatro abordagens mencionadas, podemos verificar que a abordagem Ponderada e a abordagem NBR são as que mais se aproximam da visão do respondente.

Com efeito, a abordagem *TRL Calculator* se mostrou bastante limitada no sentido de calcular o grau de maturidade tecnológica. Isto se deve ao fato da obrigatoriedade de um nível ser obtido, se e somente se, todas as tarefas referentes àquele nível forem concluídas (a porcentagem de conclusão estipulada).

Apesar de limitar-se a também exigir a completude mínima de 80%, a abordagem NBR aproximou-se mais da visão do Gestor e da realidade da empresa por conta de exigir o percentual mínimo apenas para as atividades consideradas essenciais.

É interessante observar que a porcentagem de conclusão deve ser razoável, sendo esta ineficaz, quando for muito baixa. Uma porcentagem de conclusão de 50%, por exemplo, não condiz com a realidade de que uma atividade está cumprida (neste caso, a referida tarefa foi completa pela metade).

Além das abordagens que procuram calcular um valor fixo de grau de maturidade, a abordagem Percentual mostra o quanto estão completos os níveis TRL para cada empresa. É interessante observar que a empresa E1 possui percentagens altas de completude até certo nível (até o nível TRL 6), onde após este, a completude dos níveis tende a diminuir até o valor de 38% no nível TRL 9. Isto se dá ao fato de que a referida empresa possui atividades ainda não concluídas a partir do nível TRL 6., o que vai ao encontro do que afirmou a abordagem Ponderada para esta empresa.

Outro fator interessante é o escopo das atividades. Neste trabalho, tentamos abranger o máximo de atividades pertinentes possíveis para cada nível. Contudo, ainda assim, através das respostas obtidas, podemos observar que alguns fatores não foram lembrados como, por exemplo, “a percepção do público-alvo sobre a tecnologia em fase inicial de desenvolvimento” no nível TRL que aborda os princípios básicos observados (TRL 1).

Logo, para realmente verificar se um nível TRL foi realmente completo utilizando a abordagem *TRL Calculator* deve-se observar se o escopo de avaliação de cada nível está

bastante abrangente. Para as abordagens NBR, Ponderada e Percentual, o escopo é importante, mas não é essencial para os cálculos realizados por estas.

Como é calculado a mediana das porcentagens de um nível TRL e esta independe do quantitativo de atividades, a abordagem Ponderada gerará sempre um valor do meio do conjunto de porcentagens de um nível.

A abordagem Percentual calcula a completude de cada nível e, portanto, o escopo pode ser modificado à vontade, mas o cálculo de completude permanecerá sempre o mesmo.

A abordagem NBR não é influenciado pelo escopo porque as atividades consideradas essenciais independem do ramo a ser avaliado. Estas atividades são próprias do objetivo que se destina cada nível, sendo atividades importantes para qualquer tipo de tecnologia a ser avaliada.

Apesar do questionário ter sido validado por 02 (dois) professores da área de Biotecnologia, ainda assim foram identificadas tarefas pertinentes à área que não foram inseridas no questionário. O cenário ideal é que houvessem mais spin-off acadêmicas participantes do estudo para que houvessem mais contribuições sobre o escopo deste trabalho ou mais validações de profissionais do setor Biotecnológico.

A abordagem *TRL Calculator* e a abordagem NBR também pecam por desprezar as atividades concluídas de níveis acima do nível considerado concluído. Em outras palavras, se uma empresa possui todas as atividades até o nível TRL 3 prontas, não possui todas as atividades do nível TRL 4 realizadas e possui algumas atividades do nível TRL 5 efetuadas, o nível calculado por estas abordagens é o nível TRL 3, sendo todas as atividades dos níveis TRL 4 e TRL 5 desprezadas.

Estas abordagens acabam desconsiderando atividades que a empresa possui domínio e que, por ventura, tenha concluído antes de realizar tarefas consideradas mais simples (de níveis inferiores). O conhecimento para realizar estas atividades acima do nível obtido prova que a empresa desenvolvedora tem grau de expertise tecnológica maior que o calculado, não podendo assim, este conhecimento ser menosprezado no cálculo da maturidade tecnológica.

A abordagem Ponderada surge para reparar os erros identificados pelas abordagens *TRL Calculator* e NBR. A abordagem Ponderada leva em consideração todas as porcentagens independentemente de estas serem superiores ou inferiores ao limite estipulado. Além disso, considera que as atividades dos níveis TRL mais altos possuem um peso maior no cálculo da maturidade tecnológica.

Isto se deve ao fato de que estas tarefas para serem realizadas precisam de conhecimentos adquiridos em níveis anteriores e estes conhecimentos evidenciam que a empresa pesquisou e executou processos, resultando assim em um dado elemento, processo

e/ou documentação. Logo, a empresa conquistou conhecimento a respeito do uso da tecnologia e, portanto, a maturidade da empresa com relação à ciência envolvida cresceu.

Com base no seguinte exemplo: supondo que uma empresa implementou um Plano de Treinamento para os clientes do seu produto (atividade TRL 9). Para realizar o treinamento, a empresa deve ter finalizado a maioria dos documentos pertinentes ao treinamento (atividade TRL 8). Estes documentos necessitam definir em qual ambiente o produto será utilizado (atividades TRL 6 e 7) e para o sucesso do treinamento, a empresa deve ter testado todas as funcionalidades do produto (atividades TRL 5, 6, 7, 8).

É notável que uma atividade de um nível superior depende do cumprimento de várias outras atividades de níveis inferiores. Sendo assim, esta atividade engloba muito mais maturidade tecnológica para ser completa do que uma atividade inicial de pesquisa de mercado, por exemplo. Por essa razão que o peso das atividades TRL crescem de acordo com o progresso na escala TRL.

Esta abordagem evita que uma empresa que tenha um determinado campo de atuação bem desenvolvido (visão de pesquisa, por exemplo) e outro mal desenvolvido (visão de mercado, por exemplo) seja avaliada de acordo com o meio termo entre estes, diferentemente da abordagem *TRL Calculator*, que avalia através da união de todos os campos de atuação e acaba indicando o grau onde todos os campos de atuação estão cumpridos.

Esta porcentagem multiplicada ao peso respectivo da escala TRL indica o peso daquele nível TRL para a maturidade tecnológica total da spin-off analisada. Em suma, a abordagem Ponderada é uma média ponderada dos valores médios das porcentagens das atividades do questionário.

A avaliação Percentual, diferentemente, analisa a conclusão de todas as atividades em todos os níveis. A partir desta análise abrangente, é possível identificar o quanto que cada empresa investiu e realizou os procedimentos pertinentes a cada nível.

Com relação aos cálculos estatísticos realizados (média, desvio padrão amostral, zona de normalidade e coeficiente de variação), os mesmos acabaram sendo subutilizados por conta do tamanho mínimo da amostra do universo pesquisado. A ideia inicialmente era comparar as spin-offs acadêmicas incubadas na INCUBAUECE com outras empresas do mesmo tipo de outros estados ou até mesmo estrangeiras.

De fato, foram realizadas várias tentativas de contato com outras spin-offs acadêmicas no Ceará, de outros estados e com uma incubadora de empresas biotecnológicas em Portugal. Contudo, as mesmas não responderam ao chamado de preenchimento do questionário e, em

muitas vezes, nem mesmo respondendo ao autor sobre a impossibilidade de responder o questionário.

Dentre as possíveis causas para a não participação de outras SOAs, podemos elencar: (i) o desconhecimento da importância de avaliar a maturidade tecnológica da empresa; (ii) medo de espionagem industrial (apesar do autor ter se comprometido a preencher um Termo de Confidencialidade); (iii) estas empresas tratarem alguns processos descritos no questionário de forma secreta.

Tendo em vista a discussão acima sobre as abordagens, nas próximas subseções, discute-se os resultados finais obtidos por cada empresa.

#### 4.2.10.1 Análise da Empresa E1

A empresa E1, do ramo de Engenharia Genética, teve a tecnologia referente à produção de proteínas recombinantes avaliada pelo instrumento deste trabalho.

O gestor da empresa E1 indicou que “a viabilidade do produto pode ser considerada como demonstrada e o desempenho das funções críticas é verificado através de testes em ambiente relevante”, indicando assim a definição do nível TRL 5. Este nível trata da validação dos componentes da tecnologia em ambiente relevante.

Melhor dizendo, significa que os subelementos ou funções críticas que compõem o produto final estão sendo testados separadamente em um ambiente operacional real. Desta forma, o produto ainda não iniciou o seu processo de prototipação, mas já finalizou o processo de pesquisa de desenvolvimento da tecnologia.

A pesquisa sobre a tecnologia foi considerada como concluída porque as atividades inerentes a isto foram consideradas completas pelo gestor, em sua grande maioria. Foi identificado que a pesquisa sobre formas de comercializar a nova tecnologia não atingiu o limite estipulado, mas se encontra bastante avançada. De fato, segundo a abordagem *TRL Calculator*, esta tarefa foi a que impediu de assumirmos que a empresa E1 atingiu o nível TRL 2.

A atividade de pesquisa sobre comercialização é de suma importância para o grau de maturidade tecnológica, pois a partir desta que a spin-off pode perceber como se comunicar com o público-alvo do futuro produto, bem como depreender as melhores formas de difusão da marca no mercado.

Se compararmos esta atividade com as respostas das outras empresas, as quais informaram que esta atividade foi devidamente cumprida, podemos concluir que esta tarefa foi



bem compreendida pelos gestores e que, caso eles não possuíam conhecimento para tal, este foi adquirido no momento da incubação, mostrando assim, a importância do processo incubatório.

Importante destacar que a difusão do conhecimento através da incubadora pode se dar através de cursos, palestras e/ou workshops disponibilizados pela própria INCUBAUECE ou por meio de consultores parceiros contratados.

As atividades pertinentes à prova de conceito da tecnologia foram consideradas concluídas pela empresa E1. Sendo assim, os estudos experimentais realizados pela empresa validaram as previsões acerca da tecnologia, onde os estudos analíticos serviram para ajustar a tecnologia para produzir proteínas recombinantes e os estudos laboratoriais servem para validar os resultados dos estudos analíticos.

Com relação à validação dos componentes da tecnologia em testes de laboratórios realizados separadamente, a empresa E1 demonstrou conhecimento técnico para realização da maioria das tarefas, excetuando-se apenas o desenvolvimento do documento de requisitos da tecnologia pelo(s) cliente(s) da tecnologia (60% concluída). De forma simplificada, podemos afirmar que a empresa E1 possui conhecimento suficiente para atingir o nível TRL 4.

A empresa E1 também finalizou boa parte das atividades do nível TRL 5. A exceção da tarefa “5. Foi realizado plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala”, as outras obtiveram uma porcentagem superior ao limite de 80%. Portanto, as atividades que correspondem aos testes dos componentes em ambiente relevante, a definição dos equipamentos, identificação dos efeitos das possíveis falhas da tecnologia, a integração dos componentes, dentre outras atividades foram concluídas com êxito.

Nestes termos, é possível dizer que a viabilidade de produção do produto da empresa E1 foi demonstrada e, portanto, a spin-off pode continuar seus testes afim de iniciar o processo do primeiro protótipo que contenha todas as funções críticas de forma funcional.

A partir do nível que aborda a demonstração tecnológica da tecnologia em ambiente real (TRL 6), a empresa E1 começa a ter dificuldades para implementar completamente as atividades listadas.

Os trabalhos ditos como não concluídos foram: documentação dos requisitos do produto final para funcionamento (70%); relatório sobre os dados da manutenção do produto em ambiente real, a confiabilidade e dados de suporte ao cliente com relação a utilização do produto (70%); implementação em larga escala do produto (60%); realização de testes em ambiente simulado o mais fidedigno possível ao ambiente operacional real (70%); processo de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) (0%).

Algumas destas tarefas estão associadas aos processos ainda incompletos nos níveis anteriores. Por exemplo, a tarefa de verificar a implementação do produto em larga escala pode ser associada a tarefa de plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala. Como a primeira é consequência da segunda, se o plano de teste para verificar as funções críticas serem produzidas em grande escala não estiver bem definido e completo, fica bastante difícil de implementar a produção deste produto em larga escala.

O processo VV&A foi atribuído com 0% pelo desconhecimento do gestor sobre o processo em questão. VV&A é uma atividade que compreende 03 (três) processos inter-relacionados, mas distintos, que reúnem e avaliam evidências para determinar se um modelo ou simulação deve ser usado em uma determinada situação e estabelecer sua credibilidade.

Esta atividade é comum para empresas do setor de Tecnologia da Informação e bem difundida no exterior (América do Norte e Europa), mas ainda considerada uma novidade no Brasil. A ideia de inserção de uma atividade deste tipo é comparar os processos de validação realizados no exterior com os processos utilizados no Brasil, haja vista que, no exterior, o processo VV&A é aplicado para formalizar o modelo conceitual de uma tecnologia.

A conclusão foi que este processo não é difundido no Brasil ainda e, portanto, a não realização desta tarefa não infere que as empresas brasileiras em processo de incubação não possuem conhecimento para criar métodos eficientes para verificar, validar e credenciar seus protótipos de produtos.

Uma possível justificativa do não conhecimento desta atividade seja que esta seja mais difundida na área de Tecnologia da Informação. Contudo, na construção do questionário, foram aproveitadas tarefas do setor de TI justamente por conta da proximidade entre este setor e a Biotecnologia. O não conhecimento da tarefa também justifica todas as outras respostas 0% para as atividades inerentes ao processo VV&A nos níveis posteriores.

As tarefas correspondentes ao nível TRL 7 possuem, em sua grande maioria, valores de porcentagens de conclusão inferiores ao limite (70%, 50%, 30%, 20%, ...). Como a grande maioria dos processos está ainda em desenvolvimento, podemos afirmar que a empresa E1 ainda não alcançou plenamente o nível TRL 7.

O mesmo ocorre com os níveis TRL 8 e TRL 9, onde a empresa E1 ainda possuem atividades em início de desenvolvimento e outras ainda nem iniciadas. Destaque para as tarefas “10. Foi iniciado no programa de gestão de risco em parceria com o desenvolvimento com a indústria? ”; “12. Foi estipulado cronograma para desenvolvimento em escala da tecnologia ou realizado trabalho em parceria com a indústria? ” e “14. Os processos de fabricação demonstram níveis de produtividade aceitáveis? ” do nível TRL 8 e para as atividades “1. Foi

*realizado comissionamento na fase de operação inicial do produto? ”; “3. O produto foi plenamente demonstrado em ambiente real? ”; “8. Foram realizados todos os processos de fabricação controlados para o nível de qualidade adequado? ”; “9. A produção do produto é estável? ”* referentes ao nível TRL 9. Estas atividades foram destacadas porque seus baixos percentuais de conclusão indicam que a empresa E1 ainda não tem um processo de produção definido e que ainda não comercializa o produto.

Finalmente, ao comparar os resultados obtidos através das quatro abordagens metodológicas com a visão do gestor, podemos constatar que a abordagem *TRL Calculator* indica que a empresa E1 está no nível TRL 2, enquanto a abordagem NBR indica que a empresa está no nível TRL 4 e a abordagem Ponderada informa que a mesma empresa está no nível TRL 6.

A abordagem Ponderada é a que mais se aproxima da realidade enfrentada pela empresa. Segundo a abordagem *TRL Calculator*, a empresa E1 ainda se encontra em processo de formulação da tecnologia e o produto ainda é especulativo. Segundo a abordagem NBR, a empresa apenas validou a tecnologia em ambiente de laboratório.

O que não condiz com a verdade, pois a partir das atividades concluídas verificadas via questionário, a empresa E1 passou destas fases e encontra-se finalizando o protótipo do produto final.

Podemos deduzir que as maiores dificuldades encontradas pela empresa E1 são: (a) a comercialização do produto; (b) identificar e documentar os requisitos através de conversa com os clientes; (c) escalabilidade no processo de produção; (d) demonstrar a validação do produto final através de vários tipos de testes (teste de tensão, teste de condições anômalas, entre outros) tanto em ambiente simulado quanto real.

#### 4.2.10.2 Análise da Empresa E2

Empresa do ramo de saúde animal e humana, a empresa E2 desenvolve bioprodutos à base de água de coco em pó. O respondente do questionário informou no campo da sua visão do produto que esse foi bem testado e aprovado em ambiente operacional real, assegurando desempenho esperado pelo cliente (TRL 9).

A análise do grau de maturidade tecnológica desta empresa foi bastante simples de averiguar, pois o respondente informou que todos os processos do questionário, sem exceção, foram concluídos completamente (100%). Sendo assim, para todas as abordagens, foi calculado que a empresa E2 encontra-se no nível TRL 9, o que define que o produto foi comprovadamente

testado e aprovado pelos clientes e encontra-se em processo de comercialização em larga escala ou não.

Um fato interessante deste caso de uso é que até mesmo atividades consideradas pelas outras empresas como desconhecidas (como o caso da tarefa VV&A), foram ditas como concluídas pela empresa E2.

O exemplo de preenchimento do questionário pela empresa E2 leva a pensar em duas possibilidades. A primeira é que o entrevistado da empresa E2 não “levou a sério” o questionário e apenas o respondeu de forma a que sua empresa fosse considerada madura completamente.

O segundo pensamento sugere que, deveras, a empresa cumpriu com todas as atividades listadas no questionário (e até outras atividades mais que não foram inseridas), comprovando que a empresa E2 possui conhecimento suficiente para comercializar a sua tecnologia.

Este preenchimento homogêneo nos permite deduzir que apenas a indicação de que os processos foram concluídos corretamente não é o suficiente para comprovar que a empresa cumpriu com todas as tarefas.

Assim, se considerarmos a ideia de utilizar a mensuração de grau tecnológico para classificar as empresas fora do âmbito da pesquisa acadêmica, temos que considerar a necessidade da comprovação do fim das atividades.

Por exemplo: para comprovar que atividade do nível TRL 9 “*2. Foram finalizados os relatórios de operação do produto?*” foi concluída, a empresa deve entregar os próprios relatórios finalizados ao responsável pela mensuração da maturidade tecnológica. Cada uma das atividades do questionário pode resultar em um documento comprobatório indicando que aquela atividade foi finalizada.

Como este trabalho tem o intuito inicialmente de realizar a avaliação tecnológica para fins acadêmicos, não foram pedidos documentos comprobatórios para a referida empresa E2. Sendo assim, os resultados analisados levam em consideração a idoneidade das respostas dadas.

Em suma, pode-se admitir que a empresa E2 já passou eficientemente por todo o processo incubatório e não possui nenhuma dificuldade em executar as tarefas dos vários níveis TRL, haja vista que seus processos foram todos concluídos completamente. Na verdade, é possível que a empresa já esteja a nível de ser considerada uma empresa graduada, contradizendo a informação da INCUBAUECE que informa que ela ainda está em processo de incubação.

#### 4.2.10.3 Análise da Empresa E3

A spin-off acadêmica E3 produz vários produtos tecnológicos na área de saúde animal. A tecnologia escolhida para análise foi a de testes diagnósticos moleculares para animais. Na visão do gestor, a tecnologia encontra-se bem testada e aprovada em ambiente operacional real, assegurando o desempenho esperado pelo cliente (TRL 9).

Sobre os princípios básicos observados da tecnologia, a maioria das tarefas foram suficientemente concluídas a exceção daquela que trata sobre a pesquisa sobre fontes monetárias ou interessados na tecnologia (60%).

Considerando que as outras empresas indicaram que esta tarefa estava concluída completamente, podemos deduzir que a atividade de busca por *stakeholders* é uma prática comum e, provavelmente, estimulada pela INCUBAUECE, estando a empresa E3 em processo de amadurecimento desta tarefa, atualmente.

Ainda sobre o nível TRL 1, o respondente sentiu falta de alguma atividade alusiva à percepção do público-alvo da tecnologia. Apesar de haver atividades inerente a este assunto em níveis superiores, o gestor considera que esta atividade deve iniciar ainda no momento de iniciação das pesquisas, afim de direcionar mais adequadamente o futuro produto para as necessidades do mercado.

Sobre o conceito tecnológico formulado, todas as atividades foram concluídas satisfatoriamente. O gestor ainda informou sobre a carência no questionário de alguma atividade que tratasse da validação do conceito do produto com o seu respectivo público-alvo nesta altura das pesquisas.

O nível seguinte, que trata sobre o início dos experimentos analíticos e laboratoriais da tecnologia, também possuiu todas as atividades como concluídas, mas quando se analisa as tarefas de validação tecnológica em ambiente de laboratório, observou-se que os esboços dos projetos conceituais ainda não foram completamente documentados.

As funções críticas do produto foram demonstradas em ambiente relevante de forma apropriada. As atividades correspondentes tiveram taxa de conclusão acima de 80% e o desempenho dos testes estava de acordo com as previsões analíticas. O questionário pecou, segundo o respondente, apenas em não possui nenhuma tarefa sobre a validação do conceito pelo público-alvo em ambiente relevante.

Sobre a prototipagem, temos que apenas os processos de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) e o processo de documentação dos requisitos formais ainda não foram concluídos ou precisam ser melhor desenvolvidos pela empresa E3.

O gerenciamento de riscos no nível TRL 7 também não foi plenamente estabelecido em relação às outras atividades de demonstração do protótipo em ambiente operacional, sendo esta a única não concluída do nível.

As dificuldades que podemos identificar que a empresa E3 possui são: a pesquisa sobre fontes monetárias e documentação, de uma forma geral (regulamentação, documentação da gestão, riscos, esboços dos projetos conceituais, entre outros).

Vale ressaltar que o produto final se encontra disponível no mercado. Portanto, considerar que esta empresa está ainda em fase de pesquisas, como faz a abordagem *TRL Calculator* é impreciso. Certamente, a abordagem Ponderada, que considera que o produto está completo e qualificado para comercialização é o que mais se adequa a realidade da referida empresa.

Segundo as tipologias indicadas no Capítulo 3 e considerando a aplicação do instrumento deste trabalho e a abordagem Ponderada, podemos inferir que as empresas estudadas nesta pesquisa são classificadas de acordo com o Quadro 15.

**Quadro 15 - Classificação das empresas estudadas segundo a tipologia TRL**

<b>Empresa</b>	<b>Nível TRL (Abordagem Ponderada)</b>	<b>Tipologia</b>
Empresa E1	TRL 6	Spin-off acadêmica com tecnologia prototipada
Empresa E2	TRL 9	Spin-off acadêmica com tecnologia maturada
Empresa E3	TRL 8	Spin-off acadêmica com tecnologia maturada

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

### **4.3 Discussão dos Resultados**

O instrumento em forma de questionário desenvolvido neste trabalho oportunizou aos responsáveis das empresas uma significativa quantidade de informações sobre quais atividades devem ser executadas para o bom andamento do desenvolvimento do produto em relação à tecnologia analisada.

A partir da análise das tarefas a serem cumpridas, o responsável pela empresa pode definir o risco global do desenvolvimento do produto. Isso ocorre porque ele pode mensurar a maturidade da tecnologia e, em geral, uma tecnologia madura apresenta menos riscos de

implementação do que a tecnologia imatura. Nestes termos, o instrumento mostrou-se uma ferramenta útil em um programa de gerenciamento de riscos.

As atividades do questionário e suas respectivas porcentagens de completude podem auxiliar o gerente no acompanhamento do progresso tecnológico, no sentido de acompanhar o andamento do que está sendo feito e do que precisa ser feito.

Esta informação pode ser utilizada para discutir com a equipe sobre o andamento das atividades e cobrar, se necessário, uma atenção maior às atividades importantes que ainda não foram concluídas e/ou estejam em atraso. Assim, o instrumento pode ser utilizado para melhorar o desempenho organizacional da spin-off acadêmica, já que pode auxiliar a definir processos e a refinar a gestão da empresa.

A análise dos resultados também constatou que quando as atividades inerentes a pesquisas não são concluídas satisfatoriamente, as atividades intrínsecas ao conteúdo destas pesquisas não avançaram ou nem iniciaram, comprovando o que o relatório do GAO havia concluído: sem embasamento científico estável, acaba se gastando mais investimentos e tempo em resolver problemas ou pendências relativas a pesquisa da tecnologia do que com o desenvolvimento do produto em si.

Logo, a não conclusão de atividades de pesquisa, ou seja, atividades dos níveis TRL inferiores, pode causar dificuldades na evolução entre os níveis de maturidade tecnológica, pois sem os resultados das pesquisas, as respectivas atividades que necessitam desses resultados são prejudicadas. O mesmo pode-se inferir do caso oposto. Se a spin-off acadêmica se empenha para concluir suas pesquisas, este terá o conhecimento necessário para solucionar as atividades relativas às pesquisas.

Desta forma, o questionário permite ter uma compreensão da evolução da maturidade tecnológica e do desenvolvimento da tecnologia das spin-offs acadêmicas estudadas.

As spin-offs acadêmicas, por estarem imersas em um ambiente propício a pesquisa, possuem uma facilidade maior no que se refere a atividades e pesquisas tecnológicas, tendo então dificuldade em pesquisar e realizar atividades respeitantes ao meio empresarial, como pesquisa de mercado e investidores-anjos, análise de requisito com clientes entre outros. Eis que para sanar estes problemas, entra em cena a incubadora.

A INCUBAUECE tem um papel importante no processo de aceleração das spin-offs entrevistadas, haja vista que estas obtiveram graus de maturidade tecnológicas altos após o uso do instrumento deste trabalho.

Contudo, apesar das boas notas, foi possível notar que algumas áreas foram parcialmente ou não foram contempladas no processo de incubação aplicado a elas, haja vista

suas baixas porcentagens. Exemplos disso são: (i) conhecimento sobre comercialização do produto; (ii) desenvolvimento do documento de requisitos da tecnologia através de conversa com os clientes; (iii) plano de testes de produção em escala (escalabilidade de produção).

Um encaminhamento deste trabalho é propor à INCUBAUECE que sejam realizados *workshops*, palestras ou cursos que capacitem os funcionários destas empresas universitárias para melhor realizar as atividades problemáticas identificadas nos resultados. No caso em que a incubadora não possua pessoal capacitado para ministrar o conteúdo, que a mesma possa utilizar-se de sua rede de contatos para encontrar colaboradores aptos a transmitir o referido conhecimento.

Outro ponto observado após a realização deste trabalho é que este tipo de avaliação de maturidade tecnológica necessita que as atividades concluídas sejam comprovadas. As comprovações servem para evitar que as empresas preencham o questionário deliberadamente, alegando que as atividades foram concluídas sem estarem.

Através dos documentos comprobatórios, o questionário torna-se um avaliador mais eficiente e garantido, podendo oferecer informações concisas para potenciais investidores-anjo que estejam procurando empresas de biotecnologia para investir.

Este instrumento de avaliação tecnológica não é exclusivamente aplicável ao ramo de biotecnologia. Realizando as alterações necessárias condizentes ao ramo específico, o questionário pode ser utilizado para avaliar a tecnologia de outras áreas como a área médica, tecnologia da informação, segurança, entre outros. Logicamente, para a utilização do questionário, necessita-se que haja uma tecnologia a ser avaliada.

Sobre as abordagens utilizadas para mensurar o nível TRL das empresas, pode-se concluir que a Abordagem Ponderada, criada pelo autor, foi a que melhor identificou os níveis TRL das empresas de acordo com suas realidades.

Enquanto a Abordagem *TRL Calculator* indicava que uma empresa estava em um nível TRL baixo por não completar todas as atividades daquele nível, a abordagem Ponderada levou em consideração todas as atividades de todos os níveis, considerando que as atividades de níveis mais altos são mais relevantes para a maturidade tecnológica.

Durante a realização desta pesquisa, foram identificados alguns obstáculos que dificultaram o andamento dos trabalhos. Inicialmente, foi pensado em trabalhar com várias spin-off acadêmicas – estaduais, de outras regiões e até mesmo internacionais. Foi realizado o contato com várias destas empresas do ramo biotecnológico, contudo por conta do teor da pesquisa em questionar o andamento das pesquisas tecnológicas e o receio de espionagem



industrial, as empresas não participaram da pesquisa, alegando o medo indicado, falta de interesse e, até mesmo, não respondendo nada.

Por conta disso, a amostra de empresas avaliadas ficou reduzida, não proporcionando uma melhor análise estatística e também uma análise comparativa entre empresas de regiões diferentes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste último capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas através do uso do instrumento, as dificuldades enfrentadas e os possíveis trabalhos futuros que este trabalho pode-se desdobrar após a sua conclusão.

O trabalho conseguiu avaliar a maturidade tecnológica de três spin-offs acadêmicas de biotecnologia incubadas pela INCUBAUECE. Esta avaliação foi realizada a partir de 04 (quatro) abordagens diferentes: a abordagem *TRL Calculator*, a abordagem NBR, a abordagem Ponderada e a abordagem Percentual, sendo estas duas últimas, novas propostas de abordagem de análise.

Todas as quatro abordagens utilizaram-se da escala TRL, cada uma com suas especificidades. Estas especificidades serviram para mostrar qual abordagem melhor se adequa para uma aplicação comercial desta avaliação. Neste aspecto, a abordagem Ponderada mostrou-se a mais apropriada.

Foi possível compreender como se dá a evolução no desenvolvimento de uma tecnologia. A partir das atividades de cada nível TRL, de atividades que traspassam um nível e finalizam em um nível acima, pode-se perceber que uma tecnologia evolui quando a empresa responsável realiza uma pesquisa adequada sobre todos os aspectos importantes (viabilidade, mercado, *stakeholders*, gerenciamento, entre outros), testa a tecnologia de todas as formas (inicialmente em laboratório, posteriormente em ambiente simulado e, finalmente, em ambiente real), gera um protótipo com as funcionalidades funcionando em conjunto e, por fim, completa o seu produto e o disponibiliza no mercado.

A própria forma de como a escala TRL foi definida remete a ideia de evolução. Enquanto os primeiros níveis indicam o momento de se pesquisar todos os problemas a serem resolvidos, os níveis seguintes tratam de testar aquilo que foi pesquisado para, logo após, validar o que foi testado e produzir o resultado da melhor forma possível.

O instrumento também serviu para identificar quais fatores facilitam e dificultam a evolução tecnológica das empresas. Um fator que pode vir a facilitar ou dificultar esta evolução é o conhecimento da equipe da spin-off acadêmica com relação às atividades descritas pelo questionário. Quando a empresa possui um *staff* altamente capacitado e conhece os procedimentos a serem seguidos, é possível gerenciar e desenvolver melhor o produto, evitando dispêndios futuros em correções de problemas não identificados ou reformulação de documentos e relatórios.

Outro aspecto inerente a conhecimento é o quanto as atividades descritas pela Norma Brasileira 16290:2015, que trata da escala TRL são conhecidas pelas empresas. As empresas E1 e E3 demonstraram em vários momentos o não conhecimento de várias atividades ou o não cumprimento total destas. Com este trabalho, foi possível que os gestores tivessem ciência de seus pontos fortes e fracos para, então, trabalhar os pontos fracos de suas respectivas tecnologias.

Outro ponto que facilita ou dificulta o processo de evolução é o investimento inicial que se é dado para a spin-off. A empresa E2, por exemplo, recebeu uma volumosa quantia de capital inicial de investimento, o que permitiu o seu rápido e completo desenvolvimento de sua tecnologia, o que não ocorreu com as outras empresas, tendo estas iniciado com pouco capital e necessitando entregar o mais rápido possível algum retorno em forma de produto, o que não possibilitou que este produto fosse desenvolvido seguindo as atividades indicadas em nosso instrumento.

Como dito anteriormente, para a evolução tecnológica ocorrer, faz-se necessário que a empresa que iniciou em âmbito acadêmico receba os recursos necessários para tal. Eis que a universidade surge para fornecer os recursos necessários para tal. Neste trabalho, verificou-se que existem duas formas em que a universidade pode auxiliar as spin-offs acadêmicas: através das incubadoras ou de acordos de cooperação entre universidade e empresas.

No caso das empresas avaliadas, o processo de incubação foi o mais significativo para o desenvolvimento tecnológico destas. Através da INCUBAUECE, as três empresas obtiveram infraestrutura inicial, capacitação profissional para suas equipes (através de módulos de incubação), autorização para utilizar laboratórios e plantas-piloto que pertencem à UECE, compartilhamento de serviços técnico-administrativos e contábeis, além de orientação empresarial, mercadológica e de gestão.

Em suma, a UECE disponibilizou infraestrutura e pessoal, além de outros serviços, para facilitar a implantação e desenvolvimento das três empresas. Contudo, vale salientar que a orientação que foi dada às empresas remete ao desenvolvimento empresarial, desconsiderando assim, o desenvolvimento tecnológico, deixando este sempre a cargo da própria empresa.

Considerando os resultados obtidos nas atividades essenciais segundo a Norma Brasileira 16290:2015, o básico de cada nível TRL foi explicado pela INCUBAUECE, tendo apenas que refinar o seu trabalho, melhorando as instruções das outras atividades que as empresas demonstram dificuldades. Assim, as novas empresas que vierem a ser incubadas pelo mesmo processo terão um melhor rendimento de implantação e desenvolvimento.

Este trabalho remete a várias atividades que ainda precisam ser realizadas para o enriquecimento e o amadurecimento do instrumento de avaliação. A primeira delas é justamente o que este trabalho pretendia inicialmente: analisar empresas do mesmo ramo (Biotecnologia) de outras incubadoras, de outros Estados e até mesmo spin-offs acadêmicas internacionais.

Para isso, faz-se necessária uma parceria com a Rede NIT-NE para mediar a conversa entre o autor e as empresas para evitar a desconfianças destas com relação a pesquisa.

Pensando ainda no enriquecimento do instrumento, deve-se validar os aspectos de biotecnologia nas atividades listadas do questionário com mais profissionais da área, visando assim uma maior consonância do questionário com a realidade do setor.

Outro trabalho a ser feito é definir e analisar indicadores de desempenho organizacional das empresas entrevistadas considerando o questionário de avaliação e comparar com os resultados de maturidade tecnológica.

## REFERÊNCIAS

- AGARWAL, R. et al. The role of knowledge in organizational formation and performance: spin-out generation and survival. In: **Academy of Management Proceedings**, D1-D6, 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/274166740\\_The\\_role\\_of\\_knowledge\\_in\\_organizational\\_formation\\_and\\_performance\\_spin-out\\_generation\\_and\\_survival](https://www.researchgate.net/publication/274166740_The_role_of_knowledge_in_organizational_formation_and_performance_spin-out_generation_and_survival)>. Acesso em: 13 mar. 2018.
- AGUIAR, A. C. Informação e atividades de desenvolvimento científico, tecnológico e industrial: tipologia proposta com base em análise funcional. In: **Ciência da Informação**, v. 20, n. 1, p. 7-14, 1991. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/409>>. Acesso em: 24 dez. 2017.
- ANPROTEC. **Cerne – Centro de Referência para Apoio a Novos Empreendimentos**: sumário executivo.3.ed. Brasília: Anprotec, 2015. v.1. Disponível em: <[ttp://anprotec.org.br/Relata/Anprotec\\_Cerne\\_SumarioExecutivo\\_2015.pdf](http://anprotec.org.br/Relata/Anprotec_Cerne_SumarioExecutivo_2015.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2017.
- ANTON, J. J.; YAO, D. A. Start-ups, Spin-offs, and Internal Projects. **Journal of Law, Economics and Organization**, Oxford University Press, v. 11, n. 2, p.362-78, outubro 1995. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/765002>>. Acesso em: 19 mar 2018.
- ANTUNES, L. **Porque o Vale do Silício é o celeiro de inovação do mundo**. Webinsider. 28 fev. 2018. Disponível em: <<https://webinsider.com.br/vale-do-silicio/>>. Acesso em: 07 mar. 2018.
- 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.
- AULET, B. **Disciplined Entrepreneurship**: 24 Steps to a Successful Startup. 1 ed. Editora Wiley, 12 ago 2013.
- BIO. **Healthcare**. Biotechnology Innovation Organization. 2018a. Disponível em: <<https://www.bio.org/healthcare>>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- \_\_\_\_\_. **Food & Agricultural Biotechnology**. Biotechnology Innovation Organization. 2018b. Disponível em: <<https://www.bio.org/food-agricultural-biotechnology>>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- \_\_\_\_\_. **Industrial & Environmental**. Biotechnology Innovation Organization. 2018c. Disponível em: <<https://www.bio.org/industrial-environmental>>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- BRAY, M. J.; LEE, J. N. University revenues from technology transfer: licensing fees vs. equity positions. **Journal of Business Venturing**, v.15, p.385-392, novembro 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883902698000342>>. Acesso em: 19 jan 2018.
- BELLINI, E. et al. Strategic Paths of Academic Spin-offs: A Comparative Analysis of Italian and Swedish Cases, **44th ICSB Conference**, Nápoles, Itália, p.20–23, junho 1999.

BORGES, C; FILION, L. J; SIMARD, G. **Estudo comparativo entre o processo de criação de empresas tecnológicas e o de empresas tradicionais**. Revista de Administração e Inovação, v. 7, n. 2, p. 3-21, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79167/8329>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

CARAYANNIS, E. G. et al. High technology spin-offs from government R&D laboratories and research institutes. **Technovation**, v.18, n.1, p.1–10, janeiro 1998. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/223045519\\_High-Technology\\_spin-offs\\_from\\_government\\_RD\\_laboratories\\_and\\_research\\_universities](https://www.researchgate.net/publication/223045519_High-Technology_spin-offs_from_government_RD_laboratories_and_research_universities)>. Acesso em: 28 nov. 2017.

CASTRO, V. P. e. **Introdução à biotecnologia**. Palestra realizada em 22 nov. 2012. Hemocentro de Ribeirão Preto. Casa da Ciência. Disponível em: <<http://www.ead.hemocentro.fmrp.usp.br/joomla/index.php/noticias/adotepauta/442--introducao-a-biotecnologia->>. Acesso em: 27 jan. 2018.

CHESBROUGH, H.; SMITH, E. **Chasing Economies of Scope: Xerox's Management of its Technology Spin-off Organizations**. Harvard Business School, Boston, 2000.

CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R. S. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-offs companies. **Industrial and Corporate Change**, Oxford Academic, v.11, n.3, p.529-555, junho 2002. Disponível em: <<https://academic.oup.com/icc/article/11/3/529/1044102>>. Acesso em 20 dez 2017.

CHRISTENSEN, C. M. **Exploring the limits of the technology curve: part I: component technologies, strategic management of technology and innovation**. 4. ed. New York: Mc Graw Hill; 2004. p. 208–27.

CLARYSSE, B.; MORAY, N. A process study of entrepreneurial team formation: the case of a research-based spin-off. **Journal of Business Venturing**, v. 19, p. 55-79, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883902602001131>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

CLARYSSE, B.; WRIGHT, M.; LOCKETT, A.; VAN DE VELDE, E.; VOHORA, A. Spinning out new ventures: a typology of incubation strategies from European research institutions. **Journal of Business Venturing**, v. 20, p. 183-216, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883902603001216>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

CONSTANTE, J. M. **Spin-off: um estudo de casos em pequenas e médias empresas brasileiras de base tecnológica**. 2011. Dissertação (Mestrado). Escola de Administração de Empresas de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8198/61090100024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

CONSTANTE, J. M., ANDREASSI, T.; MARTINS, K. S. **A Gestão de Spin-offs por Pequenas e Médias Empresas de Base Tecnológica no Brasil: Motivações, Barreiras e Influências**. In: XXXV Encontro da ANPAD. 4 a 7 set. 2011. Rio de Janeiro-RJ. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/GCT1449.pdf>> Acesso em: 22 nov. 2017.



FRANCO, A.; FILSON, D. Spin-outs: knowledge diffusion through employee mobility. **The RAND Journal of Economics**, v.37, n.4, p. 841-860, 2006. Disponível em: <<https://www-2.rotman.utoronto.ca/facbios/file/Rand.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2017.

FERNANDES, J. R. C. **Desempenhos das Start-ups/TIC e as contribuições das aceleradoras: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado), - PPGA Uninove, São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1001>>. Acesso em: 4 jan. 2018.

FONTES, M. The process of transformation of scientific and technological knowledge into economic value conducted by biotechnology spin-off. **Technovation**, v.25, n.4, p.339-347, abril 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497203001561>>. Acesso em: 7 jan. 2018.

FREIRE, C. E. T. Brazil Biotech Map 2011. Associação Brasileira de Biotecnologia. **Bio Convent 2011**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://cebrap.org.br/wp-content/uploads/2017/05/Brazil-Biotec-Map-2011.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2018.

FREIRE, C. E. T. **Biotecnologia no Brasil: uma atividade econômica baseada em empresa, academia e Estado**. Tese (Doutorado). - Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8132/tde-14012015-180416/publico/2014\\_CarloS EduardoTorresFreire\\_VOrig.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8132/tde-14012015-180416/publico/2014_CarloS EduardoTorresFreire_VOrig.pdf)>. Acesso em: 26 jan. 2018.

GAO. **Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes**. GAO/NSIAD-99-162, United States General Accounting Office, July 30, 1999. Disponível em: <<https://www.gao.gov/products/NSIAD-99-162>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HUYLEBROECK, G. G. Technology transfer from RTOs: definition/setting the scene. In: INZELT, A.; HILTON, J. (Org). **Technology transfer: from invention to Innovation**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.57-67, 1999. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-015-9145-4\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-015-9145-4_4)>. Acesso em: 13 dez. 2017.

INCUBAUECE. **RESOLUÇÃO Nº 1356/2017 - CONSU**. Regimento da Incubadora de Empresas e Centro de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Universidade Estadual Do Ceará – INCUBAUECE. 02 out. 2017. Disponível em: <[http://www.UECE.br/incubauece/dmdocuments/RES\\_1356-CONSU.pdf](http://www.UECE.br/incubauece/dmdocuments/RES_1356-CONSU.pdf)> Acesso em: 20 jul 2018.

INOVATIVA BRASIL. **Como criar uma startup: o passo a passo**. 6 jul. 2017. Disponível em: <<https://www.inovativabrasil.com.br/como-criar-uma-startup/>>. Acesso em: 5 set 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 16290:2013 - Space systems - Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment**, Suíça, 2013. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16290:ed-1:v1:en>>. Acesso em: 7 set. 2017.

JOCHEM, R.; GEERS, D.; HEINZE, P. Maturity measurement of knowledge-intensive business process. **The TQM Journal**, v. 23 p. 377-387, 2011. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/17542731111139464>> Acesso em: 13 jun. 2017.



KLEPPER, S.; SLEEPER, S. Entry y Spinoffs. In: **Management Science**, v. 51, n.8, p. 1291-1306, agosto 2005. Disponível em: <<https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1050.0411>> Acesso em: 13 dez. 2017.

LAURINDO, L. F. S. B. **Aplicação do nível de prontidão tecnológica no desenvolvimento de um plano estratégico de uma pequena empresa de base tecnológica**. 2014. Trabalho (Conclusão de Curso). - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. Disponível em: <[http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2014/12/TF\\_LUIZ\\_LAURINDO.pdf](http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2014/12/TF_LUIZ_LAURINDO.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2017.

LEMOS, L. M. **Desenvolvimento de spin-offs acadêmicos: estudo a partir do caso da UNICAMP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287562/1/Lemos\\_LucianoMaia\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287562/1/Lemos_LucianoMaia_M.pdf)>. Acesso em: 12 nov. 2017.

LOCKETT, A. et al. The creation of spin-off firms at public research institutions. Managerial and policy implications. **Research Policy**, v.34, n.7, p.981-993, set. 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733305001113>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

LUC, D.; FILION, L. J.; FORTIN, P. A. Guia de spin-off de empresas: em direção a novas formas de práticas empresariais. **École des Hautes Études Commerciales**, Montreal, 2002. Disponível em: <<http://www.inf.furb.br/~dalfovo/EdmilsonLima/FILION-e-colaboradores-Spin-off.pdf>>. Acesso em 28 nov 2017.

MANKINS, J. C. **Technology readiness levels: a white paper**. 6 abr. 1995. Disponível em: <[http://www.artemisinovation.com/images/TRL\\_White\\_Paper\\_2004-Edited.pdf](http://www.artemisinovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf)> Acesso em: 19 abr 2017.

MOREIRA, D. O que é uma startup?. **Exame**, São Paulo, 3 fev 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/pme/o-que-e-uma-startup/>>. Acesso em: 5 set 2017.

MUEGGE, S. **Corporate ventured technology spin-offs: a grounded theory of decision and resource environments**. Department of Systems and Computer Engineering, Carleton University, 2004. Disponível em: <<https://curve.carleton.ca/3fb6a818-1817-4c54-b28e-756c52184400>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

MUSTAR, P. et al. Conceptualizing the heterogeneity of research-based spin-offs: a multi-dimensional taxonomy. **Research Policy**, v.35, n.2, p. 289-308, mar. 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733305002192>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

NDONZUAU, F. N.; PIRNAY, F. e SURLEMONT, B. A stage model of academic spin-off creation. **Technovation**, v. 22, p 281-289, 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497201000190>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

NOLTE, W. L.; KENNEDY, B. C.; DZIEGIEL JR., R. J. **Technology readiness level calculator**. air force research laboratory. NDIA Systems Engineering Conference. 20 out 2003. Disponível em: <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2003/systems/nolte2.pdf>>. Acesso em: 30 nov 2017.

PAGANO, R. **Prontidão tecnológica**. Blog Intellinsights. Blog corporativo da Intelligentia Assessoria Empresarial. 17 fev. 2014. Disponível em: <http://blog.intelligentia.com.br/technology-readiness-levels-trl/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

PEDROSI FILHO, G. **Universidade empreendedora**: criando riquezas através de spin-off acadêmica. Núcleo de Inovação Tecnológica, Universidade Federal de Roraima, 10 set. 2014. Disponível em: [http://ufr.br/nit/index.php?option=com\\_content&view=article&id=93:universidade-empreendedora-criando-riquezas-atraves-de-spin-off-academico&catid=2&Itemid=102](http://ufr.br/nit/index.php?option=com_content&view=article&id=93:universidade-empreendedora-criando-riquezas-atraves-de-spin-off-academico&catid=2&Itemid=102)>. Acesso em: 25 set. 2017.

PEREIRA, D. **Modelo de Negócio do Google**: o analista de modelos de Negócios. 20 jun. 2016. Disponível em: <https://analistamodelosdenegocios.com.br/modelo-de-negocio-do-google/>>. Acesso em: 20 set 2017.

PEREZ, M. P.; SANCHEZ, A. M. The development of university spin-offs: early dynamics of technology transfer and networking. **Technovation**, v. 23, n. 10, p.823–831, out. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497202000342>> Acesso em: 29 nov. 2017.

PIRNAY, F. ‘Spin-off et essaimage: de quoi s’agit-il? Une revue de la littérature’ (‘What are we talking about when we talk about Spin-off? A Review of the Literature’) **4ème Colloque International Francophone sur la PME**, Metz-Nancy, 22-24 out. 1998.

PIRNAY, F et al. Towards a typology of university spin-offs. **Small Business Economics**, v. 21, p. 355-369, dez.2003. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1026167105153.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2017.

RASMUSSEN, E.; BORCH, O. J. University capabilities in facilitating entrepreneurship: a longitudinal study of spin-off ventures at mid-range universities. **Research Policy**, v. 39, p.602-612, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S048733310000508>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

ROBERTS, E. B.; MALONET, D. Policies and structures for spinning off new companies from research and development organization. **R&D Management**, v. 26, n. 1, p.17-48, janeiro 1996. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1467-9310.1996.tb00927.x>> Acesso em: 28 dez. 2017.

ROBERTS, E. B. The technological base of the new enterprise. **Research Policy**, v. 20, p. 283-298, 1991.

RODRIGUES, M. C. A., **Financiamento da Inovação e Mudança Tecnológica**: os impactos da subvenção econômica na maturidade tecnológica (TRL) de projetos de PD&I, Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Estadual do Ceará, p.45-50, março 2018.

ROGERS, E. M.; TAKEGAMI, S.; YIN, J. Lessons learned about technology transfer. **Technovation**, v. 21, n.4, p.253-261, abr. 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497200000390>> Acesso em: 7 jan 2018.

SADIN, S. T.; POVINELLI, F. P.; ROSEN, R. NASA technology push towards future space mission systems. In: SPACE AND HUMANITY CONFERENCE, 39., Bangalore, India, selected Proceedings of the 39<sup>th</sup> International Aeronautical Federation Congress, **Acta Astronautica**, v.20, p.73-77, 1989. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0094576589900544>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

SANTOS, D. A. dos; TEIXEIRA, R. M. O processo de spin-off acadêmica: estudo de casos múltiplos de empresas incubadas da UFS. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v.9, n.1, p.31-50, jan. /mar. 2012. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79249/83320>> Acesso em: 5 jan. 2018.

SANTOS, E. D. B. dos; **As spin-offs Estudantis, suas dificuldade e a atuação da universidade**: estudo de múltiplos casos no Estado de Sergipe. 2013. XXf. Dissertação (Mestrado em Administração). - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2013.

SCHEUTZ, C. Critical Events for Swedish Entrepreneurs in Entrepreneurial Spin-offs. **Technovation**, v. 5, p. 169-182, 1986.

SHANE, S. **Academic entrepreneurship**: university spinoffs and wealth creation. Cheltenham: Edward Elgar, 2004.

SILVA, M. R. M. da et al. Modelo para avaliação do nível de Maturidade de Startups. In: CONFERÊNCIA ANPROTEC, 26., 2016, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: Anprotec, 2016. Disponível em: < [http://www.anprotec.org.br/moc/anais/ID\\_25.pdf](http://www.anprotec.org.br/moc/anais/ID_25.pdf)> Acesso em: 7 jan. 2018.

SMILOR R. W.; GIBSON D. V.; DIETRICH G. B. University Spin-Out Companies: Technology Start-Ups From UT-Austin. **Journal of Business Venturing**, v. 5, n. 1, p.63-76, jan. 1990. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/088390269090027Q>>. Acesso em: 7 jan. 2018.

STEFFENSEN, M.; ROGERS, E.; SPEAKMAN, K. Spin-offs from research centers at a research centers at a research university. **Journal of Business Venturing**, v.5, n.1, p.93-111, jan./fev. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883902698000068>>. Acesso em: 7 jan. 2018.

TÜBKE, A. **Success factors of corporate spin-offs**. New York: Springer Science+Business Media, 2005.

VAN DE VELDE, E. et al. Exploring the Boundary between Entrepreneurship and Corporate Venturing: From Assisted Spin-outs to Entrepreneurial Spin-offs. **Working Papers of Faculty of Economics and Business Administration**, Ghent University, Belgium, 2007. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/24125974\\_Exploring\\_the\\_Boundary\\_between\\_Entrepreneurship\\_and\\_Corporate\\_Venturing\\_From\\_Assisted\\_Spin-outs\\_to\\_Entrepreneurial\\_Spin-offs](https://www.researchgate.net/publication/24125974_Exploring_the_Boundary_between_Entrepreneurship_and_Corporate_Venturing_From_Assisted_Spin-outs_to_Entrepreneurial_Spin-offs)>. Acesso em: 7 jan. 2018.

VELHO, S. R. K.; SIMONETTI, M. L.; SOUZA, C. R. P. de; IKEGAMI, M. Y. Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. **Parcerias Estratégicas**. Brasília, DF, v. 22, n. 45, p. 119-140, jul. /dez. 2017. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/867/793](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/867/793)>. Acesso em: 17 jul 2018.

VOGLER, J.; RUSSELL, A. M. **The international politics of biotechnology**: investigating global futures. [S.l]: Manchester University Press, 2000. p.13-18..

VOHORA, A.; WRIGHT, M.; LOCKETT, A. Critical junctures in the development of university high-tech spinout companies. **Research Policy**, v. 33, p. 147-175, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733303001070>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

ZALUSKI, P. R. **O papel das Incubadoras de empresas no desenvolvimento de projetos inovadores em Universidades**. Comunidade ADM. 5 set. 2014. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/carreira/o-papel-das-incubadoras-de-empresas-no-desenvolvimento-de-projetos-inovadores-em-universidades/80440/>>. Acesso em: 21 set. 2017.

## **ANEXO A – DEFINIÇÕES DOS NÍVEIS DA ESCALA TRL**

Neste anexo, são apresentadas as definições de cada nível da escala TRL, de forma que o leitor possa entender quais são as características que definem a tecnologia e seu respectivo produto em cada nível da escala. As definições abaixo são traduções livres da norma **ISO 16290:2013** (ISO, 2013).

### **TRL 1 - Princípios Básicos Observados e Relatados**

Neste nível, que é o mais baixo da escala de maturação, os princípios básicos da tecnologia são observados e reportados, mas ainda não se realizou investigação aplicada nem desenvolvimento efetivo da tecnologia/produto. É neste nível que a pesquisa científica começa a ser transferida para a investigação aplicada em desenvolvimento.

Em outras palavras, a pesquisa científica existente relacionada à tecnologia a ser avaliada começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento aplicado. Os potenciais produtos são identificados, mas os requisitos de desempenho ainda não foram especificados.

Na TRL1, nenhuma finalidade ou objetivo específico pode ser associado com a tecnologia, já que conceitos e/ou produtos são apenas formulados na TRL 2. Portanto, os requisitos de desempenho podem não ser definidos nesta fase.

### **TRL 2 - Conceito de Tecnologia e/ou Aplicação Formulado**

Nesta fase, a ciência ou tecnologia já possui algum grau de sustentação. Aqui, foram observados os princípios básicos e iniciou-se a pesquisa e desenvolvimento, mas os produtos da tecnologia ainda são especulativos, ou seja, ainda não existe uma prova ou uma análise detalhada que forneça suporte a conjetura.

### **TRL 3 - Função Crítica Analítica e Experimental e/ou Prova Característica de Conceito**

Na TRL 3, são realizados estudos experimentais e analíticos para validar as previsões que se tem acerca da tecnologia e que foram encontrados nas escalas anteriores. Os estudos analíticos servem para ajustar a tecnologia a um certo contexto e os estudos laboratoriais servem para validar fisicamente se as previsões baseadas nos resultados analíticos estão corretas.

Esses estudos constituem uma prova de conceito preliminar da tecnologia, realizada em ambiente laboratorial. A concretização das ideias pode depender de um certo material ou constituinte. Em tecnologias biomédicas, realizam-se nesta fase os testes *in vitro*.

Na TRL 3, os requisitos de desempenho do elemento são gerais, amplamente definidos e podem ser preliminares. Eles são consistentes com qualquer conceito ou aplicação formulada. Os requisitos de desempenho funcional do produto são estabelecidos e os objetivos são definidos em relação ao estado atual da técnica.

#### **TRL 4 – Validação dos Componentes da Tecnologia em ambiente de laboratório**

Os elementos tecnológicos básicos devem ser desenhados, desenvolvidos e integrados até serem atingidos os níveis de desempenho desejados. Esta validação de “baixa fidelidade” deve suportar o conceito formulado nas escalas anteriores e deve também ser consistente com os requisitos das potenciais aplicações do produto final. No caso de produtos de software, por exemplo, trata-se da etapa dos *alpha tests*.

Na TRL 4, assim como na TRL 3, os requisitos de desempenho do elemento são gerais e amplamente definidos. Eles são consistentes com quaisquer possíveis aplicações do produto. Os requisitos de desempenho funcional do produto são estabelecidos e os objetivos são definidos em relação ao estado atual da técnica.

#### **TRL 5 – Validação dos Componentes da Tecnologia em ambiente relevante**

Neste passo, a fidelidade do produto testado tem que aumentar consideravelmente. As aplicações totais devem ser testadas em um ambiente simulado ou de algum modo realístico. Várias tecnologias novas podem estar envolvidas na demonstração.

A TRL 5 é alcançada quando as funções críticas do produto são demonstradas em um ambiente relevante, que geralmente não são de escala completa ou função completa. O desempenho do teste está de acordo com as previsões analíticas.

Na TRL 5, a finalidade do produto final e o ambiente operacional são preliminares, mas são suficientemente compreendidos para permitir uma definição preliminar: (i) dos requisitos de desempenho do produto; (ii) do ambiente relevante associado e (iii) do projeto preliminar do produto.

Os requisitos faltantes ou incompletos são aceitáveis nesta fase na medida em que estes não afetem a identificação das funções críticas do produto e do plano de verificação associado.

Para alcançar a TRL 5, as funções críticas do produto são identificadas, exigindo verificação específica para cada um, e o ambiente relevante correspondente é definido. Em relação à identificação das funções críticas, os requisitos de escala são definidos, um plano de verificação é estabelecido e os testes executados com sucesso servem para proteger o desempenho do produto e remover possíveis incógnitas sobre a tecnologia utilizada.

Os testes podem ser adaptados às necessidades críticas de verificação de cada função do produto, mas devem ser representações desse, conforme necessário para remoção inequívoca das incógnitas e demonstração do desempenho do produto.

Vale ressaltar que algumas das incógnitas das funções críticas podem estar relacionadas aos próprios requisitos de desempenho. Por exemplo, um parâmetro de desempenho ou design pode ser desconhecido ou especificado incorretamente, embora claramente esteja associado a uma função crítica e aos requisitos de desempenho da finalidade do produto, esses bem definidos. Para este caso específico, a demonstração através de testes deve mitigar a incerteza sobre este parâmetro, com *feedback* potencial sobre o design do produto.

Quando a TRL 5 é alcançada, a viabilidade do elemento pode ser considerada como demonstrada, sujeita a efeitos de escala, uma vez que o desempenho das funções críticas é verificado através de testes em ambiente relevante.

Os requisitos de desempenho dos elementos são frequentemente consolidados nesta fase, levando em consideração os testes de verificação realizados. No entanto, o desenvolvimento do produto não está totalmente protegido por causa da incerteza resultante dos efeitos de uma possível escalabilidade.

Existem também riscos remanescentes associados a uma falha na identificação das funções críticas, falta de integridade no plano de verificação associado e/ou uma subestimação dos efeitos de acoplamento entre as partes do produto que tornam o(s) modelo(s) inadequado(s) para desfazer quaisquer dúvidas sobre a tecnologia.

## **TRL 6 – Protótipo que demonstra as Funções Críticas em ambiente relevante**

Passo importante no que se refere a fidelidade da demonstração da tecnologia do produto, onde um modelo representativo ou um modelo/protótipo do produto será testado em um ambiente laboratorial de alta-fidelidade ou ambiente operacional simulado, que pode ser real. No setor farmacêutico, corresponde a primeira fase de ensaios clínicos, enquanto no setor

médico, corresponde a demonstração de segurança do dispositivo e no setor de software corresponde a versão 'beta' do produto.

Logo, a TRL 6 é alcançada quando as funções críticas do elemento são verificadas em ambiente relevante. O(s) modelo(s) representativo(s) em termos de forma, ajuste e função é(são) usado(s) para demonstrar as funções críticas e demonstrar o desempenho do produto. O desempenho do teste deve estar de acordo com as previsões analíticas.

Na TRL 6, assim como as escalas TRL mais elevadas, a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho operacional são estabelecidos e acordados pelas partes interessadas (cliente e empresa), levando em consideração a integração do produto.

O desempenho geral do produto é, em princípio, demonstrado. Em particular, deve ser possível nesta fase estabelecer um cronograma de desenvolvimento para o produto. Podem ainda existir riscos de desenvolvimento remanescentes em relação ao desempenho, não solucionados na escala anterior.

### **TRL 7 – Protótipo que demonstra as Funções Críticas em ambiente operacional**

Esta escala requer a demonstração do protótipo do produto em seu efetivo ambiente operacional. O protótipo deve estar próximo do produto final e a demonstração desse protótipo tem que ser realizada no ambiente previsto.

Na TRL 7, a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho operacional são estabelecidos e acordados pelas partes interessadas, levando em consideração a integração dos elementos no produto final.

Para alcançar a TRL 7, o modelo representativo que reflete integralmente todos os aspectos do projeto do modelo é operado em um ambiente que reúne todas as condições necessárias do ambiente operacional real para demonstrar que ele funcionará nesse ambiente operacional real.

Quando a demonstração do modelo é alcançada em um primeiro momento, o modelo do produto é submetido a uma série de testes que são concebidos para representar o ambiente operacional esperado com margens adequadas.

Portanto, o modelo não se destina a ser usado em ambiente real ainda, uma vez que geralmente é testado excessivamente. No entanto, em alguns casos, os processos de teste e as margens são adaptados para que o modelo seja aceito.



No setor farmacêutico, corresponde a segunda fase de ensaios clínicos; no setor médico corresponde aos testes com o protótipo em dispositivos médicos e no setor de software corresponde ao desenho final do produto de software.

### **TRL 8 – Sistema Real Completo e Qualificado em ambiente operacional**

Este nível da escala constitui geralmente o fim do desenvolvimento tecnológico do produto. Prova-se que a tecnologia funciona na sua forma final e nas condições esperadas. Pode incluir a integração de uma nova tecnologia em um produto existente.

Na TRL 8, a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho são melhor estabelecidos e acordados pelas partes interessadas, levando em consideração a integração dos elementos no sistema final.

Para alcançar a TRL 8, o sistema, incluindo o produto em consideração, foi aceito para o ambiente real. Por definição, todas as tecnologias que estão sendo aplicadas em sistemas reais passam pela TRL 8.

No caso de ser uma tecnologia do setor biomédico, enquadra-se nesta TRL a terceira fase de ensaios clínicos, enquanto em um produto de software, enquadra-se nesta escala uma demonstração pré-comercial.

### **TRL 9 – Sistema Real Finalizado e Qualificado**

Todas as tecnologias a serem aplicadas passam por este passo. Em quase todos os casos, é o final dos últimos acertos do verdadeiro desenvolvimento do produto. Este passo permite melhorar o produto para além do definido inicialmente.

O produto qualificado está integrado no sistema final e no serviço para a finalidade atribuída. Na TRL 9, a finalidade do produto, o ambiente operacional e os requisitos de desempenho estão estabelecidos e acordados pelas partes interessadas, levando em consideração a integração do produto no sistema final.

Logo, a escala TRL 9 é atingida quando o elemento está maduro após testes bem-sucedidos e desempenho desejado alcançado em ambiente operacional real. Se tratar de um produto comercializável, o mesmo encontra-se pronto para comercialização.

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

Esta versão do questionário foi desenvolvida após a análise das atividades listadas em uma primeira versão por especialistas do setor de Biotecnologia e realizando a interseção entre as atividades do trabalho *TRL Calculator* (NOLTE; KENNEDY; DZIEGIEL JR, 2003) e a norma técnica NBR 16290 (ABNT, 2015). Vale salientar que apenas as atividades comuns a todos os setores e às inerentes a Biotecnologia foram selecionadas.

As atividades hachuradas em rosa nas tabelas seguintes são atividades consideradas essenciais para o nível TRL em questão segundo a NBR ISO 16290:2015 (ABNT, 2015). No questionário, não será feita distinção entre estas e as outras perguntas, justamente para verificar se os respondentes conhecem ou não a importância destas atividades.

Além das melhorias supracitadas, há também no instrumento algumas perguntas com o objetivo de conhecer um pouco sobre a tecnologia a ser analisada e também sobre o conhecimento de maturidade tecnológica pelo(a) gestor(a). Estes dados são importantes pois eles poderão demonstrar o grau de conhecimento sobre maturidade tecnológica e possibilitar a comparação entre o grau indicado pelo(a) gestor(a) e o grau indicado pelo questionário.

Por fim, ao final de cada nível TRL são feitas duas perguntas ao respondente: a primeira é saber se o respondente considera aquele nível importante para a sua tecnologia e a segunda é se o respondente acredita que faltou alguma atividade pertinente a este nível TRL.

A primeira pergunta é necessária para identificar se a tecnologia em análise necessita realmente passar pelas atividades descritas no nível e/ou identificar se o respondente tem conhecimento das atividades e da importância destas. A segunda pergunta serve para verificar se o questionário falhou em buscar todas as atividades inerentes àquele nível e/ou atividades inerentes à Biotecnologia.

Para fins organizacionais, neste espaço serão indicados apenas as atividades inerentes a cada escala TRL, desconsiderando o espaço onde será indicado a porcentagem concluída da atividade.

## QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE MATURIDADE TECNOLÓGICA

1. Nome da Empresa:

2. Título, descrição simples, sucinta, em uma linha, em linguagem comercial, para apresentação da tecnologia (algo que “chame a atenção”)

3. De forma geral, qual é o principal ramo da Biotecnologia da sua tecnologia?

- Uso agrícola
- Engenharia ambiental
- Engenharia genética
- Fabricação de compostos fármacos
- Produção de biocombustíveis, eletricidade, calor,...
- Saúde animal
- Saúde humana
- Outros:

4. Na sua opinião, qual o estágio de desenvolvimento (TRL - *Technology Readiness Level*) do invento com relação à comercialização?

- O produto foi bem testado e aprovado em ambiente operacional real, assegurando desempenho esperado pelo cliente?
- O produto foi demonstrado em ambiente operacional real e aceito, mas falta alguns ajustes para garantir o desempenho esperado pelo cliente?
- O protótipo do produto possui todas as funções críticas exigidas, mas ainda não foi demonstrado em um ambiente operacional real?
- O protótipo do produto possui as funções críticas verificadas em ambiente relevante e é possível estabelecer um cronograma de desenvolvimento para o produto?
- A viabilidade do produto pode ser considerada como demonstrada e o desempenho das funções críticas é verificado através de testes em ambiente relevante?
- O projeto conceitual do produto foi definido e os componentes da tecnologia foram validados em ambiente de laboratório (ambiente operacional simulado)?
- Produto conceito é elaborado e desempenho exceção é demonstrada através de modelos analíticos apoiados por dados \ características experimentais.
- A prova de conceito analítica e experimental foi demonstrada?
- Um conceito ou aplicação foi formulado?
- Os princípios básicos foram observados e relatados?
- Nenhuma das anteriores

**TRL 1: Princípios básicos observados**

Nº	Descrição da atividade
1	Foram identificados os princípios básicos?
2	Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia?
3	Foram documentado os estudos que confirmam os princípios básicos?
4	Foram identificadas leis e pressupostos utilizados na nova tecnologia e estas não proíbem o desenvolvimento?
5	Foi levantada e documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da pesquisa tecnológica?
6	Foi identificado quem e onde será realizada as pesquisas da tecnologia?
7	Existe fonte monetária ou interessados, <i>stakeholders</i> (patrocinadores) na concretização da tecnologia?
8	Foi levantado se alguma outra instituição de pesquisa ou empresa está pesquisando a tecnologia no país?
9	Foi realizada pesquisa em ambiente exploratório?
10	Existem publicações científicas em revistas/ anais/ congressos a respeito da tecnologia?
11	As publicações comprovam os princípios básicos da nova tecnologia?
12	Foi formulada a hipótese da pesquisa?

**TRL 2: Conceito tecnológico formulado**

Nº	Descrição da atividade
1	Foi realizada pesquisa em ambiente de trabalho?
2	Foram identificados os potenciais clientes da tecnologia?
3	Os potenciais clientes demonstram interesse na nova tecnologia?
4	Possui conhecimento sobre como comercializar a nova tecnologia?
5	Foram identificadas as principais funções a serem desempenhadas pela tecnologia?
6	Foi documentada a viabilidade das aplicações confirmadas por estudos?
7	Foi identificada a funcionalidade da tecnologia?
8	Foram identificados e documentados os possíveis GAPs da tecnologia?
9	Sabe que programa (projeto) a tecnologia vai apoiar?
10	Possui ideia qualitativa de áreas de risco (custo, cronograma, desempenho)?
11	Foram realizados testes/experimentos/estudos analíticos que comprovam os princípios básicos?
12	Possui conhecimento sobre as capacidades e limitações dos pesquisadores e das instalações da pesquisa?

**TRL 3: Prova experimental do conceito**

<b>Nº</b>	<b>Descrição da atividade</b>
1	Foi concretizado a realização do projeto conceitual do produto e este foi documentado?
2	Foram especificados os requisitos de desempenho da tecnologia?
3	Foi verificada a viabilidade da aplicação por experimentos de laboratório (simulação)?
4	Foram identificados os possíveis defeitos da tecnologia em experimentos de laboratório?
5	Foram identificados e documentados os componentes do produto que devem trabalhar juntos (visão sistêmica)?
6	Foi plenamente demonstrada a viabilidade científica da tecnologia (através de experimentos em laboratório)?
7	Foram identificadas e desenvolvidas as técnicas de desenvolvimento da tecnologia?
8	Foram avaliados os conceitos de fabricação da tecnologia?
9	Foram identificados os componentes chaves para fabricação?
10	Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento do protótipo?
11	Foram iniciados estudos sobre escalabilidade do novo produto?

**TRL 4: Validação tecnológica em laboratório**

<b>Nº</b>	<b>Descrição da atividade</b>
1	Foram testados os componentes individuais em laboratórios (ou por fornecedores) e realizados relatórios correspondentes?
2	Foram totalmente identificados os possíveis GAPs da tecnologia ?
3	Foram identificados os requisitos gerais do sistema para aplicação aos usuários finais?
4	Foi realizado o projeto conceitual da tecnologia?
5	Foram estabelecidas as métricas de desempenho da tecnologia?
6	Foi identificado os custos para desenvolvimento do protótipo?
7	Foi realizado o cronograma para desenvolvimento do protótipo?
8	Foi iniciado o programa de gestão de risco do protótipo?
9	Foram iniciados os estudos de integração da tecnologia ao projeto final?
10	Foram realizados os relatórios de teste da placa de ensaio?
11	Foram documentados os esboços dos projetos conceituais?
12	A tecnologia demonstra funcionalidade básica em um ambiente simplificado?
13	Os requisitos para cada função/componente da tecnologia foram estabelecidos?
14	Foi desenvolvido o documento de requisitos da tecnologia pelo(s) Cliente(s)?
15	Foram estabelecidos os requisitos de laboratórios derivados dos requisitos iniciais da tecnologia?

**TRL 5: Validação tecnológica em ambiente relevante**

Nº	Descrição da atividade
1	Foi realizado a definição preliminar de requisitos de desempenho em ambiente relevante?
2	Foi realizado o projeto preliminar do produto, suportado por modelos apropriados para a verificação funções críticas?
3	Foi realizado plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala?
4	Foi estipulado a definição placa de ensaio para a verificação da função crítica?
5	Foram realizados os testes de teste placa de ensaio com relatórios?
6	Foram identificados os efeitos das possíveis falhas da tecnologia (se houver)?
7	Foram identificados os requisitos de interface de sistema?
8	Foram identificadas as interações entre os componentes / funcionalidades?
9	Foi realizada modificações no ambiente de laboratório para aproximar ambiente operacional deixando apto a testes?
10	Foram realizados testes tecnológicos dos componentes em ambiente relevante?
11	A integração dos componentes/funcionalidades foi demonstrada em ambiente de laboratório?
12	Os componentes/funcionalidades foram testados individualmente para verificar se funcionam?
13	Foi iniciado e documentado o Plano de gerenciamento de Configuração?
14	Os estudos de comércio e experiências de laboratório definem os principais processos de fabricação do produto?

**TRL 6: Demonstração tecnológica em ambiente relevante**

Nº	Descrição da atividade
1	Foi realizada e documentada a definição de requerimento do desempenho e do ambiente relevante?
2	Foram documentados os requisitos completos de sistema e subsistema para funcionamento?
3	Foram realizados identificação e análise das funções críticas do produto e verificadas as funções críticas e documentadas em relatório?
4	Foram concluídas as avaliações das características de desempenho da tecnologia mesmo com os possíveis GAP's?
5	O ambiente relevante de funcionamento para eventual sistema é conhecido?
6	Foi iniciada a aquisição de dados da manutenção real, confiabilidade e dados de suporte?
7	Foi testado o modelo representativo (protótipo) completo em laboratório, ambiente operacional de alta fidelidade (simulação)?
8	Foram realizados testes para verificar se os componentes/funcionalidades individuais funcionam juntos?
9	A implementação do protótipo inclui funcionalidade para lidar com problemas reais em grande escala?
10	O modelo/protótipo foi testado em ambiente operacional simulado/laboratório de alta fidelidade?
11	O processo de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) foram iniciados?
12	As demonstração de produção do produto estão completas?
13	O documento de requisitos formais está disponível?

**TRL 7: Demonstração de protótipo em ambiente operacional**

Nº	Descrição da atividade
1	Foi realizado testes em cada interface do produto final individualmente em condições de tensão e anômalas?
2	Foi simulado as funcionalidades disponíveis para demonstração em ambiente operacional?
3	Foi totalmente integrado o protótipo ao ambiente real demonstrado (ou ambiente operacional simulado)?
4	Foi realizado teste com sucesso do protótipo do sistema em um ambiente operacional real ou simulado?
5	Foi realizada documentação do teste do modelo de protótipo?
6	Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da tecnologia em escala?
7	Os desenhos do projeto preliminar estão completos?
8	O processo de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) foi utilizado como passo de verificação de que as especificações da tecnologia são atendidas completamente?
9	O ambiente é operacional (mas ainda não é o ambiente final)?
10	O design para as metas de custo foi validado?
11	A maioria dos erros do produto foi removida?
12	A maioria das funcionalidades estão disponíveis para demonstração em ambiente operacional simulado?
13	O protótipo do produto final melhora/melhorou a qualidade de pré-produção?
14	Foi documentada a definição de requisitos de desempenho?
15	Foi documentada a definição do ambiente operacional?
16	Foi documentada a definição do modelo e da realização do teste?

**TRL 8: Sistema completo e qualificado**

Nº	Descrição da atividade
1	Foi construído e integrado o modelo final do produto?
2	Foram realizados ajustes dos componentes de acordo com suas funções para deixar compatível com o produto final?
3	Foi testado o produto e caracterizado com seu design e função para a aplicação pretendida ?
4	Foram demonstrados os resultados, o funcionamento e a função da tecnologia em eventual teste em ambiente real?
5	Foi concluído o processo de controle da interface do produto?
6	Foi concluída a documentação formal de regulamentação?
7	Foi concluída a documentação da gestão e controle de configuração?
8	Foram demonstradas todas as funcionalidades em ambiente operacional simulado e sistema foi qualificado através de teste e avaliação em ambiente real?
9	Foi identificado que o sistema atende às especificações?
10	Foi iniciado no programa de gestão de risco em parceria com o desenvolvimento com a indústria?
11	Foi identificado os custos para desenvolvimento da tecnologia em escala?
12	Foi estipulado cronograma para desenvolvimento em escala da tecnologia ou realizado trabalho em parceria com a indústria?
13	A etapa de Verificação, Validação e Acreditação (VV&A) foi concluída, indicando que a tecnologia funciona no mundo real?
14	Os processos de fabricação demonstram níveis de produtividade aceitáveis?
15	A maioria dos documentos de treinamento foram finalizados?
16	A maioria dos documentos de manutenção foram finalizados?

**TRL 9: Sistema real comprovado em ambiente operacional**

<b>Nº</b>	<b>Descrição da atividade</b>
1	Foi realizado comissionamento na fase de operação inicial?
2	Foram finalizados os relatórios de operação do produto?
3	O produto foi plenamente demonstrado em ambiente real?
4	A concepção do produto está estável, havendo poucas ou nenhuma mudança de design?
5	O conceito operacional foi implementado com sucesso?
6	O produto foi instalado/implantado na plataforma pretendida?
7	Os problemas de segurança/efeitos adversos foram identificados e mitigados?
8	Foram realizados todos os processos de fabricação controlados para o nível de qualidade adequado?
9	A produção do produto é estável?
10	Foi incluída na documentação o processo de desenvolvimento em escala, o custo e o cronograma para tal desenvolvimento?
11	Foi incluída na documentação final o processo de parceria e de transferência de conhecimento para indústria?
12	Foi realizado plano de negócio para desenvolvimento da tecnologia?
13	O Plano de Treinamento do cliente foi implementado?
14	O Plano de Suporte foi implementado?
15	O Plano de Proteção do Programa foi implementado?
16	Foram realizadas publicações científicas e/ou patentes a respeito da tecnologia?
17	É possível reproduzir o mesmo projeto com mesmos requisitos?
18	Toda a documentação do produto foi concluída?



## APÊNDICE B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

A pessoa jurídica \_\_\_\_\_, CNPJ nº \_\_\_\_\_, com sede em:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

neste ato representada, conforme poderes especialmente conferidos, por: \_\_\_\_\_,  
CPF nº \_\_\_\_\_, Carteira de Identidade (RG) nº \_\_\_\_\_, expedida por  
\_\_\_\_\_ doravante denominada PARTE REVELADORA,

E:

**Carlos Eduardo Barbosa**, brasileiro, divorciado, servidor público federal, (Carteira de Identidade), expedida por (Órgão expedidor), (Número do CPF), residente em: (Endereço do Autor), doravante denominada **PARTE RECEPTORA**, e em conjunto denominadas **PARTES**,

CONSIDERANDO que desejam colaborar entre si para a elaboração e para a realização do projeto descrito a seguir,

CONSIDERANDO que para a eficaz negociação e consumação deste projeto de colaboração, a **PARTE REVELADORA** precisará transmitir informações confidenciais, referentes ao seu funcionamento e às suas estratégias financeiras, comerciais e operacionais, dentre outras,

CONSIDERANDO que a **PARTE REVELADORA** deseja proteger tais informações, para que sejam utilizadas única e exclusivamente no âmbito do desenvolvimento deste projeto e para que não sejam divulgadas a terceiros não autorizados,

Celebram o presente **termo de confidencialidade**, conforme as seguintes cláusulas.

### CLÁUSULA 1ª – DO OBJETIVO

Este termo de confidencialidade é firmado com o intuito de evitar a divulgação e a utilização não autorizada das informações confidenciais reveladas pela **PARTE REVELADORA** por ocasião da realização do seguinte projeto de colaboração:

### **AVALIAÇÃO DA MATURIDADE TECNOLÓGICA DA EMPRESA REVELADORA VIA INSTRUMENTO DO TIPO QUESTIONÁRIO (GOOGLE FORMULÁRIOS)**

**CLÁUSULA 2ª – DAS INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS E OUTROS CONCEITOS**

Para os fins deste acordo, serão consideradas confidenciais todas as informações, transmitidas por meios escritos, eletrônicos, verbais e quaisquer outros e de qualquer natureza, incluindo, mas não se limitando a: *know-how*, técnicas, designs, especificações, desenhos, cópias, diagramas, modelos, amostras, fluxogramas, croquis, fotografias, plantas, softwares, hardwares, mídias, contratos, planos de negócios, propostas comerciais, processos, projetos, tabelas, conceitos de produto, especificações, nomes de clientes. De revendedores e de distribuidores, preços e custos, resultados de pesquisas, pesquisas em andamento, invenções e ideias, informações mercadológicas, técnicas jurídicas, financeiras e comerciais.

§1º Serão, ainda, consideradas informações confidenciais todas aquelas que assim forem identificadas pela **PARTE REVELADORA**, através de legendas ou quaisquer outras marcações, ou que, devido às circunstâncias de a revelação ou à própria natureza da informação, devam ser consideradas como confidenciais ou de propriedade desta.

§2º Em caso de dúvida sobre a confidencialidade de determinada informação, a **PARTE RECEPTORA** deverá mantê-la em absoluto sigilo, até que a **PARTE REVELADORA** se manifeste expressamente a respeito.

**CLÁUSULA 3ª –DO USO DAS INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS**

A **PARTE RECEPTORA** compromete-se a utilizar as informações confidenciais apenas no âmbito do desenvolvimento e da execução do projeto de colaboração, sendo vedada tanto a sua divulgação a terceiros quanto qualquer outra utilização que não seja expressamente permitida pela **PARTE REVELADORA**.

§1º A **PARTE RECEPTORA** deverá dispensar às informações confidenciais da **PARTE REVELADORA** o mesmo zelo e cuidado com que trataria os seus próprios dados e deve mantê-las em local seguro, com acesso limitado apenas a pessoas autorizadas.

§2º Em caso de qualquer falha na segurança das informações confidenciais, a **PARTE RECEPTORA** deverá comunicar imediatamente a **PARTE REVELADORA**. A pronta comunicação da **PARTE RECEPTORA** não exclui, entretanto, a sua responsabilização pelo defeito na proteção dos dados sigilosos.

§3º A reprodução pela **PARTE RECEPTORA** de quaisquer das informações confidenciais apenas poderá ser realizada quando indispensável ao desenvolvimento do

projeto. O uso destes dados em âmbito acadêmico deverá ocultar o nome da **PARTE REVELADORA**, indicando-a com outro nome que não remeta ao nome oficial da **PARTE REVELADORA**.

§4º Tão logo seja o projeto concluído ou seja a sua execução descartada pelas **PARTES**, todas as informações confidenciais e as suas respectivas reproduções, sejam em suporte físico, eletrônico ou qualquer outro, deverão ser imediatamente destruídas ou devolvidas à **PARTE REVELADORA**.

#### **CLÁUSULA 4ª –DAS EXCEÇÕES Á CONFIDENCIALIDADE**

Não serão consideradas confidenciais as informações que:

- a) sejam ou venham a ser publicadas ou a se tornar de domínio público, desde que tais divulgações não tenham sido, de qualquer forma, ocasionadas pela **PARTE RECEPTORA**;
- b) tenham sido devolvidas pela **PARTE RECEPTORA** a qualquer tempo, a partir de fontes independentes do projeto de colaboração;
- c) tenham sido legitimamente recebidas de terceiros, desde que não derivadas de violação de dever de confidencialidade;
- d) sejam expressas ou tacitamente identificadas pela **PARTE REVELADORA** como não mais sendo sigilosas ou de sua propriedade.

#### **CLÁUSULA 5ª –DA REQUISIÇÃO JUDICIAL**

Não será considerada quebra de confidencialidade a divulgação de informações ordenada pela legislação ou por autoridade judiciária ou administrativa competente.

Parágrafo único. Neste caso, a **PARTE RECEPTORA** deverá imediatamente comunicar a **PARTE REVELADORA**, apresentando-lhe a legislação referente ou a devida intimação judicial ou administrativa, para que esta sirva-se dos melhores recursos disponíveis para impedir a divulgação das informações reveladas.

#### **CLÁUSULA 6ª –DA QUEBRA DA CONFIDENCIALIDADE**

Se a **PARTE RECEPTORA** que violar as obrigações previstas neste Termo deverá indenizar e ressarcir a **PARTE REVELADORA** pelas perdas, danos, lucros cessantes, danos indiretos e quaisquer outros prejuízos patrimoniais ou morais percebidos em decorrência deste descumprimento.

Parágrafo único. Por ocasião de sua violação, o termo de confidencialidade poderá ser imediatamente rescindido pela **PARTE REVELADORA**, sem necessidade de qualquer aviso prévio e sem que se gere, com este fato, direito a indenizações ou ressarcimentos.

#### **CLÁUSULA 7ª –DA QUEBRA DA CONFIDENCIALIDADE**

O presente acordo tem caráter irrevogável e irretratável e começa a vigorar na data de sua assinatura, permanecendo-o enquanto estiver sendo desenvolvido ou executado o projeto de colaboração.

§1º Após a extinção do termo, as obrigações de confidencialidade nele firmadas manter-se-ão ainda por um período de **02 (dois) anos**, a contar da data em que for concluído o projeto de colaboração ou descartada a sua realização.

§2º Ainda que o projeto de colaboração não venha a ser executado, o dever de confidencialidade persistirá.

#### **CLÁUSULA 8ª –DE OUTRAS DISPOSIÇÕES**

Ao assinarem o presente documento, as **PARTES** revelam, ainda, o seu livre e espontâneo consentimento com os seguintes termos:

- I. Este acordo obriga, igualmente, a todos os sucessores das **PARTES**, que deverão cumpri-lo em sua integralidade, qualquer que seja a forma de sucessão;
- II. Por representar o comum ajuste entre as **PARTES**, este termo prevalece sobre qualquer entendimento ou compromisso pactuado anteriormente entre elas, referentes ao dever de confidencialidade;
- III. Este acordo não importa qualquer dever de exclusividade de uma **PARTE** em relação à outra, nem garante ou promete a realização do projeto de colaboração;
- IV. Não são transmitidos, através deste instrumento, quaisquer licenças ou direitos autorais, de propriedade, de exploração de marcas, patentes ou inovações das **PARTES**;
- V. Em cumprimento ao princípio da boa-fé, as **PARTES** se comprometem a informar uma à outra, qualquer fato que possa porventura intervir na relação jurídica travada neste Termo;
- VI. As obrigações e os direitos relativos a este acordo não poderão ser cedidos ou de qualquer outra forma transmitidos, senão mediante autorização expressa das **PARTES**;

E por estarem, assim, justas e acordadas, as PARTES assinam este instrumento, dando início do período de validade a data estipulada abaixo.

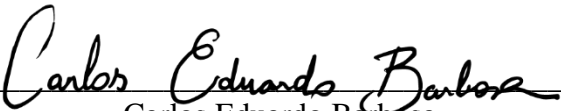
\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_  
(Local e data de assinatura)

**PARTES:**

\_\_\_\_\_

Neste ato representado a pessoa jurídica \_\_\_\_\_ -

**PARTE REVELADORA**



Carlos Eduardo Barbosa

CPF: 009.802.523-69

**PARTE RECEPTORA**