



ALESSANDRO SANTOS VIEIRA

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NO
DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM
UNIVERSIDADES: O CASO DO BIOSPECKLE**

**LAVRAS - MG
2021**

ALESSANDRO SANTOS VIEIRA

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS
PRODUTOS EM UNIVERSIDADES: O CASO DO BIOSPECKLE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, área de
concentração em Instrumentação, para a obtenção do
título de Doutor.

Dr. Roberto Alves Braga Junior
Orientador

Dr. Dany Flávio Tonelli
Dr. Joel Yutaka Sugano
Coorientadores

**LAVRAS - MG
2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Vieira, Alessandro Santos.

Fatores críticos de sucesso no desenvolvimento de novos produtos em universidades: o caso do Biospeckle / Alessandro Santos Vieira. - 2021.

142 p. : il.

Orientador: Roberto Alves Braga Junior.

Coorientadores: Dany Flávio Tonelli; Joel Yutaka Sugano.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Fatores críticos de sucesso. 2. Avaliação de pesquisas. 3. Radar inovação. I. Braga Junior, Roberto Alves. II. Tonelli, Dany Flávio. III. Sugano, Joel Yutaka. IV. Título.

ALESSANDRO SANTOS VIEIRA

**FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS
PRODUTOS EM UNIVERSIDADES: O CASO DO BIOSPECKLE**

**CRITICAL SUCCESS FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS
AT UNIVERSITIES: THE BIOSPECKLE CASE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, área de
concentração em Instrumentação, para a obtenção do
título de Doutor.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2021.

Dr. Reginaldo Barbosa Fernandes	CEFET-MG
Dra. Juliana Vilela Lourençoni Botega	CEFET-MG
Dr. Joel Yutaka Sugano	UFLA
Dr. Giovanni Francisco Rabelo	UFLA

Dr. Roberto Alves Braga Junior
Orientador

Dr. Dany Flávio Tonelli
Dr. Joel Yutaka Sugano
Coorientadores

**LAVRAS - MG
2021**

Dedico

*Ao Criador dos céus e da terra, Deus eterno, nosso
Senhor Jesus.*

À minha amada esposa Gislaine.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pela graça concedida.

À minha amada esposa Gislaine de Souza Bacelar Vieira pela presença e dedicação.

Ao professor Roberto Alves Braga Junior pela confiança.

Ao professor Reginaldo Barbosa Fernandes por acreditar em meu trabalho.

Ao professor Carlos Ademir da Silva pelo estímulo.

A todos os colegas do CEDIA pela amizade nestes anos de caminhada, em especial, à Elisângela Ribeiro, José Eduardo Silva Gomes e Fernando Pujaico Rivera.

Aos professores do departamento de Administração da UFLA, André Luiz Zambalde, Dany Flávio Tonelli e Joel Yutaka Sugano, pela grande ajuda.

Finalmente, a todos os professores que participaram da minha defesa e me agradeceram com palavras de elogio que ficarão em minha memória para sempre.

Obrigado!

Não sejas sábio aos teus próprios olhos; teme ao Senhor e aparta-te do mal.

(Provérbios 3:7)

RESUMO

A avaliação de pesquisas e produtos em desenvolvimento é uma área estratégica para empresas. Por outro lado, nas universidades, não existe uma agenda consolidada para esse tipo de avaliação tal como existe no setor privado. Assim, baseado nas teorias de inovação, este trabalho pretende contribuir com a prática avaliativa de pesquisas em universidades, adotando, como objeto de análise, a técnica Biospeckle Laser (BSL). O objetivo geral desta tese é avaliar o potencial do BSL de gerar tecnologias inovadoras, a partir da identificação e avaliação de Fatores Críticos de Sucesso (FCS), no Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) em universidades. A metodologia utilizada abrange uma revisão sistemática da literatura para a compreensão da técnica BSL, análise de patentes e seleção de FCS que foram utilizados como novas dimensões, em uma adaptação do radar inovação, que, por sua vez, será a ferramenta adotada para a avaliação das pesquisas. Na coleta de dados, empregaram-se entrevistas, fontes documentais e revisão bibliográfica. Foram avaliadas a técnica BSL e pesquisas em outras áreas do conhecimento. Os resultados demonstraram que todas as 16 dimensões de inovação necessitam em menor ou maior grau de novos processos inovativos. Assim, concluiu-se que existe a real necessidade de desenvolvimento e adoção de novas ferramentas de avaliação de pesquisas em universidades. Os FCS, considerados mais relevantes para a técnica BSL, são D1. 3 “Evolução das patentes”, D4. 1 “Atividades de geração e seleção de ideias” e D4. 2 “Atividades de construção de protótipo”. Dentre as avaliações realizadas em pesquisas de diversas áreas do conhecimento no Brasil, a dimensão D3. 2 “Integração entre governos, universidades e empresas” teve a menor média de inovação. As dimensões D2. 1 “Interferências governamentais” e D4. 1 “Atividades de geração e seleção de ideias” também apresentaram baixa inovação. A principal contribuição desta tese é apresentar um conjunto de dimensões de inovação para a avaliação da técnica BSL e de pesquisas em universidades.

Palavras-chave: Fatores críticos de sucesso. Avaliação de pesquisas. Radar inovação. Pesquisas em universidades. Desenvolvimento de novos produtos.

ABSTRACT

The evaluation of research and products under development is a strategic area for companies. On the other hand, there is no consolidated agenda for this type of assessment at universities as it exists in the private sector. Therefore, based on the innovation theories, this work aims to contribute with the evaluative practice research in universities, adopting the Biospeckle laser technique (BSL) as the object of analysis. The general objective of this thesis is to evaluate the potential of Biospeckle Laser (BSL) to generate innovative technologies from the identification and evaluation of Critical Success Factors (CSF) in the development of new products (DNP) in universities. The methodology used includes a systematic review of the literature to understand the BSL technique, patent analysis, and CSF selection used as new dimensions in an adaptation of the innovation radar, which shall, in turn, be adopted to evaluate the research. Data collection was conducted using interviews, documentary sources, and bibliographic reviews to evaluate the BSL technique and the research in other areas of knowledge. The results demonstrate that all 16 dimensions of innovation require new innovative processes to a lesser or greater extent. Thus, there is a real need to develop and adopt new research assessment tools in universities. The CSF considered most relevant to the BSL technique are: D1. 3 “Evolution of patents”; D4. 1 “Activities for generating and selecting ideas”; and D4. 2 “Prototype construction activities”. Among the evaluations carried out in research in different areas of knowledge in Brazil, dimension D3. 2 “Integration between governments, universities, and companies” had the lowest average value for innovation. The D2 dimensions. 1 “Government interference” and D4. 1 “Activities for generating and selecting ideas” also presented low innovation. This dissertation’s primary contribution is to present a set of innovation dimensions to evaluate the BSL technique and research in universities.

Keywords: Critical success factors. Research evaluation. Innovation radar. Research in universities. Development of new products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Problema, objetivos, justificativa, novidades, contribuição da pesquisa e teorias-chave.	17
Figura 2 - Representação das atividades-chave de campo da presente tese.	18
Figura 3 - Primeira geração de processo de inovação.	22
Figura 4 - Processo de Inovação simplificado Coupled Model.	23
Figura 5 - Processo de inovação da quarta geração-colaborativa (Chain Model).	24
Figura 6 - O processo de inovação da quinta geração.	25
Figura 7 - Representação simplificada do Stage Gate.	30
Figura 8 - O triple A System para o desenvolvimento de produtos.	30
Figura 9 - Representação gráfica das fases de atuação das universidades e das indústrias no processo de inovação.	38
Figura 10 - Escala decimal de inovação.	45
Figura 11 - Configuração dos equipamentos para pesquisas com BSL.	50
Figura 12 - Quadrante de Pasteur.	51
Figura 13 - Produto para o monitoramento da secagem de tintas, resinas, vernizes e cosméticos que utiliza a técnica BSL.	53
Figura 14 - Produto que utiliza o BSL para o monitoramento em tempo real do fluxo sanguíneo.	53
Figura 15 - Distribuição anual dos depósitos de patentes da técnica BSL.	56
Figura 16 - Quantidade de patentes de invenção X modelos de utilidade.	57
Figura 17 - Tipos de agentes detentores de patentes em BSL.	58
Figura 18 - Aplicação das patentes da técnica BSL.	58
Figura 19 - Total de patentes dentro da área de atuação tecnológica do BSL de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC).	59
Figura 20 - Radar Inovação no formato original.	60
Figura 21 - Fatores críticos de sucesso associados às cinco dimensões do processo de DNP.	70
Figura 22 - Fatores críticos de sucesso relacionados às dimensões produto, projeto, empresa e mercado.	71
Figura 23 - Resumo das principais etapas da metodologia.	82
Figura 24 - Etapas de seleção e validação dos FCS empregados no questionário.	83
Figura 25 - Radar Inovação adaptado.	99

Figura 26 - Radar Inovação com as médias das dimensões para cada grupo.....	101
---	-----

ANEXO A

Fig 1 Division of papers into two categories and two groups.	128
Fig 2 Literature search and selection.....	129
Fig 3 Distribution of IB and AB papers during the period from 1997 to 2016.....	131
Fig 4 Experimental setup most used in Universities/institutes in research with BSL.....	133

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificações da inovação.	20
Quadro 2 - Resumo das gerações de processo de inovação.	25
Quadro 3 - Comparação de dois sistemas de “Idea-to-launch”: Diferenças entre o sistema “Stage Gate” e o sistema “Triplo A”.	33
Quadro 4 - Fases do processo de desenvolvimento de novos produtos.	35
Quadro 5 - Vantagens da parceria entre universidades e empresas.	39
Quadro 6 - Definições de FCS (Fatores Críticos de Sucesso).	41
Quadro 7 - Limitações no sistema de propriedade intelectual e da utilização de dados de patentes para a previsão de tecnologias emergentes.	48
Quadro 8 - Classificação Internacional de Patentes para as áreas tecnológicas em que o BSL é aplicado.	55
Quadro 9 - Relação dos números de patente em BSL por países no período de 1976 a 2019.	56
Quadro 10 - As três categorias dos fatores de sucesso para o desenvolvimento de novos produtos na indústria.	65
Quadro 11 - Fatores críticos de sucesso relacionados ao mercado (M), tecnologia (T), organização (O) e ambiente (A).	66
Quadro 12 - Melhores e piores práticas de sete dimensões de FCS.	74
Quadro 13 - Principais dimensões levantadas.	76
Quadro 14 - Fatores críticos de sucesso associados a cada dimensão.	77
Quadro 15 - Ferramenta Estrutura de contingência para a seleção dos FCS com maior relação com a técnica BSL.	80
Quadro 16 - Classificação da pesquisa.	84
Quadro 17 - Resumo dos procedimentos metodológicos.	86
Quadro 18 - Universidades por região, descrição dos programas de pós-graduação e quantidade de pesquisadores por universidade.	87
Quadro 19 - Valor atribuído a cada resposta do questionário.	90
Quadro 20 - Quantidade de respondentes do questionário e universidade de origem do pesquisador.	93
Quadro 21 - Perfil dos respondentes do grupo 2.	94
Quadro 22 - Dimensões para o Radar Inovação adaptado.	97

Quadro 23 - Novas dimensões e definições do radar inovação adaptado.....	98
Quadro 24 - Média de cada dimensão para os grupos analisados.....	100

LISTA DE TABELAS

ANEXO A

Table 1	Percentage of Publication of paper by journal and subject área.....	131
Table 2	Countries leading research with biospeckle.	133
Table 3	Description of the setup and the existence of explanatory images of the analyzed papers.	134
Table 4	Camera model and manufacturer description.....	135
Table 5	Laser Types used in experimental setup.....	135
Table 6	Types and percentages of samples found in the research.....	135
Table 7	Conventional methods of biospeckle analysis and examples of works found.	137
Table 8	Percentage of application of numerical and graphical methods in biospeckle.....	138
Table 9	Non-conventional methods of biospeckle analysis and examples of researches found.....	138

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Definições de inovação	19
2.1.1	Modelos de processos de inovação	21
2.1.2	A mensuração da inovação	27
2.2	O Processo de desenvolvimento de novos produtos	29
2.2.1	O papel das universidades e das empresas	36
2.3	Estratégias para avaliação do desenvolvimento de novos produtos (DNP)	39
2.3.1	Fatores críticos de sucesso	40
2.3.1.1	Definições	40
2.3.1.2	Histórico	41
2.3.1.3	Fontes e técnicas de investigação de FCS	42
2.3.1.4	Hierarquias dos FCS	44
2.3.2	Patentes e a sua utilização na previsão de tecnologias promissoras	44
2.4	O Biospeckle Laser (BSL)	49
2.4.1	Tipos de pesquisas realizadas com BSL	50
2.4.2	Panorama das pesquisas, patentes e produtos relacionados ao BSL	52
2.5	Radar Inovação	59
3	TRABALHOS RELACIONADOS	62
3.1	Dimensões e Fatores críticos de sucesso para o desenvolvimento de novos produtos	62
3.2	Seleção dos fatores críticos de sucesso com base na estrutura de contingência	75
3.3	Análise dos trabalhos relacionados	80
4	MÉTODOS DA PESQUISA	82
4.1	Classificação da Pesquisa	84
4.2	Procedimentos metodológicos	85
4.2.1	Definição do sujeito e objeto de estudo	86
4.2.1.1	Pesquisa Bibliográfica	88
4.2.1.2	Revisão Sistemática	89
4.2.1.3	Questionário	89
4.2.1.4	Entrevista	91
4.3	Técnicas empregadas à análise dos dados	91
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E IMPLICAÇÕES	93
5.1	Resultados	93
5.2	Implicações	102
6	CONCLUSÃO	104
	REFERÊNCIAS	110
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO	122
	ANEXO A - ARTICLE: TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF BIOSPECKLE LASER: A SYSTEMATIC REVIEW	125

1 INTRODUÇÃO

Quais são os fatores responsáveis pelo sucesso de novos produtos? Por que a minoria dos produtos é bem-sucedida e apenas algumas organizações têm excelente desempenho? A complexidade envolvida nessas perguntas é comprovada pela baixa taxa de sucesso de produtos lançados no mercado. Estima-se que 40% fracassem no lançamento. Mesmo depois do processo de desenvolvimento e testes, apenas 1(um) em cada 10 atinge o sucesso comercial. Empresários afirmam que apenas 13% retornam o lucro planejado.

Em virtude desse cenário, tem ocorrido um aumento no número de pesquisas com a finalidade de investigar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) que possam reduzir as chances de fracasso. Paralelamente, novos conceitos do Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) apresentam formas diferentes de conduzir o processo inovativo que vai desde a ideação até a comercialização de um produto.

A literatura porém não fornece uma resposta conclusiva sobre quais fatores podem garantir o sucesso de um determinado produto. Enquanto em alguns estudos um conjunto de fatores é considerado mais relevante, em outros possuem menor importância. Além disso, o tipo de produto e, principalmente, o contexto influenciam na determinação dos fatores. O que existe de concreto é a possibilidade de melhoria dos resultados.

Em relação a este tema, verificou-se a escassez de trabalhos sobre a avaliação de pesquisas nas universidades. A literatura aborda majoritariamente a realidade das empresas. Porém, dentro do processo inovativo, é notório que as universidades desempenham um papel indispensável, sobretudo, nas fases iniciais, as quais contribuem com ideias e teorias para o desenvolvimento de pesquisas científicas e novas tecnologias. Esse fato, somado à elevada quantidade de pesquisas em andamento nas universidades, são elementos que justificam sua inclusão nesse campo de estudo.

Esta tese se propõe a contribuir com esse tema. Para esse fim, o objeto de análise empregado será a técnica Biospeckle Laser (BSL). Trata-se de um fenômeno ótico que utiliza fontes de laser para o monitoramento de atividades biológicas em amostras orgânicas. A escolha da técnica BSL se justifica, porque tem sido estudada por mais de 40 anos em universidades de diferentes países.

Portanto a pergunta que se faz é: Quais são os Fatores Críticos de Sucesso (FCS), para a geração de valor econômico e social, a partir do desenvolvimento de um novo produto que utilize a técnica Biospeckle Laser?

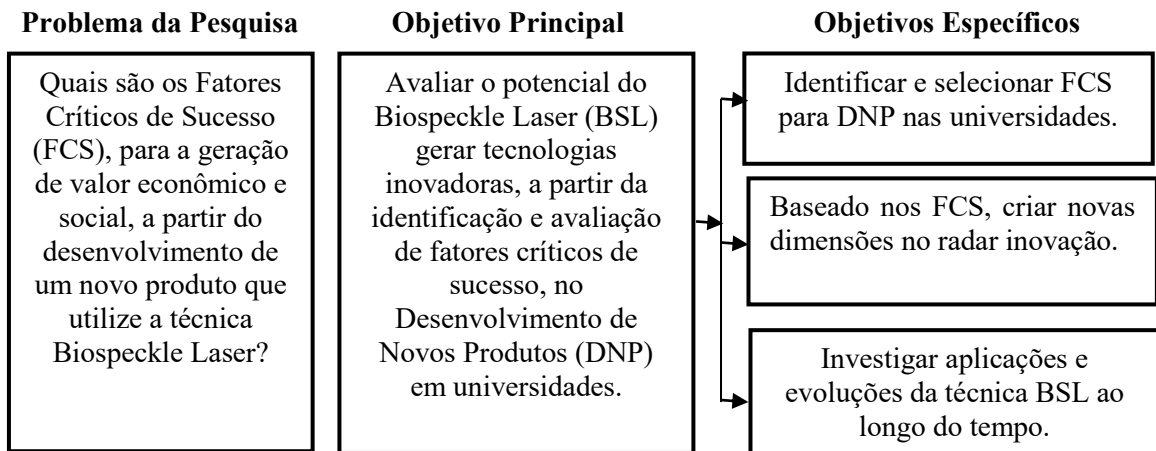
Para responder a essa pergunta, o objetivo principal desta tese é avaliar o potencial da técnica Biospeckle Laser para/de gerar tecnologias inovadoras, a partir da identificação e avaliação de fatores críticos de sucesso, no desenvolvimento de novos produtos em universidades. Como objetivos específicos estão a identificação e seleção de FCS para DNP nas universidades, criação de novas dimensões em uma adaptação do radar inovação e investigação da evolução da técnica BSL ao longo do tempo. A Figura 1 descreve os objetivos, problema, novidade, contribuição da pesquisa e teorias-chave.

A Figura 2 detalha as atividades da pesquisa. Na parte inferior, estão descritas as seis fases do DNP adotadas nesta pesquisa. Nas três primeiras fases (geração e triagem de ideias, construção do caso de negócio, desenvolvimento de protótipo), podem atuar tanto empresas como universidades, por outro lado, nas fases subsequentes (teste e validação, produção, mercado e venda), as empresas são as protagonistas. Entretanto as universidades também podem eventualmente trabalhar diretamente na validação e testes, o que explica a seta tracejada logo acima dessa fase. Essa parte da Figura 2 objetiva delimitar o alcance de atuação das universidades no DNP e, em consequência, a escolha mais acertada dos FCS.

Ainda, na Figura 2, o levantamento do estado da arte e a análise de patentes permitirão a descrição do perfil das pesquisas envolvendo a técnica BSL com maior profundidade. Na sequência, como resultado de uma extensa revisão da literatura, será feita a seleção de FCS para avaliação de pesquisas com BSL e de outras tecnologias. Em seguida, esses fatores serão adotados como novas dimensões, em uma adaptação do radar inovação, em que os próprios especialistas realizarão a avaliação. As etapas finais contêm a análise dos dados, implicações e conclusões.

Avaliar pesquisas levando em consideração que elas são parte integrante do processo de inovação contribuirá com a redução de riscos, melhoria no direcionamento de recursos e ampliação da participação das universidades em processos de desenvolvimento de produtos inovadores.

Figura 1 - Problema, objetivos, justificativa, novidades, contribuição da pesquisa e teorias-chave.



Justificativa

- Apesar das pesquisas sobre BSL apontarem inúmeras aplicações, sua utilização na prática ainda é pouco explorada;
- Literatura escassa sobre a avaliação de pesquisas em universidades;
- A avaliação correta de pesquisas reduz riscos, direciona recursos e amplia a participação das universidades no desenvolvimento de produtos inovadores.

Novidade da Pesquisa

- Investigação inédita sobre o potencial inovador das pesquisas com BSL em universidades.

Contribuição

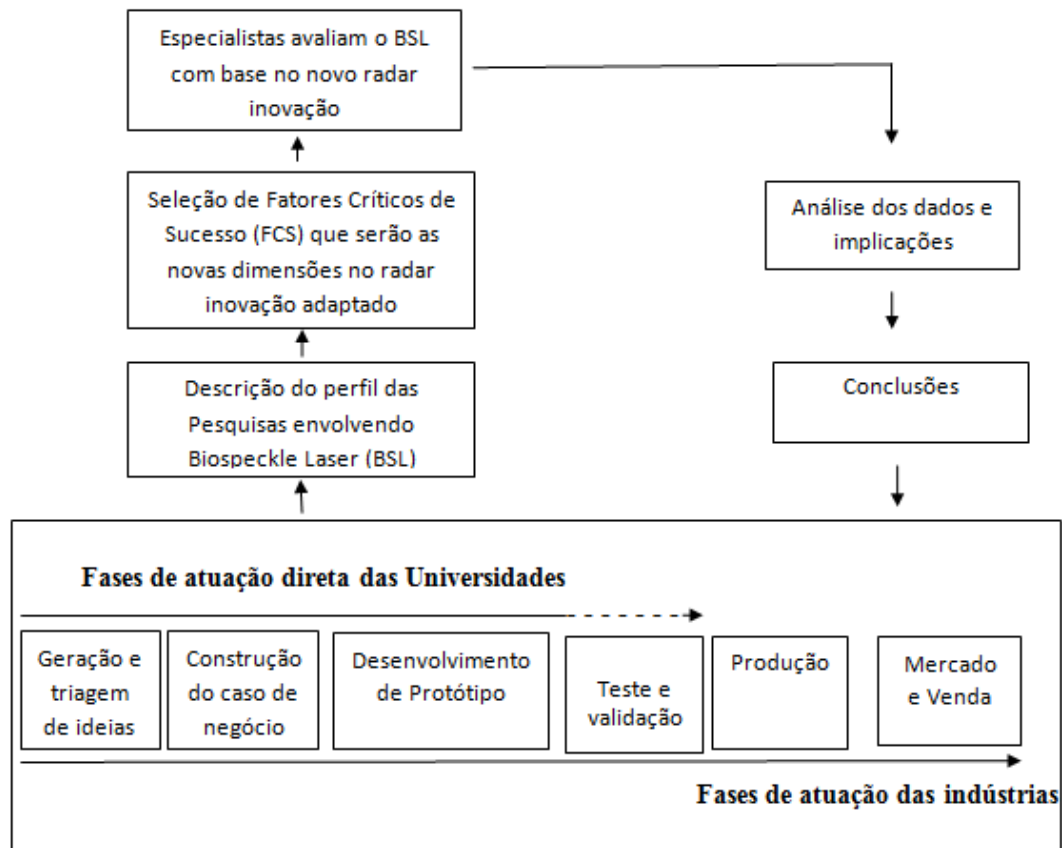
- Contribuir para reduzir a carência de trabalhos que abordem a avaliação de pesquisas nas universidades;
- Possibilitar que pesquisadores do BSL tomem melhores decisões no avanço de seus trabalhos;
- Apresentação de um conjunto coerente de dimensões para a avaliação de pesquisas em universidades;
- Adaptações na ferramenta radar de inovação adequado à realidade das universidades.

Teorias-chave e suas finalidades

- Modelos de Inovação: Compreender como ocorre a inovação;
- Desenvolvimento de Novos Produtos: Enquadrar o BSL dentro de um processo de inovação formado didaticamente por fases distintas;
- Fatores Críticos de Sucesso: Identificação de fatores de sucesso mais relevantes para a avaliação de pesquisas no contexto das universidades;
- Estrutura de Contingência: Seleção dos fatores críticos de sucesso que melhor representem o contexto e características do BSL;
- Radar de inovação (adaptado para esta pesquisa): Permitir visualizar, compreender e comparar os dados dos questionários. Descobrir a relevância de cada fator crítico de sucesso para a promoção da inovação em pesquisas em universidades.

Fonte: Autor da pesquisa.

Figura 2 - Representação das atividades-chave de campo da presente tese.



Fonte: Autor da pesquisa.

Esta tese está dividida em seis seções. A primeira inclui esta introdução com o problema de pesquisa, objetivos gerais, objetivos específicos e as justificativas do trabalho. A segunda contém o referencial teórico que detalha conceitos de Inovação, DNP, FCS e a técnica BSL. Na terceira são apresentados os trabalhos relacionados ao tema da pesquisa, bem como uma síntese da revisão da literatura. A quarta seção descreve a metodologia empregada para a seleção dos FCS e avaliação da técnica BSL. A quinta traz os resultados e discussões. Finalmente, a última seção apresenta as conclusões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os referenciais teóricos utilizados para o desenvolvimento e análise do tema. São formados por quatro partes principais que contêm os seguintes objetivos:

- a) Seção 2.1: Definições de inovação: Descrever modelos e conceitos de inovação que influenciam no Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP);
- b) Seção 2.2: O processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP): Compreender o significado de DNP e como se relacionam cada uma de suas fases. Estabelecer o limite de atuação das universidades dentro do processo de inovação;
- c) Seção 2.3: Estratégias para avaliação do desenvolvimento de novos produtos: Dentre as diversas teorias existentes, apresentar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e análise de patentes como estratégias de avaliação do desenvolvimento de novos produtos;
- d) Seção 2.4: Biospeckle Laser (BSL): Compreensão do tipo de pesquisa e das principais características da técnica BSL com base na revisão sistemática da literatura e na estratégia de análise de patentes.

2.1 Definições de inovação

Que é inovação e qual sua importância para as diferentes organizações? A primeira parte dessa pergunta não possui apenas uma resposta. Por exemplo, Baregheh, Rowley e Sambrook (2009) encontraram, na literatura, 60 definições de inovação de 1934 a 2007. Segundo os autores, isso ocorre porque disciplinas como Negócios e Gestão, Economia, Engenharia e Empreendedorismo definem a inovação de acordo com a própria perspectiva.

Quanto à segunda parte da pergunta, empresas (Pisano, 2015), governos (Gallouj e Zanfei, 2013) e universidades (Huang e Chen, 2017) são unânimes em reconhecer a prática da inovação como indispensável ao sucesso das organizações. De forma geral, aceita-se que a inovação seja central para o crescimento do produto e da produtividade (Oslo, 2005).

Para fins deste trabalho, de acordo com Oslo (2005) e Schumpeter e Fels (1939), a inovação será considerada como a aplicação comercial ou industrial de um produto ou processo novo ou melhorado (ou uma combinação deles) que difere significativamente dos

produtos ou processos anteriores da unidade e que foram disponibilizados a usuários em potencial (produto) ou posto em uso pela unidade (processo).

Schumpeter (1934) propõe cinco tipos de inovação: 1) introdução de novos produtos, 2) introdução de novos métodos de produção, 3) abertura de novos mercados, 4) desenvolvimento de novas fontes provedoras de matérias - primas e outros insumos e 5) criação de novas estruturas de mercado em uma indústria. O Manual de Oslo (2005), por sua vez, relaciona a inovação com 1) produtos, 2) processos, 3) a estrutura da organização (empresa) e com o 4) mercado.

À medida que as demandas por novos produtos e serviços emergem rapidamente, as organizações devem estar cientes dessas demandas e serem capazes de capitalizar oportunidades. A inovação é o processo central da renovação de uma organização. Um dos primeiros a reconhecer foi Schumpeter e Fels (1939), ao afirmarem que a inovação é indispensável ao desenvolvimento da sociedade moderna.

A inovação apresenta diferentes classificações como o tipo de inovação, impacto e estratégia. O Quadro 1 descreve as principais classificações e apresenta algumas referências.

Quadro 1 - Classificações da inovação.

(Continua)

Quanto ao Tipo	Classificação da Inovação	
	Definição	Fonte
De produto	Um produto, disponibilizado para usuários em potencial, que é novo ou modificado significativamente em relação a suas características ou usos pretendidos.	(Gault, 2018), (Edwards-Schachter, 2018)
De processo	Novos elementos introduzidos nos materiais de entrada de operações de produção ou serviço de uma organização, especificações de tarefas, mecanismos de fluxo de trabalho e informações e equipamentos usados, para produzir um produto ou prestar um serviço, com o objetivo de alcançar custos mais baixos e / ou maior qualidade do produto.	(Hullova, Trott e Simms, 2016), (Edwards-Schachter, 2018)
Serviço	Organizar uma solução para um problema (um tratamento, uma operação), que não envolve principalmente o fornecimento de um bem, sendo, em geral, combinações intangíveis de processos, habilidades de pessoas e materiais.	(Goldstein <i>et al.</i> , 2002), (Edwards-Schachter, 2018)
Modelo de Negócio	Alterações projetadas, inovadoras e não triviais nos elementos-chave do modelo de negócios de uma empresa e / ou na arquitetura que liga esses elementos.	(Foss e Saebi, 2016)
Organizacional	Lidam primordialmente com pessoas, organização do trabalho e estruturas.	(Oslo, 2005)
Marketing	Objetivam o aumento do volume das vendas ou da fatia de mercado, por meio de mudanças no posicionamento do produto e na sua reputação.	(Oslo, 2005)

Quadro 1 - Classificações da inovação.

(Conclusão)

Classificação da Inovação		
Quanto ao Tipo	Definição	Fonte
Quanto ao Impacto		
Incremental	Melhoria gradual em produtos que requerem baixa complexidade e recursos.	(Dewar e Dutton, 1986)
Radical	Existência de uma nova invenção, a invenção deve ser única e deve poder influenciar futuras invenções. Afastamento dramático dos produtos existentes. Mudança que varre grande parte dos investimentos existentes em uma empresa em habilidades e conhecimentos técnicos, projetos, técnica de produção, instalações e equipamentos.	(Dahlin e Behrens, 2005); (Utterback, 1994)
Disruptiva	Requerem criação de novos mercados e ruptura de mercados existentes, mas não necessariamente novas tecnologias.	(Christensen, 2013)
Quanto à Estratégia		
Aberta	O uso de entradas e saídas propositais de conhecimento para acelerar a inovação interna e expandir os mercados para uso externo da inovação.	(Chesbrough, Vanhaverbeke e West, 2006)
Fechada	O modelo fechado de inovação sustenta que todo conhecimento que forneceu a base para o desenvolvimento de P&D foi produzido internamente por uma organização.	(Marques, 2014)

Fonte: Autor da pesquisa.

2.1.1 Modelos de processos de inovação

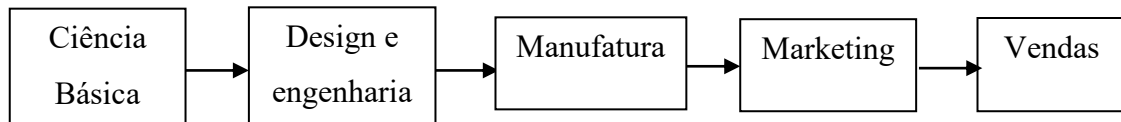
O cenário econômico e tecnológico, após a segunda guerra mundial, desencadeou mudanças sucessivas de paradigmas em relação às melhores práticas do processo inovação. A partir de então, emergiram alguns modelos, para tentar explicar como ocorre esse processo, foram pioneiros os conhecidos como Technology push e market pull. Os mais recentes são inspirados na lógica de modelos integrados e paralelos.

Serão apresentadas cinco gerações de modelos baseados nos trabalhos de (Rothwell, 1994). Segundo o autor, um modelo novo não invalida o modelo anterior. Na prática, podem ser necessárias variação ou a junção de mais de um modelo para explicar como ocorre a inovação na realidade de cada setor produtivo.

A primeira geração conhecida como Technology push ou modelo linear de impulso tecnológico, a princípio, foi introduzida por (Bush, 1945b). Esse modelo se apoia na crença de que o progresso científico da humanidade esteja baseado em fluxo contínuo da ciência para a

tecnologia e desta para os mercados. Ou seja, são os centros de P&D (Pesquisa e Desenvolvendo) das universidades e das empresas que apresentam novos produtos e tecnologias que deverão ser incorporadas pelo mercado. O processo de inovação Technology push é representado na Figura 3.

Figura 3 - Primeira geração de processo de inovação.



Fonte: Rothwell (1994).

Em meados dos anos 1960 e 1970, deu-se início ao desenvolvimento de uma nova geração em virtude da intensa competitividade de novos produtos nos Estados Unidos. Essa situação estimulou a aplicação crescente de investimentos em novos produtos em vez de direcioná-los apenas para as pesquisas. Ocorreu, então, um fenômeno linear reverso em que o mercado era a fonte das ideias e ditava os rumos das operações de P&D. Por isso, o termo utilizado neste modelo é “market pull” ou “demand pull”.

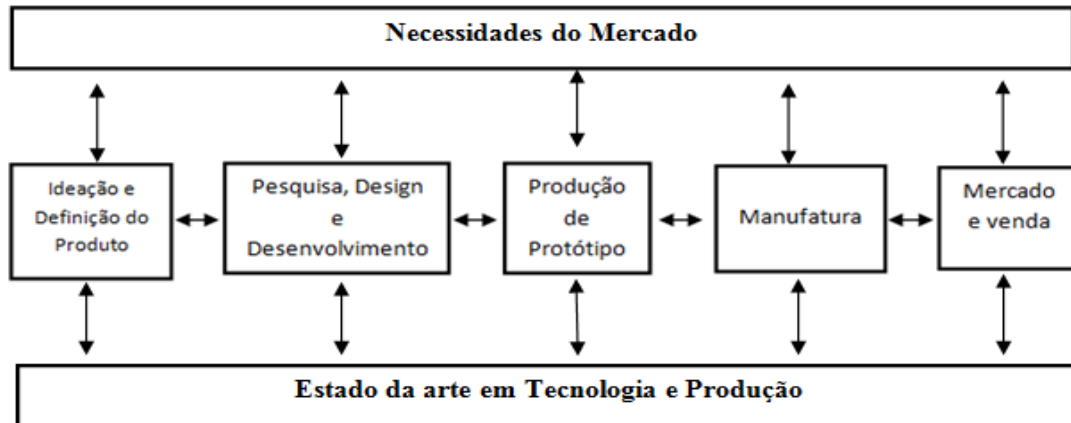
Essas duas gerações apresentam casos extremos e atípicos de modelos. De um lado, estão as capacidades de P&D de universidades e empresas e de outro, as necessidades do mercado. No entanto, isoladamente, esses modelos se mostraram incapazes de explicar as relações existentes entre demanda de mercado, capacidade tecnológica e inovação (Rothwell, 1994).

Na sequência, a terceira geração, atribuída a Rothwell, Rothwell e Zegveld (1985), conhecida como “coupling model” ou “combined model”, faz a junção entre a primeira geração e a segunda, ou seja, entre as capacidades tecnológicas e as necessidades do mercado. Em decorrência da restrição crescente de recursos, no início dos anos 70, era preciso aprofundar as bases sobre o conhecimento que conduz a inovação bem-sucedida a fim de reduzir falhas e gastos inúteis. Foi nessa época que inúmeros estudos empíricos foram publicados, permitindo que os processos de inovação fossem modelados, com base em pesquisas sistemáticas em diferentes países e setores da economia.

O coupling model pode ser resumido como “o processo de inovação que representa a confluência de capacidades tecnológicas e necessidades de mercado dentro da estrutura da empresa inovadora” (Rothwell, Rothwell e Zegveld, 1985). Esse modelo, embora introduza algumas interações e feedbacks, maior balanceamento entre P&D e marketing e ênfase na

integração entre essas áreas, de modo geral, possui uma natureza linear, assim como os modelos da primeira e segunda geração. Essa característica foi alvo de críticas posteriores. A Figura 4 apresenta um exemplo simplificado do “coupling model”.

Figura 4 - Processo de Inovação simplificado Coupled Model.



Fonte: Rothwell (1994) e Hart *et al.* (2003).

A quarta geração ocorre no início da década de 1980 e vai até final da década de 1990. Período em que começa a forte competição entre Estados Unidos e Japão pelo mercado mundial. Nesse cenário, ocorreu a conscientização da necessidade do desenvolvimento de uma estratégia global (Kogut, Hood e Vahlne, 1988), o que levou grandes e pequenas empresas a formarem alianças estratégicas (Hagedoorn, 1990), muitas vezes, com o estímulo do governo (Rothwell e Dodgson, 1992).

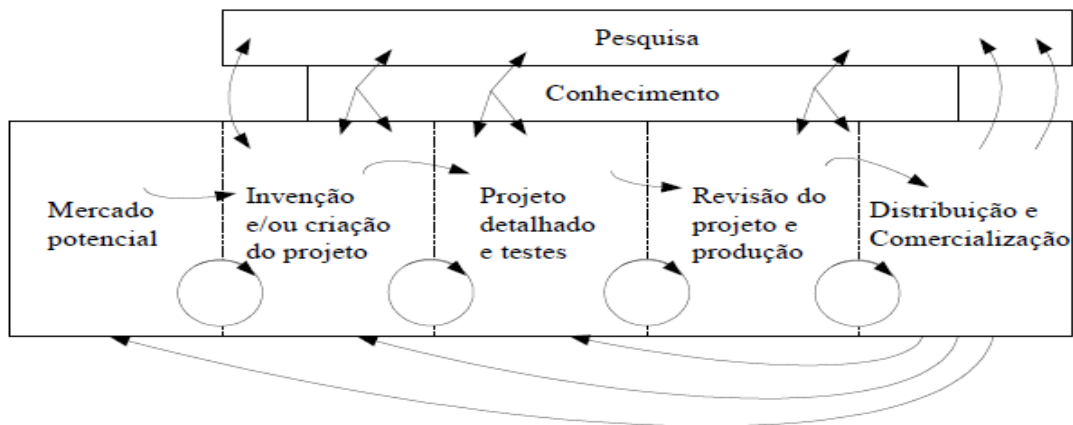
O encurtamento do ciclo de vida dos produtos requeria maior velocidade nas inovações, e as estratégias baseadas em tempo foram adotadas. E como resultado desse ambiente de competição e alianças, emergiu as duas principais características da quarta geração conhecidas como “desenvolvimento paralelo e integração”. As empresas japonesas integram os fornecedores no desenvolvimento de novos produtos e, simultaneamente, integram atividades de diferentes departamentos internos que trabalham juntas (em paralelo) no projeto (Rothwell, 1994).

Os primeiros a explorarem a fragilidade de modelos lineares foram (Kline, 1985) e (Kline e Rosenberg, 2010). Para os autores, até a primeira metade do século 20, as demandas por novos produtos eram maiores que a capacidade de produção. Esse cenário de forte crescimento industrial da época serviu para explicar bem o Technology push, uma vez que as inovações eram absorvidas rapidamente pelo mercado. Nas décadas seguintes, os avanços

tecnólogos, o aumento da capacidade de produção, a globalização e a internet trouxeram à tona as fragilidades dos modelos lineares.

Portanto, para Kline, Rosenberg e Landau (1986), tanto a primeira geração “Technology push” quanto a segunda “market pull” fazem parte de uma mesma geração. Como a terceira geração também tem características lineares, os autores decidiram propor uma quarta geração que tem como premissa a intensa integração entre os elementos intraorganizacionais. Interações complexas, loops de feedback e inter-relações entre market, P&D, fabricação e distribuição no processo de inovação que são representadas na Figura 5.

Figura 5 - Processo de inovação da quarta geração-colaborativa (Chain Model).

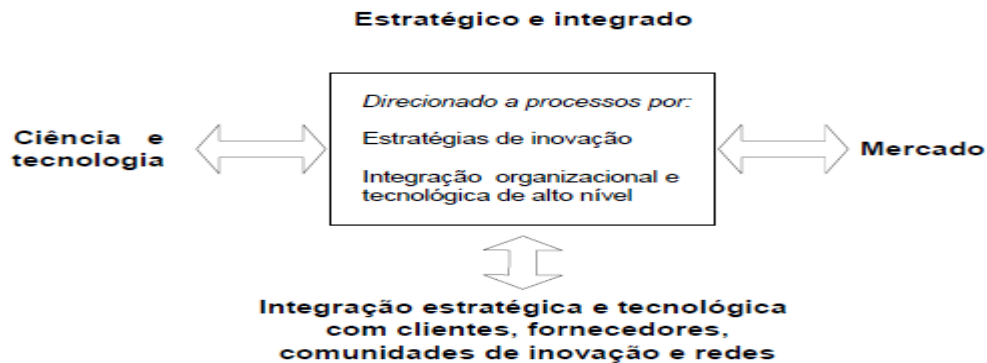


Fonte: Kline, Rosenberg e Landau (1986).

De acordo com os autores, a tecnologia de informação torna-se importante para auxiliar no processo de inovação. A capacidade de modelar processos e otimizá-los com precisão levarão à fusão do design analítico e ao processo de invenção, isso cria uma poderosa vantagem competitiva.

A quinta geração, Figura 6, aprofundou ainda mais as características da quarta geração. Em um processo de contínua mudança, aprofundado pela própria tecnologia, as empresas focam cada vez mais nas estratégias tecnológicas, network estratégica, estratégia baseada no tempo, integração da rede de manufatura, flexibilidade a adaptabilidade, qualidade e desempenho. Existe a ênfase na integração estratégica e tecnológica entre organizações.

Figura 6 - O processo de inovação da quinta geração.



Fonte: Rothwell (1992).

A principal característica da quarta e da quinta geração é a incorporação do feedback durante todas as fases do processo de inovação (Rothwell, 1992). No Quadro 2, encontra-se um resumo simplificado de cada uma das cinco gerações apresentadas.

Quadro 2 - Resumo das gerações de processo de inovação.

	Gerações de Processos de Inovação				
	1°	2°	3°	4°	5°
Nome	Technology push	Market Pull ou Need Pull	Coupling Model	Integrated Model	Paralled and Integrated Model
Período	1950 a meados 1960	Meados de 1960 a início de 1970	Início de 1970 a meados 1980	Início 1980 a início 1990	Início 1990 -
Características	O conhecimento científico produzido em universidades e empresas leva a inovação para o mercado. Mais P&D, mais produtos de sucesso.	As necessidades do mercado e consumidores determinam as inovações.	É a convergência entre a capacidade tecnológica (Technology push) e as necessidades de mercado (Market pull).	Integração da cadeia de fornecedores ao desenvolvimento de produtos. Trabalho em conjunto ou em paralelo com diversos departamentos internos da empresa.	Altos níveis de interação intra e inter empresas são impulsionadas e pelas tecnologias de informação.

Fonte: Adaptação de Rothwell (1994).

Os modelos que envolvem a quarta e quinta geração do processo de inovação fornecem indicativos de que as universidades devem ser capazes de se articular com agentes

internos e externos a fim de potencializar seu papel dentro do processo de inovação. Esse tipo de atuação está de acordo com conceito da tríplice hélice que tem como objetivo incentivar a integração e colaboração entre governos, indústria e universidades na promoção e geração de inovação (Nakwa, Zawdie e Intarakumnerd, 2012).

Assim, as novas gerações de inovação trazem implicações diretas na abordagem de desenvolvimento de novos produtos, porque desestimulam a adoção de perspectivas lineares e rígidas presente nas gerações iniciais como o market pull e Technology push. A inovação aberta é um bom exemplo da evolução dos modelos de inovação.

O termo inovação aberta foi introduzido por Chesbrough (2003) e defende que as organizações não possuem em si mesmas todo o conhecimento e tecnologias necessárias para inovar. Nessa visão, entradas e saídas propositais de conhecimento têm o objetivo de impulsionar a inovação interna, a qual se dá no momento em que empresas absorvem e compartilham ideias, conhecimentos e tecnologias interna e externamente com clientes, fornecedores, concorrentes e universidades.

Fredberg et al. (2008) afirmam que a inovação aberta é concebida, com base nas necessidades das empresas de abrir novos processos de gestão de inovação, combinando tecnologias desenvolvidas interna e externamente com o propósito de gerar valor mútuo.

A inovação aberta contrasta com a inovação fechada. Em um sistema fechado de inovação, as empresas que obtinham vantagens eram necessariamente aquelas com maior investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) interno. Entretanto as empresas que experimentaram o sucesso da inovação fechada, iniciada nas décadas de 50 e 60, atuavam em um contexto bem diferente do que é observado no século XXI. Isso porque o atual fluxo de conhecimento, o acirramento da competição, a mobilidade de profissionais qualificados e a redução do tempo de vida dos produtos exigem que as empresas não dependam exclusivamente de P&D interno para sobreviverem (Rondani e Chesbrough, 2010).

Todavia a inovação aberta não significa a redução do papel do P&D interno nem a eliminação completa da inovação fechada, antes, representa a integração das empresas, dentro de uma rede de cooperação e parcerias que pode ocorrer, por exemplo, pelo licenciamento de inovações para fornecedores da cadeia de valor ou incorporação de soluções. Ou seja, na inovação aberta os benefícios são distribuídos e compartilhados (Rondani e Chesbrough, 2010).

Essas gerações de inovações foram fundamentais, a fim de pavimentar as rápidas mudanças de paradigmas que existem hoje na dinâmica das inovações. Novas abordagens no

processo produtivo emergiram no início do século XXI. Nesse momento, ocorreu uma quarta revolução industrial que eleva o mundo dos negócios a um novo patamar. Essa revolução é chamada de Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 abrange transformações digitais tanto no mercado industrial como no consumo. Engloba desde a fabricação inteligente até a digitalização de todo o canal de valor. Ou seja, é a digitalização e construção de fábricas e canais de distribuição inteligentes (Ardito *et al.*, 2019; Schroeder *et al.*, 2019). Uma das principais heranças tecnológicas da Indústria 4.0 é a “Internet das coisas”, cuja premissa é de que todos os produtos podem ser equipados com recursos de identificação, detecção e rede de processamento que permitirão a comunicação entre si e com outros produtos por meio da internet (Fatorachian e Kazemi, 2018).

Na prática, os produtos de uso diário passam a ser dotados de capacidade de comunicação, programação e rastreabilidade que ampliam suas funções. A integração desses produtos por uma plataforma comum permite que usuários, fornecedores, fabricantes e demais interessados possam obter informações desses produtos com a finalidade de desenvolvimento de novas oportunidades de negócios e inovações (Lyytinen, Yoo e Boland Jr, 2016).

2.1.2 A mensuração da inovação

Nesta seção são resumidos os objetivos e a importância de se mensurar ou avaliar a inovação. São apresentados exemplos, indicadores e desafios.

Um trabalho de destaque internacional que abordou a mensuração da inovação foi realizado em 1992 pela Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Na ocasião, foi apresentada a primeira de quatro versões do manual de OSLO que, dentro do seu escopo do trabalho, apresenta um guia para a mensuração da inovação no âmbito das empresas (Oslo, 2005).

Um exemplo real de mensuração da inovação ocorreu no European Innovation Scoreboard (EIS) em que foram avaliados os pontos fortes e fracos dos sistemas nacionais de inovação de países Europeus e região. Com o mesmo propósito, The Community Innovation Survey (CIS), a cada dois anos, apresenta dados estatísticos sobre o desempenho da inovação em empresas na Europa (Dziallas e Blind, 2018). Vários outros exemplos são detalhados por Adams, Bessant e Phelps (2006) que descrevem diferentes estratégias, modelos mais empregados e áreas de atuação.

A mensuração da inovação auxilia na correta alocação de recursos e na avaliação do desempenho de cada uma das fases do processo (Dewangan e Godse, 2014). Empresas podem obter melhores condições de avaliar o potencial de uma ideia antes mesmo que um determinado produto chegue ao mercado (Dziallas e Blind, 2018).

Não existe uma estrutura comum de mensuração para todo tipo de organização (Gault, 2018), mas, de modo geral, as pesquisas propõem indicadores (Evanschitzky *et al.*, 2012) e fatores críticos de sucesso (Rothwell, 1992). Exemplos mais comuns de indicadores são patentes, orçamentos com pesquisa e desenvolvimento (P&D), número de novas ideias de produtos e porcentagem de ideias com potencial de comercialização (Dziallas e Blind, 2018).

Um dos principais desafios, para a mensuração da inovação, encontra-se no estágio inicial, conhecido como *ex-ante*. Compreende desde a geração de ideias de produtos até as fases que antecedem a entrada do produto no mercado. É o ponto em que se decide se o produto seguirá ou não adiante e em que parte/situação existe maior necessidade de compreensão dos indicadores (Reid e De Brentani, 2004); (Van Oorschot, Eling e Langerak, 2018), (Van Oorschot, Eling e Langerak, 2018) (Eling e Herstatt, 2017).

Essa dificuldade ocorre pela intangibilidade e imprevisibilidade presentes nas fases *ex-ante*. As ideias e as informações sobre reações de consumidores são mais difíceis de serem captadas quando o produto ainda está na fase inicial de desenvolvimento. À medida que o produto se desenvolve dentro do processo, saindo do campo das ideias, as informações se tornam mais tangíveis e mensuráveis (Cooper, 2001).

Um desdobramento da mensuração da inovação é a avaliação do processo de desenvolvimento de novos produtos (DNP) (Page, 1993; Cooper, 2001; Cooper, 2019). Que medir, quando medir (Kirchhoff, Linton e Walsh, 2013) e como fornecer dados concretos são alguns dos temas abordados (Edison, Bin Ali e Torkar, 2013).

A avaliação de DNP pode ocorrer em estágios, em que, após a concretização de cada uma das fases, é feita uma avaliação para determinar se o produto segue ou não para as próximas fases ou portas (Cooper, 2001). Algumas dimensões mais recorrentes para a avaliação de DNP são a dimensão financeira, mercado e produto (Rochford e Rudelius, 1992).

Portanto, além de ser uma prática consolidada, a mensuração da inovação, de produtos em desenvolvimento ou de novas tecnologias tem sido objeto de estudo de um número crescente de pesquisas, uma vez que apresenta como proposta a importante tarefa de minimizar erros e redirecionar esforços a fim de gerar economia de tempo e recursos.

2.2 O Processo de desenvolvimento de novos produtos

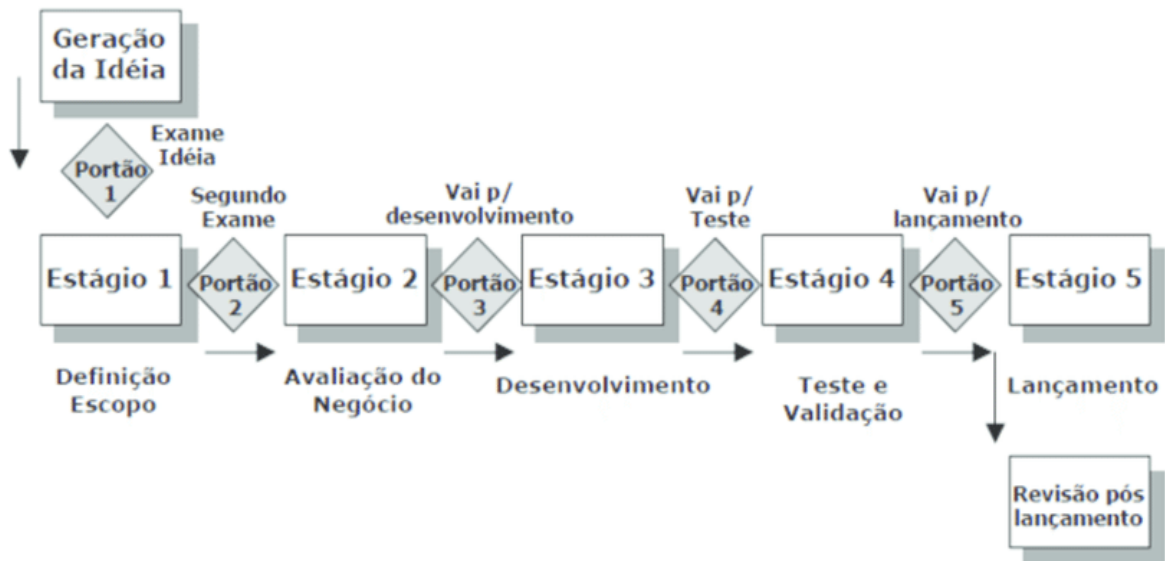
O processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) pode ser resumido como o caminho que se inicia com a concepção de ideias e vai até a entrega de um produto no mercado (Schmidt e Calantone, 1998). Diz respeito a como são investidos e alocados os recursos visando ao lançamento de um produto ou de um portfólio (Cooper, Edgett e Kleinschmidt, 2001).

Quanto maior a capacidade de uma empresa lançar produtos inovadores maior será sua vantagem competitiva. Para que essa relação seja favorável, as organizações devem realizar um gerenciamento integrado do processo de desenvolvimento de novos produtos visando ao alto desempenho e custos condizentes com os anseios dos consumidores (Mundim *et al.*, 2002).

Para auxiliar no alcance de vantagem competitiva, as investigações sobre DNP têm reforçado o conceito de utilização de processos com séries de estágios ou Gates (Cooper e Kleinschmidt, 1986) (Cooper e Sommer, 2018). Essa tem sido uma estratégia amplamente utilizada por empresas de sucesso (Cooper, Edgett e Kleinschmidt, 2001). Ao final de cada um dos estágios, é realizada uma avaliação para se determinar se o produto deve avançar ou ser abandonado. Cada um desses estágios é avaliado com base em diferentes critérios que funcionam como indicadores de desempenho e norteiam os ajustes necessários (Schmidt e Calantone, 1998).

O sistema Stage Gate foi criado por Cooper nos anos 80. Representa os pontos intermediários do processo que vão desde a ideia até o lançamento do produto. Ao longo dos anos, ele se desenvolveu e incorporou diversas práticas. A função do Stage Gate é revisar, harmonizar e sincronizar os resultados periodicamente de modo a atender os requisitos dos clientes (Cooper, 1990). A Figura 7 ilustra uma estrutura simplificada do Stage Gate.

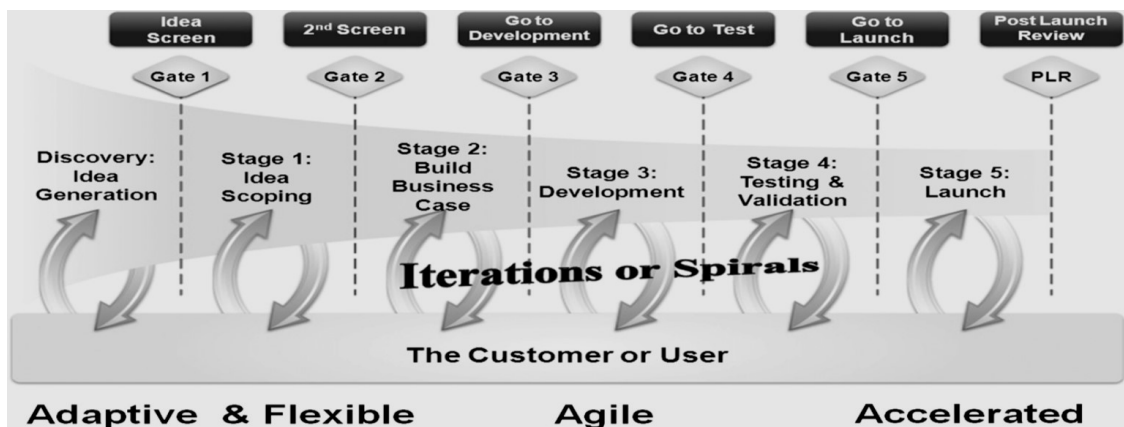
Figura 7 - Representação simplificada do Stage Gate.



Fonte: (Cooper, 2008).

Em decorrência das alterações no cenário mundial, o Stage Gate passou a receber críticas em relação à sua característica linear, rígida, previsível, não adaptativa, não baseada no contexto, com excesso de estruturação dos Gates e burocrática (Lenfle e Loch, 2010). Essas críticas são da mesma natureza das que foram direcionadas aos modelos de inovação market pull e Technology push, o que levou o criador do Stage Gate a desenvolver um novo modelo mais adequado às demandas do mercado. Ele foi chamado de Triple “A” System (Adaptative and flexible; Agile; Accelerated) e se propõe a ser adaptável e flexível, ágil e acelerado (Cooper, 2014). O novo sistema é apresentado na Figura 8.

Figura 8 - O triple A System para o desenvolvimento de produtos.



Fonte: (Cooper, 2014).

O sistema Triple A é um tipo de sistema Idea-to-launch que emerge como um contraponto a sistemas tradicionais como Stage Gate e a abordagem SOP (Standard Operating Procedure). Segue abaixo o significado de cada “A” no sistema Triple A.

A1 - Adaptação e flexibilidade

- a) O produto pode ter menos de 50% de suas características definidas, quando entra em desenvolvimento, mas evolui, adaptando-se a novas informações, à medida que se desenvolve e é testado no processo;
- b) O sistema é flexível, à medida que as ações a cada fase ou gate são únicas a cada tipo de projeto, baseado no contexto do mercado e nas necessidades de desenvolvimento;
- c) Não existe um conjunto padrão ou critérios universais para cada gate. Ou seja, critérios GO/Kill são flexíveis.

A2 - Agilidade

- a) A cada curto espaço de tempo entregar algo em que podem ser demonstradas as partes interessadas em vez de apresentar documentos;
- b) Ênfase na movimentação rápida e ágil de obstáculo para obstáculo, sem burocracia, atividades desnecessárias em qualquer parte do sistema.

A3 - Aceleração

- a) Os projetos no sistema têm recursos adequados, principalmente projetos importantes e são totalmente providos por uma equipe multifuncional dedicada que oferece velocidade máxima ao mercado;
- b) As atividades dentro dos estágios se sobrepõem e até os estágios se sobrepõem; a noção de um “estágio” é menos relevante neste novo sistema;
- c) Projeto com escopo definido e identificação das principais incógnitas, riscos e incertezas o mais cedo possível. Por fim, um suporte de TI robusto é fornecido para reduzir o trabalho, fornecer melhor comunicação e acelerar o processo.

As relações entre os estágios de desenvolvimento do produto que ocorrem dentro e fora da empresa é chamada de “interação”. O ponto do processo em que ocorrem as avaliações é conhecido como “gate”. Segue a descrição mais detalhada.

Interação: vem do conceito apresentado nas gerações quatro e cinco dos modelos de inovação. Deve ocorrer a integração de cadeias de fornecedores ao desenvolvimento de produtos. Trabalhos em conjunto ou em paralelo com diversos departamentos internos da empresa e contato direto com clientes potenciais. Representa alto nível de interação intra e interempresa e são impulsionados pelas tecnologias de informação.

Gate: consiste na primeira etapa do processo de revisão das fases. Segundo o autor, as decisões nos gateways dependem da situação de cada “deliverable” ou de seu grau de maturidade, que deve ir ao encontro dos critérios de passagem do gateway.

As decisões possíveis e as tarefas subsequentes são:

- a) **Contínua:** O projeto está OK e segue sem problemas. Geralmente essa decisão é uma ratificação do "sim" sugerido pelo projeto;
- b) **Contínua condicional:** Algumas pendências precisam ser resolvidas, porém não atrapalham o desempenho do projeto como um todo. É aprovado o plano de ação proposto para resolver essas pendências. É geralmente a ratificação do "sim condicional" sugerido pelo projeto;
- c) **Repete gateway:** As pendências são de extrema importância e apresentam um reflexo significativo no desempenho global do projeto. É aprovado um plano de recuperação para o projeto. É geralmente a ratificação do "não" sugerido pelo projeto;
- d) **Congela:** Essa decisão ocorre geralmente por motivos estratégicos e consiste na paralisação de todas as atividades do projeto para a possível retomada posterior. O bom andamento do projeto e a decisão sugerida apresentam pouca influência nessa decisão;
- e) **Matar:** Consiste em encerrar todas as atividades do projeto. Essa decisão pode ser tomada quando o projeto não cumpre os critérios de avaliação ou se não cumpre satisfatoriamente os critérios de passagem.

Em relação à equipe de trabalho, tanto o sistema Triple A como outros novos sistemas requerem equipes multifuncionais e pessoas dedicadas a projetos que sejam importantes. As diferenças principais entre o modelo antigo de sistemas “Idea-to-launch”, para os novos, podem ser vistas no Quadro 3, proposta-modelo por (Cooper, 2014).

Quadro 3 - Comparação de dois sistemas de “Idea-to-launch”: Diferenças entre o sistema “Stage Gate” e o sistema “Triplo A”.

(Continua)

Idea-to-launch	Tradicional Stage Gate	Sistema Triple A
Sistema	<p>Procedimentos operacionais padronizados;</p> <p>Estágios definidos em forma linear;</p> <p>Atividade pré-específica para cada estágio;</p> <p>Entregas com padrão definido com modelos para cada porta;</p> <p>Atividades de estágio previsíveis, repetitivas e não interativas.</p>	<p>Adaptativa e flexiva, ágil e acelerada;</p> <p>Baseado no contexto. Cada projeto é único;</p> <p>Abordagem de contingenciamento baseada em risco;</p> <p>Interações frequentes. Mais experimental;</p> <p>Ágil e rápido. O projeto move de obstáculo para obstáculo;</p> <p>Estágios sobrepostos.</p>
Definição do Produto	<p>Detalhamento detalhado. Acima de 90%;</p> <p>Baseado na compreensão do cliente e em soluções técnicas.</p>	<p>Especificação entre 40% a 70% do produto;</p> <p>Atualizado como o feedback determina (por espirais de teste de construção de projeto).</p>
Compreensão do mercado e do cliente	<p>Pesquisa de mercado tradicional, ou seja, voz do cliente, visitas ao site, etnografia;</p> <p>Determinação de necessidades e desejos.</p>	<p>Trabalha com clientes reais que representam mercado;</p> <p>Ouve a voz do cliente cedo para determinar as necessidades, problemas e potencial de mercado;</p> <p>Interagem com os usuários por meio de protótipos rápidos, versões betas antigas, etc.</p>
Construindo o produto certo	<p>Segue o design dominante adicionando recursos com valor para o cliente (visíveis melhorias);</p> <p>Enfatize nas inovações focadas no processo e no custo.</p>	<p>Definição de produto, opções técnicas e recursos por meio de protótipos iniciais apresentados para clientes;</p> <p>Busque a confirmação do cliente sobre o design, valor e volume de vendas pelas interações.</p>
Os Gates		
Fluxo	<p>O projeto move de gate para gate;</p> <p>Estágios e Gates muito relevantes.</p>	<p>O projeto move de obstáculos para obstáculos;</p> <p>Decisões Go/Kill são constantemente revisadas;</p> <p>Estágios e Gates menos relevantes.</p>

Quadro 3 - Comparação de dois sistemas de “Idea-to-launch”: Diferenças entre o sistema “Stage Gate” e o sistema “Triplo A”.

(Conclusão)

Os Gates	Tradicional Stage Gate	Sistema Triple A
Critérios Go/Kill	Em grande parte financeira - VPL, TIR, retorno período; Avaliação de risco financeiro versus retorno.	Mais qualitativa e estratégica; Com base no scorecard, com informações não financeiras e critérios financeiros; ECV, preços de opções e Monte Carlo para lidar com risco e opções.
Gatekeepers	Administração sênior e média da unidade de negócio.	Administração sênior e média da unidade de negócio; Os patrocinadores devem ser seniores para garantir os compromissos com os recursos.
Ênfases	Gates entregam grande volume de informação e documentos.	Concentração nos resultados e não na documentação. Ser capaz de apresentar resultados para os interessados.
Requerimentos de entrega	Lista bem definida de saídas para cada gate. Modelo padrão; Muito disciplinado.	Lista de saída existe, mas serve apenas como orientação; Saídas determinadas pelo contexto do projeto.
A Organização		
Estrutura organizacional	Organizado por funções especializadas.	Organização de uma equipe multifuncional responsável pelo projeto; A equipe pode ser uma equipe de risco e / ou operar fora da estrutura organizacional, por exemplo, Skunk Works ou fora do local.
Estrutura do time	Matriz balanceada; O líder do projeto é designado para supervisionar projeto; Membros da equipe atribuídos a partir de departamentos funcionais.	Matriz do projeto; O líder do projeto é designado para liderar e supervisionar o projeto e tem controle sobre os recursos.

Fonte: Adaptação (Cooper, 2014).

A fase inicial da avaliação de DNP é a triagem de ideias. É nessa fase que as ideias impraticáveis são abandonadas. Essa é uma fase mais conceitual e abstrata. À medida que o projeto avança, as informações técnicas e comerciais se tornam mais tangíveis e com maior possibilidade de serem confiáveis (Cooper, 2001). Quando finalmente o produto alcançar o mercado, informações mais completas envolverão as opiniões dos consumidores, comportamento de compra, operação do produto, entrega e canais de comunicação. Ou seja, à

medida que o processo avança, ocorre um aumento da qualidade e quantidade de informações disponíveis para a avaliação do produto.

Segundo (Baxter, 2000), antes que determinado produto chegue ao mercado, ele deve percorrer uma série de etapas planejadas e controladas com base em informações consistentes e com objetivos bem definidos que envolvam interesses e habilidades como:

- a) Os consumidores querem novidades, produtos de qualidade e preços atraentes;
- b) Os vendedores desejam vantagens competitivas;
- c) Os engenheiros de produção desejam facilidade no processo de produção; e
- d) Os empresários querem investimentos e riscos menores com retorno de capital.

Algumas das etapas do DNP encontradas na literatura podem sofrer variações. Diversos autores, Quadro 4, têm sugerido modelos com diferentes quantidades e tipos de fases.

Quadro 4 - Fases do processo de desenvolvimento de novos produtos.

1990	1999	2014	2018
Cooper	Kotler e Armstrong	Cooper	Cooper e Sommer
1. Idea. 2. Avaliação preliminar. 3. Investigação do caso de negócio. 4. Desenvolvimento. 5. Teste e validação. 6. Produção e marketing.	1. Geração de ideias. 2. Triagem de Ideias. 3. Desenvolvimento de teste de conceitos. 4. Desenvolvimento e estratégia de marketing. 5. Análise conceitual. 6. Desenvolvimento de produto. 7. Teste de mercado. 8. Comercialização.	1. Geração de ideias. 2. Escopo da ideia. 3. Construção do caso de negócio. 4. Desenvolvimento. 5. Teste e validação. 6. Lançamento.	1. Ideação. 2. Conceito. 3. Caso de Negócio. 4. Desenvolvimento. 5. Teste. 6. Lançamento.

Fonte: Adaptação de Cooper (1990), Kotler e Armstrong (2000), Cooper (2014), Cooper e Sommer (2018).

Os novos modelos de inovação e desenvolvimento de produtos são claros ao indicar uma abordagem integrada do processo. As atividades não devem ser estritamente sequenciais, mas paralelas. O foco não deve estar nas fases, mas é preciso a compreensão mínima das atividades de cada fase e a mesclagem de funções individuais e atividades multifuncionais(Sun e Wing, 2005).

Com base na análise da literatura, para os fins da presente pesquisa, são definidas as seguintes etapas para o processo de DNP: geração e triagem de ideias, construção do caso de

negócios, desenvolvimento do protótipo, teste e validação, produção, mercado e venda. Segue descrição de cada uma das etapas.

Geração e triagem de ideias: alguma coisa que ainda não foi testada, comprovada. Pode ser um produto ou um serviço. É o embrião de uma invenção expressa por meio de opiniões e pontos de vista que representam uma concepção mental de algo concreto ou abstrato. Seleção e avaliação das ideias mais viáveis e executáveis. São coletadas informações internas e externas.

Construção do caso de negócio: compreensão das demandas e tamanho do mercado, análise de investimentos, recursos necessários, plano de negócio.

Desenvolvimento de protótipo: desenvolvimento do protótipo com base nas necessidades do mercado e de acordo com os recursos disponíveis. Detalhes do design e funcionalidades.

Teste e validação: As funcionalidades são testadas para verificar se atendem ao propósito inicial do produto e se obedecem aos requerimentos técnicos, legais e ambientais.

Produção: manufatura do produto em escala.

Mercado e venda: introdução do produto no mercado por canais corretos e para o público específico.

Portanto o desenvolvimento de novos produtos está inserido no contexto da inovação e, apesar de ser representado por muitos autores como um modelo linear (Cooper, 1990) (Cooper e Sommer, 2018), não deve prescindir de aspectos como a integração, flexibilidade, adaptabilidade, feedback e inter-relações como é recomendado na quarta e quinta geração dos modelos de inovação.

2.2.1 O papel das universidades e das empresas

Por envolver menos riscos, algumas indústrias recorrem à inovação incremental e priorizam melhorias no produto ou no processo de produção. Por outro lado, as universidades possuem um perfil voltado para a pesquisa de base, o que as coloca em um lugar de destaque no início do processo de inovação e reforça seu papel no incentivo da inovação radical nas indústrias. Enquanto as universidades estão ocupadas na criação e disseminação do conhecimento, as empresas produzem e comercializam produtos em um ambiente competitivo (Niedergassel e Leker, 2011).

Trabalhando sob pressão da concorrência e pela busca de resultados, as empresas consideram o fator tempo crucial para o alcance de seus objetivos. Em contraste, o horizonte de tempo nas universidades é mais amplo e a prioridade é tornar públicos os resultados das pesquisas.

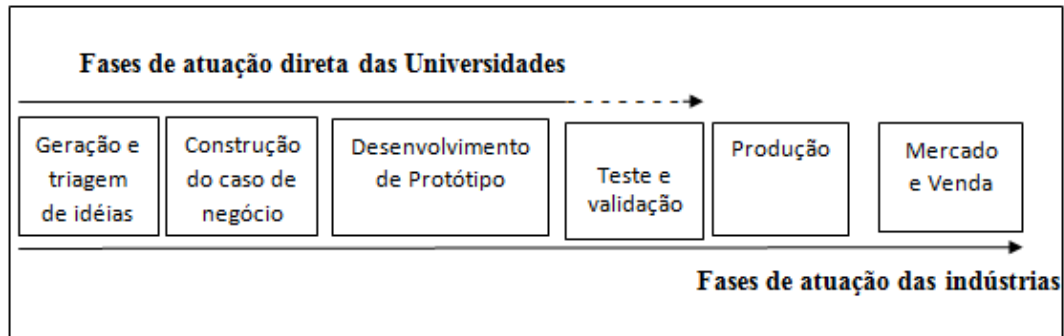
As empresas, por outro lado, preferem o sigilo e agem no sentido de capitalizar com exclusividade as pesquisas (Hall, Link e Scott, 2001). As universidades não produzem inovação, suas funções principais são o ensino e a produção de teorias e modelos que expliquem a realidade da natureza (Pavitt, 1998), enquanto as empresas buscam materializar as pesquisas em produtos ou serviços úteis e rentáveis (Cyert e Goodman, 1997).

As universidades atuam no desenvolvimento de produtos notadamente na fase inicial do processo. Seu limite de atuação vai desde a concepção de ideias até o processo de transferência desse produto para a produção em escala e comercialização (Novickis, Mitasiunas e Ponomarenko, 2017).

Por envolver diferentes interesses e organizações, o processo de transferência de novas tecnologias é uma fase complexa que pode ser operacionalizada, por exemplo, da universidade para a empresa (Good *et al.*, 2019), da universidade para a incubadora (Wonglimpiyarat, 2016) ou da universidade para os spin-off (Soetanto e Jack, 2016), usualmente, lotados dentro de parques tecnológicos (Zouain, 2003).

Na Figura 9, está a representação gráfica do limite de atuação das universidades dentro do processo de inovação. As atividades desenvolvidas geralmente avançam até a fase de desenvolvimento de protótipo. Contudo as universidades também podem atuar conjuntamente às empresas no teste e validação, o que explica a seta tracejada acima dessa fase. As empresas, por outro lado, podem atuar em todo o processo, uma vez que também realizam pesquisas e desenvolvimento de produtos, seja isoladamente ou em parceria com universidades.

Figura 9 - Representação gráfica das fases de atuação das universidades e das indústrias no processo de inovação.



Fonte: Autor da pesquisa.

Essa diferenciação não coloca as universidades em oposição às empresas e tampouco estabelece limites rígidos nos papéis desempenhados. Pelo contrário, inúmeras pesquisas têm sido realizadas para a promoção da interação entre universidades e empresas. O objetivo é agregar as potencialidades e gerar aplicações efetivas nos resultados das pesquisas. Dentre as teorias que abordam essa temática, a mais conhecida é a tríplice hélice.

O modelo da tríplice hélice busca incrementar o desenvolvimento econômico e social pela relação entre universidade, empresa e governo. Foi proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (1995) e desde então tem sido objeto de inúmeras pesquisas. Segundo os autores, é uma estratégia de inovação nacional ou multinacional com foco na interação entre instituições em substituição aos modelos lineares demand pull e Technology push.

Portanto as universidades saem de um modelo linear de longo prazo e são inseridas em um processo de inovação cíclico tanto de longo prazo como de curto prazo. Ou seja, tanto pesquisas de base como as pesquisas aplicadas se complementam. No novo paradigma, ocorre a mesclagem de disciplinas de marketing, pesquisa e desenvolvimento e criação de novos times externos e internos (Etzkowitz e Leydesdorff, 1995).

Os governos investem e reconhecem a importância estratégica das universidades para o desenvolvimento nacional ou regional direcionando melhor os recursos e promovendo avanços sociais. As empresas e universidades, segundo Bagnato, Ortega e Marcolan (2015), compartilham uma série de benefícios como são descritos no Quadro 5.

Quadro 5 - Vantagens da parceria entre universidades e empresas.

Para a empresa
Acessar especialistas, os quais teriam por muitas vezes dificuldade de ter em seu quadro de funcionários;
Acessar laboratórios, equipamentos e técnicas que muitas vezes são economicamente inviáveis de manter em sua própria estrutura;
Acessar Know How restrito a poucas instituições no mundo;
Acessar pessoas com visão diferenciada em relação aos paradigmas da empresa;
Acessar recursos por linhas de inventivos fiscais e fomento à pesquisa, reembolsáveis ou não;
Acessar graduandos, mestrandos e doutorandos com potencial de recrutamento para pessoal especializado.
Para as universidades ou ICT (Instituições Científicas e Tecnológicas)
Acessar informações de mercado e procedimentos de pesquisa da empresa que podem contribuir para a formação de seus alunos;
Acessar equipamentos e infraestrutura de produção e pesquisa não disponíveis em seus laboratórios;
Acessar recursos por linhas de fomento à pesquisa não disponíveis em seus laboratórios;
Acessar recursos financeiros adicionais para a realização de suas pesquisas;
Viabilizar a aplicação de resultados da pesquisa, gerando riqueza e valor para a sociedade;
Possibilitar receitas adicionais por remuneração pela empresa à exploração dos resultados da pesquisa.

Fonte: Bagnato, Ortega e Marcolan (2015).

Nessa dinâmica, as universidades atuam como personagens importantes no processo de criação de tecnologias (novos produtos) que, ao serem transferidas para o setor produtivo, podem ou não culminar em inovação. Elas contribuem ativamente em pesquisas aplicada e de base, orientadas para o desenvolvimento de novos produtos úteis à sociedade, mas a inovação ocorre além de suas fronteiras. Questões ligadas a colocar, manter, produzir, distribuir e acompanhar clientes não fazem parte do escopo das universidades (Teece, 1986).

O levantamento dessas peculiaridades fornece um direcionamento para o alcance do objetivo geral que está relacionado com a identificação de fatores críticos de sucesso para o desenvolvimento de novos produtos em universidades. A delimitação clara da atuação da universidade no processo de inovação permite a exclusão de fatores de sucesso relacionados exclusivamente às atividades exercitadas pelas empresas ou em parceria com elas.

2.3 Estratégias para avaliação do desenvolvimento de novos produtos (DNP)

O objetivo desta seção é apresentar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e a análise de patentes como estratégias de avaliação do Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP). Esta seção, portanto fundamentará a concretização dos objetivos gerais.

2.3.1 Fatores críticos de sucesso

2.3.1.1 Definições

Fatores Críticos de Sucesso (FCS) são as áreas-chave ou áreas mais importantes de uma determinada atividade em que os resultados positivos são indispensáveis ao alcance dos objetivos (Rockart, 1980). São as poucas áreas-chave em que as coisas devem dar certo para garantir o sucesso de um empreendimento e para que os objetivos dos gestores sejam alcançados. São as áreas de desempenho que são essenciais para a organização cumprir sua missão.

A essência dos FCS é a especialização, que significa a concentração de recursos e esforços em fatores que podem oferecer maior vantagem competitiva (Boynton e Zmud, 1984). Os estudos apontam que a quantidade de fatores geralmente varia de 3 a 10 conforme o tipo de atividade ou setor da indústria (Daniel, 1961); (Engelbrecht, Kruger e Saayman, 2014). Cada indústria ou mercado deve possuir seus próprios FCS (Choon-Chiang, 1998) de acordo com seu contexto específico (Axelsson, Melin e Söderström, 2011). Além disso, deve-se observar se o setor é público ou privado por causa das peculiaridades relacionadas a cada setor (Axelsson, Melin e Söderström, 2011).

Bullen e Rockart (1981) elencam suas definições de FCS:

- a) Áreas-chaves de atividades em que os resultados favoráveis são indispensáveis para o alcance das metas;
- b) Áreas-chaves em que tudo deve funcionar bem para o negócio prosperar;
- c) Fatores que são críticos para o sucesso da organização;
- d) Áreas-chaves de atividades que devem receber constante e cuidadosa atenção da gerência; e
- e) Um número relativamente pequeno de assuntos verdadeiros e importantes, sobre os quais um gerente deve focar sua atenção.

O Quadro 6 sumariza outras definições de fatores críticos de sucesso, de acordo com a visão de outros autores, ao longo das últimas décadas.

Quadro 6 - Definições de FCS (Fatores Críticos de Sucesso).

Autor(s)	Citação	Definição
Hofer e Schendel	Strategy Formulation: Analytical Concepts. St Paul, Minn: West Publishing Company, 1978.	FCS são as variáveis da gestão que podem influenciar as decisões e, em consequência, podem afetar de forma significativa as posições gerais de competitividade de várias empresas na indústria.
Munro e Wheeler	Planning, Critical Success Factors and Management's Information Requirements. MIS Quarterly, 4(4): 27-38, 1980.	Os FCS são fatores que determinam o sucesso de uma empresa ou unidade de negócio, ou seja, as tarefas que devem ser bem realizadas de forma a garantir o sucesso. E como tal, são nessas áreas de atividade que a gestão deve tomar atenção de forma prudente e constante.
Grunert e Ellegaard	Psychological aspects of strategic management. Berlin: H. Brandstätter, W. Guerth, 1992.	FCS é uma descrição das principais habilidades e recursos necessários para ser bem-sucedido num mercado, ou seja, são fatores que diferenciam as empresas num mesmo mercado.
Hackey e Dunn	Business information technology management: Alternative and adaptive future. New York: Palgrave, 2000.	Os FCS apresentam a direção ou as atividades individuais nas quais uma organização deve ter uma especial atenção visando alcançar o nível de desempenho essencial para atingir os objetivos desejados.
Heizer e Render	Operations Management. New Jersey: Prentice Hill, 2001.	Os FCS são as principais atividades ou fatores que levam a empresa a alcançar vantagens competitivas.
Bob Brotherton	Critical success factors in UK Corporate Hotels. The service industries Journal, 24(3): 19-42, 2004.	Os FCS são os fatores que devem ser alcançados para os objetivos globais da empresa serem atingidos, o que significa que são de extensão variável e controláveis pelos gestores. Têm características mensuráveis.

Fonte: Monteiro (2012).

Assim, cada gestor deve ser capaz de reconhecer os FCS de sua organização, com base em um conhecimento profundo das especificidades da estrutura organizacional, dos processos e dos produtos, uma vez que os FCS se diferem de empresa para empresa, de setor para setor, de gestor para gestor e alteram no decorrer do tempo (Bullen e Rockart, 1981).

2.3.1.2 Histórico

O conceito de fatores de sucesso começou a ser usado amplamente, na década de 1960, em sistemas de informação por Daniel (1961). Daniel sugeriu que um sistema de informação efetivo deve focar apenas nos fatores de sucesso que determinam o sucesso da organização.

Na década seguinte, esse conceito foi chamado de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) por Rockart e foi usado para identificar quais pontos eram críticos para determinar o sucesso de alguns serviços oferecidos por uma empresa (Anthony, Govindarajan e Dearden, 1998).

A partir do artigo “Chief Executives Define Their Own Data Needs” de Rockart (1979), os FCS ganharam projeção no meio empresarial. Desde então, tem sido vastamente aplicado em gestão (Trkman, 2010), tecnologia (Almajed e Mayhew, 2014), construção (Berssaneti e Carvalho, 2015), projetos (Pinto e Slevin, 1988), dentre outros.

2.3.1.3 Fontes e técnicas de investigação de FCS

A identificação dos FCS é essencial para o planejamento estratégico da empresa. Quando uma empresa compreende os seus fatores, isso passa a ser uma vantagem competitiva. Com base nessa necessidade, Bullen e Rockart (1981) apontam 5(cinco) fontes que podem ajudar os gestores a reconhecerem seus FCS. As fontes são:

A indústria: cada indústria tem seu próprio conjunto de FCS de acordo com a sua natureza. Por exemplo, uma indústria de supermercado tem FCS diferentes de uma indústria automotiva;

Estratégica competitiva e posição da indústria: cada empresa dentro de uma determinada indústria tem sua própria história e sua própria estratégia. Uma empresa inserida dentro de uma indústria sem uma empresa dominante estará preocupada em proteger seu nicho de mercado. Por outro lado, se uma única empresa domina dentro de uma determinada indústria, forçará as demais empresas a terem como FCS entender a estratégia da empresa líder e seus impactos;

Fatores ambientais: são fatores que as organizações têm pouco controle. Os mais importantes são flutuações políticas e econômicas. Algumas companhias ainda são sensíveis a fatores como tendências populacionais e suprimento de energia;

Fatores temporais: são áreas dentro da empresa que se tornam fatores críticos de sucesso por um determinado período em decorrência de um acontecimento inesperado. Por exemplo, uma crise, como a perda de um grande número de executivos em um acidente de avião, geraria o FCS em curto prazo de "reconstrução do grupo executivo”;

Posição gerencial: cada posição gerencial funcional tem um conjunto genérico de FCS associados a ela. Por exemplo, quase todos os gerentes de manufatura estão preocupados com a qualidade do produto, controle de estoque e controle de caixa.

Além dessas cinco fontes citadas, outras oito foram propostas por (Leidecker e Bruno, 1984), dentre as quais se destacam as forças políticas, econômicas e sociais que impactam a indústria à sua performance.

A identificação de FCS pode ocorrer por meio de uma vasta gama de técnicas de investigação. Entre os mais usuais estão os estudos de caso, grupos de enfoque, entrevistas estruturadas e análise de literatura relevante. A coleta dos dados se dá principalmente pela aplicação de questionários (Sousa, 2004).

Outras técnicas relevantes são a Delphi e análise de grupos ou entrevista com especialistas (Khandelwal e Ferguson, 1999). Não há, na literatura, algoritmos que podem ser usados para identificar FCS. A identificação de FCS se dá basicamente por métodos empíricos e prevê, sobretudo, a utilização de entrevistas e técnicas estruturadas. Cada gerente tem, de acordo com sua particularidade, a liberdade de escolher seus FCS.

Embora as entrevistas com gerentes sejam a principal fonte de FCS, podem ser necessárias informações sobre a estrutura do mercado e as percepções dos clientes. Qualquer que seja a fonte, o procedimento para identificação de FCS, segundo (Bullen e Rockart, 1981), possui as seguintes etapas:

- a) Identificar os FCS de cada um dos principais gerentes pela realização de entrevistas;
- b) Mapear os FCS dos entrevistados para identificar FCS em comum ou que tenham sido sugeridos por mais de um gerente. A interseção desses fatores será os FCS procurados;
- c) Cada um dos FCS identificados indicará uma ou mais base de dados os quais deverão ser utilizados no processo de desenvolvimento dos sistemas de informação;
- d) As informações obtidas, a partir dos FCS, deverão fazer parte do planejamento do sistema de informação.

Os gerentes devem saber identificar as informações apropriadas para cada área da empresa que deve conter um conjunto de fatores críticos de sucesso. Como é dispendiosa a construção de base de dados, para cada um dos gerentes, é mais vantajoso adotar o método de fatores críticos de sucesso.

2.3.1.4 Hierarquias dos FCS

Em relação à hierarquia, os fatores críticos de sucesso ocupam basicamente quatro níveis: FCS da indústria, FCS da empresa, FCS das suborganizações (ou departamentos) e FCS dos indivíduos.

FCS da indústria: afetam no desenvolvimento de estratégias, objetivos e metas das empresas. Os FCS devem ser direcionados para a indústria a qual ela pertence;

FCS da empresa: são derivados das estratégias, objetivos e metas da indústria e levam à criação dos FCS da empresa. Servem como embasamento para os FCS das suborganizações (ou departamento). O processo segue por todos os níveis hierárquicos da organização;

FCS das suborganizações ou departamentos: cada departamento sofre a interferência do seu ambiente particular e características temporais. Isso afeta o desenvolvimento de suas metas, objetivos, estratégias e conseqüentemente os FCS;

FCS dos indivíduos: os gerentes de cada nível organizacional possuem FCS individuais que irão depender de seu papel na organização.

Em resumo, os FCS da indústria exercem influência nos FCS de cada empresa (organização). Por conseguinte, os FCS da empresa determinam quais serão os FCS de cada um dos executivos. Por outro lado, cada executivo determinará seus FCS de acordo com sua área de atuação na empresa. Finalmente, os FCS dos executivos também exercerão influência nos FCS dos gerentes. Fica evidenciado que os FCS exercem uma influência top - down que é repetida em cada nível da hierarquia.

2.3.2 Patentes e a sua utilização na previsão de tecnologias promissoras

Nas seções anteriores, foi demonstrado que a inovação é indispensável ao desenvolvimento das nações. Isso significa que ela transforma o conhecimento em benefícios para a sociedade. Inseridas nesse contexto de inovação, as universidades não mais se restringem à formação de mão de obra e se colocam como protagonistas ao incentivarem as empresas, a sociedade organizada ou o poder público a fazerem uso do conhecimento que elas produzem.

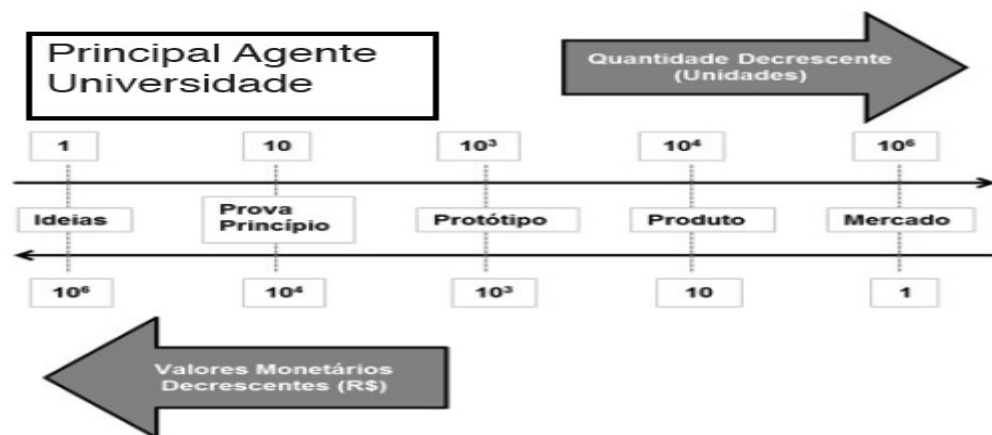
No cenário atual, a parceria entre universidades e entidades públicas ou privadas, visando à pesquisa científica e tecnológica, é de extrema relevância, uma vez que, sem essa

condição, o desenvolvimento tecnológico ficará comprometido. A transferência de tecnologia permite que todas as pesquisas e atividades inovadoras desenvolvidas nas universidades atinjam o setor produtivo. O conhecimento gerado somente será útil se for utilizado por aqueles que façam dele bom uso prático.

Entretanto os caminhos para se concretizar uma inovação envolvendo parcerias entre universidades, empresas e governos, como discutido no modelo da tríplice hélice, são longos e o índice de sucesso é muito baixo. De acordo com (Cooper, 2019), no setor industrial, mesmo depois do desenvolvimento, trabalhos de testes e pesquisas de mercado, apenas 1(um) em cada 10 produtos atingem sucesso comercial. Apenas 13% das empresas relatam que as inovações trouxeram os retornos de lucro esperado. Van Der Panne, Van Beers e Kleinknecht (2003) afirmam que de cada 5(cinco) projetos iniciados, apenas 1(um) apresenta viabilidade inicial.

Na Figura 10, de acordo com Bagnato, Ortega e Marcolan (2015), a cada 1 milhão de ideias que são sugeridas, na fase inicial do processo de inovação, apenas 1(uma) ideia será transformada em produto inovador. Por que isso acontece? Não há uma resposta definitiva e simples para indicar o que causa o fracasso de ideias, entretanto existem algumas formas de avaliação, durante os processos, que podem ajudar a maximizar as chances de sucesso.

Figura 10 - Escala decimal de inovação.



Fonte: (Bagnato, Ortega e Marcolan, 2015).

Antes, porém é preciso salientar que todo o conhecimento gerado seja organizado e registrado em um sistema de propriedade intelectual. Em resumo, um sistema de propriedade intelectual confere direitos e benefícios às criações humanas. São exemplos desses sistemas o

Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) no Brasil e o The United States Patent and Trademark Office (USPTO) nos Estados Unidos. Também existem sistemas maiores que permitem que uma invenção seja patenteada, ao mesmo tempo, em diversos países. Um exemplo é o tratado Patent Cooperation Treaty (PCT), do qual o Brasil é signatário.

Esses sistemas visam à promoção e ao estímulo de novas criações, permitindo que autores e inventores tenham o direito de serem reconhecidos pela obra e o direito de usufruir dos benefícios econômicos resultantes da reprodução e utilização. Além disso, impedem que terceiros não autorizados gozem desses benefícios (Bagnato, Ortega e Marcolan, 2015).

O sistema de propriedade intelectual pode ser dividido em quatro áreas distintas: 1) Propriedade industrial (abrange patentes, marcas, desenho de modelo industrial, indicações geográficas, segredo industrial e concorrência desleal), 2) Direito autoral e conexos (compreendem obras literárias, artísticas e científica, interpretações dos artistas e intérpretes e execuções dos artistas e executantes, os fonogramas e as emissões de rádio difusão), 3) Programas de computador e 4) Proteção seu gene ris (cultivares, topografias e circuitos fechados e conhecimento tradicional). Cada área conta com normas específicas (Bagnato, Ortega e Marcolan, 2015).

As patentes são divididas no Brasil de acordo com o INPI em patentes de invenção e patentes de modelos de utilidades.

Patentes de invenção: as invenções são uma nova solução para um problema técnico específico, dentro de um determinado campo tecnológico, que não poderia ser obtido somente com o conhecimento disponível em referências e outras patentes;

Patentes de modelos de utilidade: modelos de utilidade é um objeto de uso prático, ou parte desse, suscetível à aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo que resulte em melhoria funcional em seu uso e em sua fabricação.

Os três requisitos gerais para que um produto, processo ou aperfeiçoamento sejam patenteados são:

A aplicação industrial: deve ser passível de fabricação em série, ou seja, deve apresentar replicabilidade;

Atividade inventiva: não pode ter um senso óbvio para um técnico no assunto. Isso significa que não pode ser deduzido, a partir do estado da técnica, ou seja, de tudo que já foi divulgado;

Novidade: um produto ou processo é novo quando não tenha se tornado acessível a outro lugar do mundo por qualquer meio de divulgação.

De forma geral, um documento de patente contém informações bibliográficas semiestruturadas, além das informações descritivas que explicam os componentes, princípios e benefícios tecnológicos em detalhes. Os dados de patentes são fáceis de avaliar, são abertos ao público e possuem grande volume de acervos. Por causa dessas características, eles têm sido utilizados em muitas pesquisas sobre inovação e avaliação de tecnologias (Lee e Lee, 2017), (Song, Kim e Lee, 2018).

Acadêmicos e empreendedores têm buscado formas de prever o potencial de pesquisas resultarem em produtos inovadores. Entretanto identificar tecnologias emergentes é problemático, em especial, pela enorme quantidade de informações disponíveis, porém uma avaliação consistente pode representar uma vantagem competitiva ao minimizar riscos que envolvem a pesquisa e desenvolvimento (P&D) (Kyebambe *et al.*, 2017).

As abordagens existentes para realizar esse tipo de avaliação geralmente são classificadas em dois tipos: 1) avaliação qualitativa de especialistas e 2) avaliação quantitativa baseada em dados. A avaliação de especialistas, em geral, é realizada por entrevistas e aplicação de questionários. Dentre as diversas abordagens que utilizam dados, a mais adotada é a análise de patentes (Song, Kim e Lee, 2018), (Lee *et al.*, 2018). As patentes podem fornecer informações relevantes sobre o nível de desenvolvimento da tecnologia ou para investigar tendências em P&D (Jin, Jeong e Yoon, 2015).

Os estudos de patentes podem ser divididos em duas grandes categorias de acordo com a natureza de sua análise. A primeira afirma que tecnologias promissoras são formadas por um conjunto considerável de patentes, ou seja, o somatório de várias patentes forma um campo tecnológico promissor. A segunda categoria tem seu foco teórico de análise em cada patente individualmente. O objetivo é encontrar uma patente valiosa e não um conjunto de patentes que, em tese, formam um campo tecnológico valioso (Song, Kim e Lee, 2018).

Nesse tipo de estudo, a análise de citações de patentes é um dos métodos mais usados para a avaliação preditiva de tendências tecnológicas, como pode ser visto nos trabalhos de Érdi *et al.* (2013); Hasner, De Lima e Winter (2019) e Sharma e Tripathi (2017).

Outros exemplos são: Cho e Shih (2011) que apresentam um método quantitativo para identificar as principais tecnologias e tecnologias emergentes no sistema de inovação tecnológica de Taiwan. Breitzman e Thomas (2015) descrevem o Modelo de Clusters Emergentes, que utiliza técnicas avançadas de citação de patentes para localizar tecnologias emergentes. Joung e Kim (2017) propõem análise técnica, baseada em palavras-chave de patentes, para monitorar tecnologias emergentes.

Apesar da crescente utilização de dados de patentes e da importância do sistema de propriedade intelectual, para garantir os direitos do pesquisador ou inventor, é importante apontar algumas limitações, conforme descritas no Quadro 7.

Quadro 7- Limitações no sistema de propriedade intelectual e da utilização de dados de patentes para a previsão de tecnologias emergentes.

	Limitações	Referência
Utilização de dados de patentes para previsões de tecnologias emergentes	Embora vários estudos anteriores tenham sugerido novas abordagens, para identificar tecnologias promissoras, poucos deles investigaram a trajetória evolutiva real das tecnologias que eles previram ser promissoras.	(Song, Kim e Lee, 2018)
	Estudos existentes se baseam principalmente em atributos tecnológicos para a avaliação de tecnologias promissoras e ignoram a necessidade de mercado.	(Song, Kim e Lee, 2018)
	São necessárias análises adicionais, para melhorar os índices de patente, que descrevem as características das tecnologias em seu estágio inicial de desenvolvimento.	(Song, Kim e Lee, 2018)
	O período de coleta de dados de patentes pode causar diferença nos resultados.	(Song, Kim e Lee, 2018)
	A frequência de citação aumenta com o tempo, o que resulta em desvantagem para as patentes recém-publicadas. Isso pode gerar uma distorção quando a análise é feita por quantidade de citações.	(Song, Kim e Lee, 2018); (Mariani, Medo e Lafond, 2019)
	Embora muitas invenções recebam uma patente, apenas uma pequena fração delas representará avanços tecnológicos "importantes" ou terá um impacto significativo no mercado.	(Mariani, Medo e Lafond, 2019)
	Os estudos não são eficazes, quando uma tecnologia está nos estágios iniciais do desenvolvimento da tecnologia e não podem incorporar as características multifacetadas da tecnologia emergente nas análises.	(Lee <i>et al.</i> , 2018)
	Uma nova oportunidade de negócios pode vir de uma combinação de tecnologias e não de uma única tecnologia. Portanto uma tecnologia promissora pode depender de desenvolvimentos de outras tecnologias para se tornar comercialmente viável.	(Lee e Lee, 2017)
Sistema de propriedade Intelectual	Patentes com valor comercial maior podem ser priorizadas em detrimento daquelas com valor social.	(Lee <i>et al.</i> , 2018)
	Burocracia e barreiras administrativas são apontadas por inventores e empreendedores como outra razão muito importante da baixa inovação e atividades intelectuais.	(Mingaleva e Mirskikh, 2013)
	Insuficiência de especialistas competentes no campo da propriedade intelectual.	(Mingaleva e Mirskikh, 2013)
	Empresários e inventores mencionam baixo nível profissional de agentes de patentes com falta de conhecimento e experiência prática.	(Mingaleva e Mirskikh, 2013)
	O fortalecimento dos sistemas de propriedade intelectual afeta negativamente o volume do comércio agrícola, sendo os países em desenvolvimento os mais afetados negativamente.	(Campi e Dueñas, 2016)

Fonte: Autor da pesquisa.

A análise do Quadro 7 indica que as conclusões de estudos, envolvendo análise de patentes, devem ser feitas com cautela. Apesar de representar um avanço, é preciso levar em consideração as limitações que podem comprometer os resultados das avaliações. De igual modo, o penoso processo de submissão de patentes, no sistema de proteção intelectual, principalmente de países em desenvolvimento, pode representar, em alguns casos, uma dificuldade extra para o desenvolvimento de novas tecnologias.

2.4 O Biospeckle Laser (BSL)

A utilização de fontes de laser ao monitoramento de atividades biológicas, em amostras orgânicas, iniciou-se com os trabalhos de Briers (1975) na agricultura e Fercher e Briers (1981) na medicina. Na medicina, encontrou aplicações em medição de fluxo de sangue (Briers e Webster, 1996); tremor de olhos (Kenny, Coakley e Boyle, 2013) e alteração de tecido muscular (Maksymenko, Oleksandr P, Muravsky, Leonid I e Berezyuk, Mykola I, 2015). Na agricultura, foi utilizado em pesquisas com análise de sementes (Braga Jr *et al.*, 2003), maturação de frutos (Xu, Joenathan e Khorana, 1995; Costa *et al.*, 2017), análise de carne (Amaral, I. C. *et al.*, 2013), entre outros.

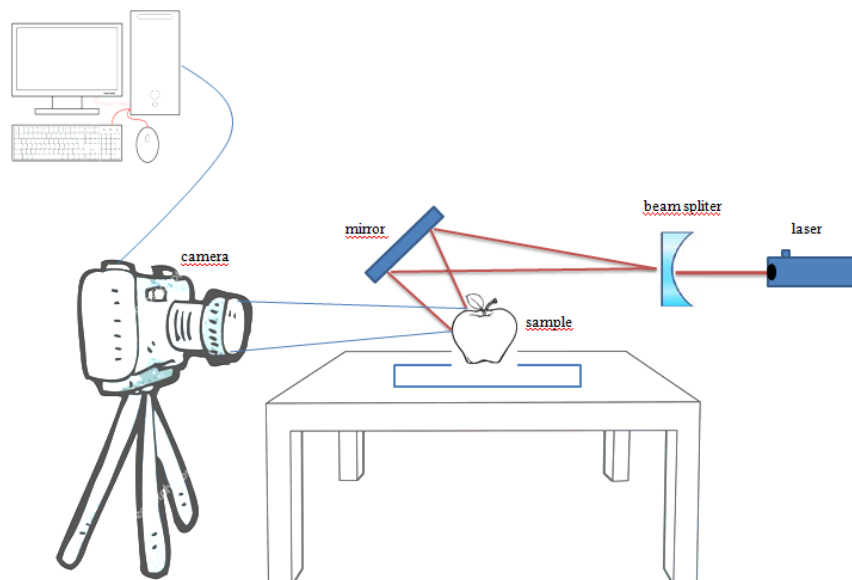
Quando uma amostra de material biológico é iluminada por uma fonte de luz coerente como o laser, ocorre o espalhamento da luz sobre o material que forma um fenômeno de interferência representado por imagem granular conhecida como laser speckle (Daintry, 1975). Esse fenômeno se torna dinâmico, à medida que os dispersores de luz mudam de posição por influência dos mais diversos fenômenos físicos, químicos e biológicos, presentes no material iluminado e passa a ser chamado de “biospeckle laser” ou “dynamic laser speckle”.

A lógica de utilização do BSL é encontrar correlações entre os movimentos provocados pelos dispersores de luz e as atividades biológicas e físicas presentes numa determinada amostra, para, em seguida, criar um índice mensurável dessa relação, tornando possível descrever, diagnosticar ou prever comportamentos de forma não invasiva (Rivera e Braga Jr, 2017).

Os maiores avanços ocorreram com o surgimento de câmeras modernas conhecidas, como CMOS ou CCD (Braga, 2017), dos lasers de estado sólido (Ahmed, 2003) e o desenvolvimento de funções matemáticas, estatísticas e softwares (Braga, Rivera e Moreira, 2016).

Na Figura 11, segue uma representação de como ocorre o setup ou configuração dos equipamentos em um experimento. Resumidamente, o processo ocorre com o posicionamento do laser de forma que seu feixe fique direcionado a uma determinada área de uma amostra que se deseje analisar. Em geral, é colocada uma lente para expandir o feixe e, em consequência, a área iluminada. Uma câmera faz a captura das imagens e as envia para um computador para serem processadas por um software específico. O objetivo final é identificar, por meio do processamento das imagens capturadas, padrões que possam ser correlacionados com algumas características física, química ou biológica da amostra.

Figura 11 - Configuração dos equipamentos para pesquisas com BSL.



Fonte: Autor da pesquisa.

2.4.1 Tipos de pesquisas realizadas com BSL

Para enquadrar as pesquisas com Biospeckle Laser dentro de um modelo que retrate sua interação entre a ciência e a tecnologia, será realizada uma breve síntese de alguns modelos existentes. O primeiro se baseia em Bush (1945a) que defende um distanciamento e diferenciação entre a pesquisa básica e a pesquisa aplicada. Para Bush, as pesquisas devem ter como objetivo a compreensão da natureza e seus fenômenos. A aplicação do resultado dessa pesquisa, para a solução de problemas da sociedade, fica sobre a responsabilidade de outro tipo de pesquisador.

O segundo modelo é o de Gibbons que argumenta em favor de dois modos de produção de conhecimento. O modo 1 engloba o conhecimento tradicional produzido nas universidades e centros de pesquisas que são materializados pela publicação de resultados em periódicos. No modo 2, o conhecimento ocorre como fruto de descobertas e invenções demandadas pela necessidade de solução de problemas que ocorrem nas indústrias e na sociedade. Diferentes tipos de cientistas e profissionais se organizam, de acordo com suas habilidades em torno do problema a ser resolvido. A validação do problema ocorre, principalmente pela solução do problema e não apenas pelas publicações (Perucchi, 2015).

Finalmente, o modelo 3, proposto por Stokes, que será usado para a caracterização do BSL, não trabalha com a ideia de separação da pesquisa aplicada e a pesquisa de base, da separação entre tipos de pesquisadores e de objetivos diferentes. Pelo contrário, a condução de pesquisas deve ser voltada simultaneamente para o entendimento dos fenômenos naturais e sua aplicação prática (Perucchi, 2015).

Stokes sintetiza sua visão no quadrante presente na Figura 12. Ele cruza a relação entre pesquisa básica (entendimento) e pesquisa aplicada (uso). No quadrilátero, o canto superior esquerdo é o quadrante de Bohr que representa a busca de conhecimento, mas sem considerações sobre seu uso; o canto superior direito está o quadrante de Pasteur que representa a síntese entre pesquisa básica e a pesquisa aplicada desenvolvidas de forma integrada. O quadrante inferior esquerdo engloba a totalidade de pesquisas que exploram sistematicamente fenômenos naturais particulares sem preocupação com o uso e entendimento. Por fim, no canto direito inferior, está o quadrante de Edison simbolizando toda a pesquisa pura aplicada.

Figura 12 - Quadrante de Pasteur.

		Considerações de uso	
		Não	Sim
Busca de entendimento fundamental?	Sim	Pesquisa básica pura (Bohr)	Pesquisa básica inspirado pelo uso (Pasteur)
	Não		Pesquisa aplicada pura (Edison)

Fonte: (Perucchi, 2015).

Com base no quadrante de Pasteur, as pesquisas com BSL são aplicadas, porque apresentam uma clara intenção de uso. Diversos artigos sobre o tema trazem inúmeras aplicações. Simultaneamente, também são conduzidas pesquisas de base no sentido de compreender as interações entre os fenômenos óticos e as amostras biológicas utilizadas nos experimentos. Assim, o BSL está situado no quadrante superior direito e é categorizado como uma pesquisa básica inspirada pelo uso (Pasteur).

2.4.2 Panorama das pesquisas, patentes e produtos relacionados ao BSL

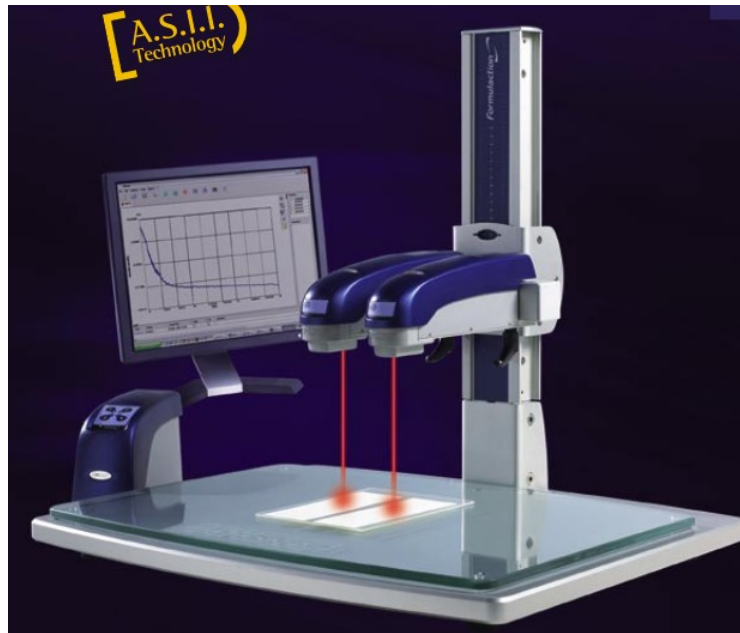
As pesquisas com BSL estão em fase de desenvolvimento dentro do contexto acadêmico e concentram-se em universidades no Brasil, Argentina, Índia e Polônia. Uma parte considerável das publicações recentes, envolvendo o BSL, origina-se de pesquisas realizadas, no Brasil, na Universidade Federal de Lavras (UFLA). O departamento responsável pela condução das pesquisas é o Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA) que está em operação desde 2008.

Outras universidades como a National University of Mar del Plata na Argentina, Department of Applied Physics, Biomedical Optics Laboratory, Indian School of Mines na Índia e Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences na Polônia também conduzem pesquisas com BSL.

Os maiores avanços observados nessa tecnologia foram no processamento de imagens pela evolução de computadores, câmeras e laser. Por outro lado, no contexto das universidades, a técnica precisa superar alguns desafios para sua ampla aplicação em campo. Dentre os principais desafios, está a necessidade de contornar a interferência de ruídos externos sobre o padrão gerado pelo biospeckle em campo, o desenvolvimento de métodos de avaliação de imagens e de hardwares que permitam uma boa interface.

Atualmente, a técnica BSL está presente em alguns produtos disponíveis no mercado. O equipamento mostrado, na Figura 13, tem a finalidade de monitorar a secagem e cura de tintas, cosméticos, resinas e adesivos. A medição ótica do movimento dos dispersores dentro da amostra é em função do tempo. Ao longo do processo, ocorre a redução da ação do speckle por aumento da viscosidade ocasionada pela secagem e cura da amostra.

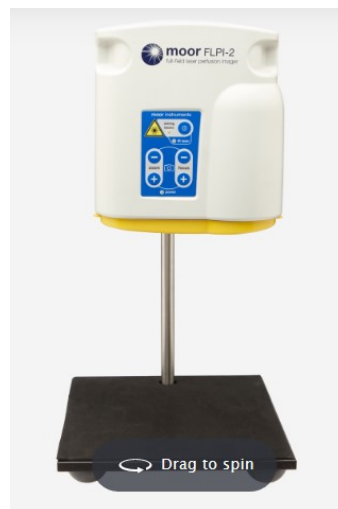
Figura 13 - Produto para o monitoramento da secagem de tintas, resinas, vernizes e cosméticos que utiliza a técnica BSL.



Fonte: Horus Advanced Drying Analysis. 2020. Disponível em: http://www.geochem-ltd.eu/sites/default/files/fajlok/Doc_horus.pdf.

O equipamento da Figura 14 fornece imagens do fluxo sanguíneo, em alta resolução em tempo real, para a aplicação em pesquisas pré-clínicas e clínicas. O equipamento usa a técnica de contraste de speckle a laser. As imagens são obtidas sem contato físico com peles ou outros tecidos expostos cirurgicamente.

Figura 14 - Produto que utiliza o BSL para o monitoramento em tempo real do fluxo sanguíneo.



Fonte: MOOR INSTRUMENTS. Laser Speckle Contrast Imager moorFLPI-2. 2020. Disponível em: <https://www.moor.co.uk/en-us/products/imaging/laser-speckle-contrast-imager/>.

Para que fosse possível obter maior familiaridade, em relação ao desenvolvimento das pesquisas com BSL, ao longo das últimas décadas, foi elaborado um artigo em formato de revisão sistemática da literatura (ANEXO A) com o objetivo de descrever o estado da arte do BSL.

Conforme levantamento realizado no (ANEXO A), as principais aplicações da técnica BSL encontradas na literatura são: a) análises de sementes, b) análises de frutas, c) análise de secagem de tintas à base de água ou sintética e d) fluxo de sangue em tecido humano. Além das aplicações em análise de tinta e de fluxo de sangue feita pelos dispositivos apresentados nas Figuras 13 e 14, as demais possibilidades de uso do BSL também podem ser melhor exploradas comercialmente.

A análise de patentes, que tem como finalidade principal fornecer informações relevantes sobre o nível de desenvolvimento da tecnologia, é investigar tendências em P&D da técnica BSL. Essa análise foi realizada com base em dois tipos de buscas como segue:

a) Buscas das classificações, Quadro 8, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) que englobe todas as aplicações do BSL. O objetivo foi ter uma visão geral de todas as técnicas que cobrem as mesmas áreas em que o BSL tem sido usado. Essa análise permitirá verificar a participação da técnica BSL em relação a outras técnicas dentro de um campo delimitado de atuação tecnológica;

b) O segundo tipo de busca foi com o uso das palavras-chave “biospeckle”, “bio-speckle” e “dynamic laser speckle” nos campos Abstract ou Título. O objetivo foi quantificar e separar as patentes que contêm a técnica BSL como elemento principal da patente. Será possível descrever quem, onde, e quando ocorreu o depósito das patentes com BSL.

Os principais critérios utilizados, na fase de avaliação dos documentos de patentes, foram: a) data do patenteamento; b) identificação do depositante; c) os países onde a tecnologia foi patenteada e d) país de origem e e) detalhes da aplicação da técnica BSL. Além disso, as patentes foram divididas em patente de invenção e modelos de utilidade.

Quadro 8 - Classificação Internacional de Patentes para as áreas tecnológicas em que o BSL é aplicado.

Classificação	Descrição IPC da Área Tecnológica	Aplicação do BSL
A61B5/02	Medir pulso, frequência cardíaca, pressão arterial ou fluxo sanguíneo; Determinação combinada de pulso / frequência cardíaca / pressão arterial; Avaliar uma condição cardiovascular não prevista de outra forma, por ex. usando combinações de técnicas previstas neste grupo com eletrocardiografia; Cateteres cardíacos para medir pressão arterial.	Medição do fluxo de sangue
G01N21/00	Investigação ou análise de materiais pelo uso de meios ópticos, isto é, usando luz infravermelha, visível ou ultravioleta.	Análise de materiais biológicos (sementes, análise de frutas, pele humana)

Fonte: Autor da pesquisa.

A classificação do IPC subdivide a tecnologia em um grande número de campos distribuídos em seções, classes, subclasses, entre outros, e cada grupo é descrito e identificado por uma combinação de letras e números. A primeira divisão, em seções, vai da letra A até a letra H como segue.

A: Necessidades Humanas

B: Executando operações; transporte

C: Química e metalurgia

D: Têxtil e papel

E: Construções fixas

F: Engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, armas, jateamento

G: Física

H: Eletricidade

A cada subdivisão ocorre a limitação progressiva de um campo de atuação da tecnologia. Essa classificação, segundo a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO), é um meio de se obter uma classificação internacionalmente uniforme de documentos de patentes. É base para investigar a estado da arte, em determinados campos da tecnologia e permite a avaliação do desenvolvimento tecnológico em várias áreas.

A pesquisa das patentes foi realizada em quatro bases de dados de propriedade intelectual: Escritório de Patentes e Marcas Registradas dos EUA (USPTO), Escritório Europeu de Patentes (EPO), Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) do Brasil e,

finalmente, o Google Patents, que, de acordo com informações no seu site, cobre mais de 100 bases de dados de patentes em todo o mundo, inclusive as três anteriores. Os dados internacionais correspondem a um período de 43 anos, compreendidos entre 1976 e 2019.

No Quadro 9, está a primeira parte de análise, em que é apresentada a quantidade de patentes com BSL, no período de 1976 a 2019. Foram contabilizados 19 pedidos de patentes distribuídos entre Brasil, China, Estados Unidos, Polônia, Rússia e Canadá. Todos os depósitos de patentes foram realizados no país de origem com exceção de uma patente que teve origem na Nova Zelândia e foi depositada nos EUA.

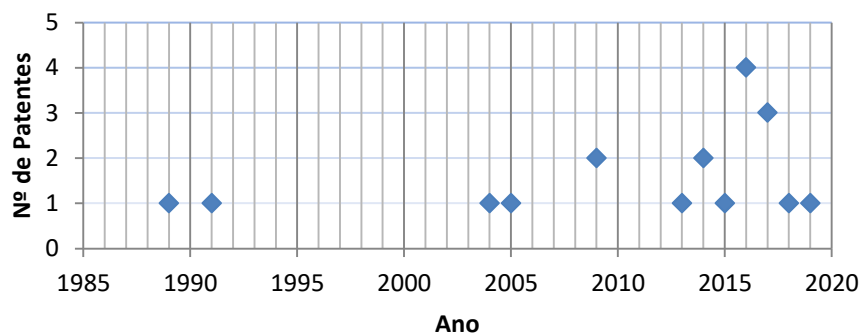
Quadro 9 - Relação dos números de patente em BSL por países no período de 1976 a 2019.

Brasil	BRPI1103990A2	Estados Unidos	US9226661B2
	BR102014023117A2		US9722793B2
	BRPI0401519A		US 20040152989 A1
	BRPI0301926E2		US5020904A
	BR0301926A		Polônia
China	CN104668199A	Rússia	PL401909 (A1)
	CN105606610A		RU2606923C2
	CN108444798A	Canadá	SU1468529A1
	CN109124615A		CA2594010C
	CN105342597A		

Fonte: Autor da pesquisa.

A primeira patente foi identificada em 1989, seguida de outra em 1991. Após um intervalo de quase 15 anos, novas patentes foram depositadas, a partir de 2015, com destaque para 2016 e 2017. Entretanto, nos anos seguintes, houve nova queda na quantidade de patentes, permanecendo no patamar de uma patente por ano, conforme Figura 15.

Figura 15 - Distribuição anual dos depósitos de patentes da técnica BSL.

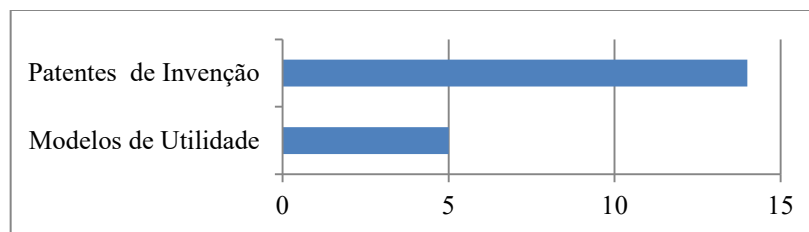


Fonte: Autor da pesquisa.

A Figura 16 traz uma informação importante para a análise da evolução da técnica BSL. A separação de patentes entre a) patentes de invenção e b) modelos de utilidade pode ser um indicativo de quão perto está a técnica BSL de se tornar um produto, porque as patentes de modelos de utilidade são objetos ou artefatos práticos e suscetíveis à aplicação industrial. Por outro lado, as patentes de invenção estão mais relacionadas à dimensão teórica.

Em torno de 25% das patentes são modelos de utilidade e 75% são patentes de invenção. Além dessa diferença considerável, as patentes analisadas possuem aplicação diversificada. Esses dados podem indicar que não existe dentro da comunidade científica a tendência de concentração de esforços para a aplicação do BSL a um objetivo específico e delimitado. O resultado é a inexistência da definição e desenvolvimento de um possível produto.

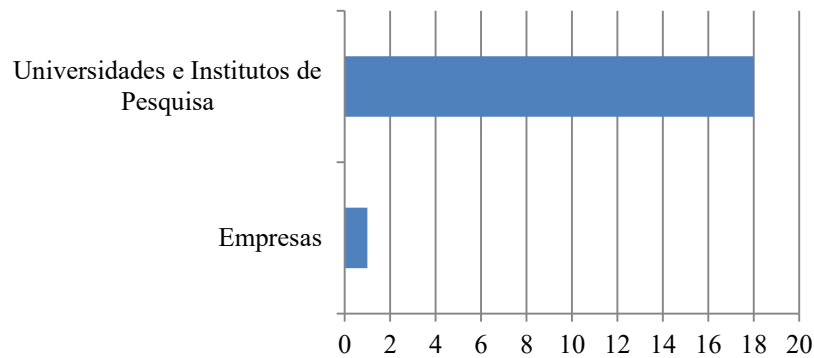
Figura 16 - Quantidade de patentes de invenção X modelos de utilidade.



Fonte: Autor da pesquisa.

Em relação aos detentores das patentes, 95% são de universidades e institutos de pesquisas, Figura 17. Esses dados podem representar tanto um pequeno interesse das empresas pela técnica como uma falha de comunicação entre universidades. Nessa última hipótese, uma comunicação precária impede que o setor produtivo tenha ciência das potencialidades da técnica BSL.

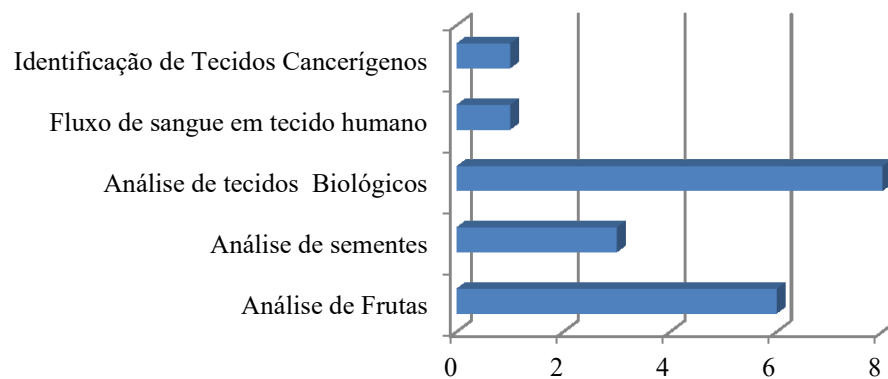
Figura 17 - Tipos de agentes detentores de patentes em BSL.



Fonte: Autor da pesquisa.

Quanto à aplicação das patentes, a Figura 18 mostra que a análise de tecidos biológicos, no geral e, mais especificamente a análise de sementes e frutas, são as áreas de maior interesse. Esse resultado segue a mesma tendência encontrada na revisão sistemática da literatura, presente no (ANEXO A), em que a maioria das pesquisas também são direcionadas para essas aplicações.

Figura 18 - Aplicação das patentes da técnica BSL.

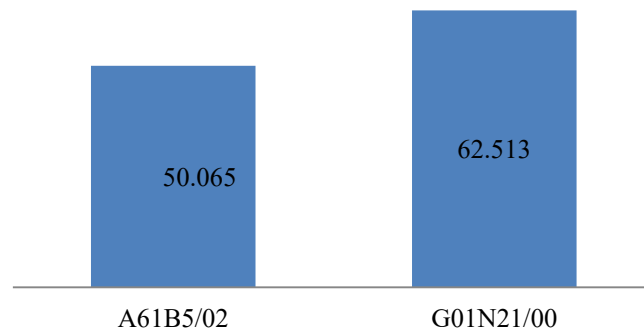


Fonte: Autor da pesquisa.

A segunda parte da análise tem início com a quantidade de patentes, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC), Figura 19. Foram encontradas 112.578 patentes relacionadas com as áreas da ciência em que o BSL é aplicado, 50.065 são referentes à classificação A61B5/02 e 62.513 à classificação G01N21/00. Esse elevado volume de patentes indica que o BSL é aplicado em áreas de relevante interesse da ciência. Entretanto,

do ponto de vista quantitativo, a técnica BSL tem uma representatividade modesta nas áreas de atuação tecnológica delimitadas pelas classificações do IPC.

Figura 19 - Total de patentes dentro da área de atuação tecnológica do BSL de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC).



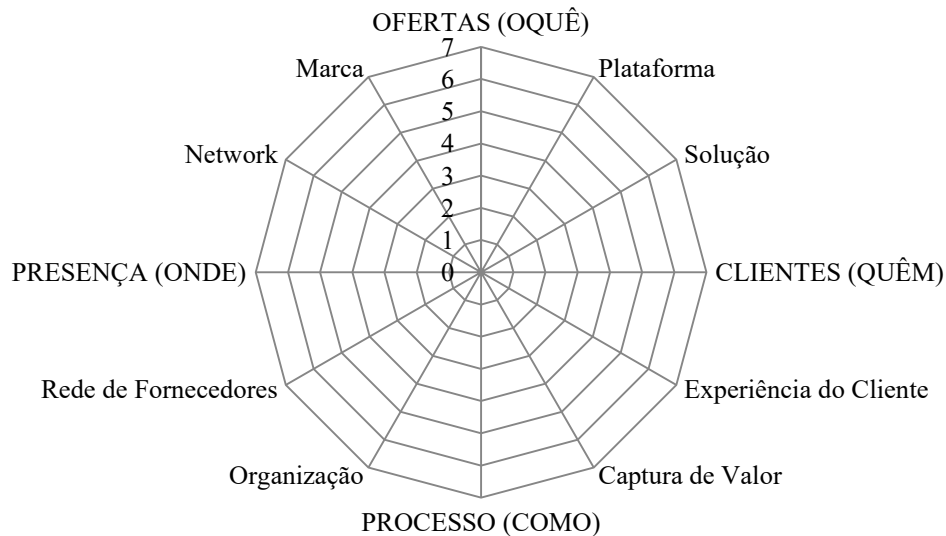
Fonte: Autor da pesquisa.

2.5 Radar Inovação

Segundo Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006), a ferramenta radar inovação apresenta e relaciona todas as dimensões pelas quais uma empresa pode procurar oportunidades de inovar. Suas informações podem ser úteis à identificação de oportunidades e em quais dimensões concentrar os esforços. Além disso, permite uma comparação de estratégias de inovação entre competidores de forma fácil e intuitiva.

O Radar Inovação original é ancorado por 4(quatro) dimensões principais, as quais são as ofertas que uma empresa cria, os clientes que atende, os processos que emprega e os pontos de presença que usa para levar suas ofertas ao mercado. Como em um mapa, essas quatro dimensões principais servem como âncoras de negócios, entre as quais o autor inseriu mais oito fatores secundários, conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Radar Inovação no formato original.



Fonte: Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006).

Segue o resumo do significado de cada uma das dimensões:

- a) **Ofertas:** criação de novos serviços ou produtos;
- b) **Plataforma:** uso de componentes e estruturas comuns à criação ou desenvolvimento de novos produtos;
- c) **Solução:** desenvolvimento de ofertas integradas e customizadas;
- d) **Cliente:** identificação de novas necessidades dos clientes ou a identificação de seguimentos não atendidos;
- e) **Experiência:** interação e contato com o cliente;
- f) **Valor:** a forma que a companhia obtém receitas;
- g) **Processo:** aumento da performance dos processos de fabricação, distribuição, dentre outros;
- h) **Organização:** mudanças na forma, função ou escopo da atividade da empresa;
- i) **Cadeia de fornecimento:** envolve mudanças na cadeia e rede de informação de fornecedores;
- j) **Presença:** novos canais de distribuição e pontos de venda;
- k) **Redes:** uso de tecnologias da informação e comunicação de forma integrada com as ofertas;
- l) **Marca:** expansão da marca para novos domínios.

Assim, o radar inovação é uma ferramenta simples, porém muito eficiente para auxiliar as empresas em uma autoavaliação abrangente. Traça possíveis caminhos para inovação e fornece padrões visuais para a comparação de seu desempenho em relação aos seus concorrentes.

É importante ressaltar que, nesta tese, será proposto um radar inovação adaptado em que cada nova dimensão será encontrada por meio dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo, será conduzida uma revisão da literatura para apresentar pesquisas relacionadas ao tema da presente tese. O objetivo é identificar dimensões e fatores críticos de sucesso para a avaliação de DNP que possam ser utilizados no contexto das universidades. Foram consultados teses e artigos de periódicos nacionais e internacionais. Os resultados apontaram escassez de pesquisas relacionadas ao DNP nas universidades e uma vasta quantidade de pesquisas direcionadas às empresas.

3.1 Dimensões e Fatores críticos de sucesso para o desenvolvimento de novos produtos

O objetivo da tese de Mendes (2008) foi criar um modelo de gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), em empresas de pequeno e médio porte dos setores de Equipamentos de Automação de Controle de Processo (EACP) e de Equipamentos Médicos Hospitalares (EMH). O modelo foi chamado de MREBT. Para a confecção desse modelo, foi necessário identificar FCS e dimensões associados às empresas dos dois setores mencionados. A metodologia para a elaboração do modelo contou com survey em 62 empresas no estado de São Paulo onde foram adotados procedimentos qualitativos e quantitativos.

Foram identificadas cinco dimensões: orientação estratégica, processo, organização e liderança, avaliação e desempenho e recursos e ferramentas. Dentre os FCS estão os diferenciais do produto, orientação para mercado, disponibilidade de recursos, nível de interação entre departamentos, desempenho das atividades técnicas, avaliação do desempenho, envolvimento e suporte da alta administração, tamanho e potencial do mercado, competitividade, entre outros.

Na tese elaborada por Padrão (2011), foi proposto um modelo de desenvolvimento de produtos para empresas de base tecnológica incubadas. Foi realizado um survey com 170 empresas situadas em todas as regiões do Brasil. Essas empresas são principalmente dos setores de softwares, telecomunicações e eletroeletrônico. O modelo foi operacionalizado por meio de equações estruturais e tem origem em outro modelo existente. A novidade é a inserção das dimensões suporte de marketing da incubadora e orientação empreendedora dos empresários. O autor conclui que existe relação entre essas duas dimensões e o desenvolvimento de produtos de base tecnológica.

Para compreender quais fatores são responsáveis pelo sucesso no mercado de produtos ambientalmente sustentáveis, Medeiros (2013), em sua tese, realizou estudos em múltiplos setores da indústria de transformação. A metodologia foi composta por uma revisão sistemática da literatura para encontrar os fatores de sucesso. Logo depois, uma pesquisa de campo focou na identificação dos atributos da indústria moveleira e automobilística. Em seguida, em uma pesquisa quantitativa, foi verificado o valor percebido pelos clientes em produtos sustentáveis. Também foi realizada uma pesquisa teórica. A estrutura da tese foi composta por quatro artigos. As dimensões encontradas foram conhecimento do mercado, colaboração interfuncional, aprendizagem orientada à inovação e domínio tecnológico.

Valeri (2000) identificou, em sua tese, fatores críticos de sucesso dos processos de desenvolvimento de produtos da indústria automotiva do Brasil na região sul-fluminense. Após uma revisão da literatura, para a identificação de FCS, foram elaboradas oito hipóteses que, em seguida, foram testadas junto a executivos de duas montadoras de veículos. Questionários e entrevistas foram avaliados estatisticamente e definidos os seguintes fatores: gerenciamento de custos e orçamentos; gerenciamento de tempo e prazos, posicionamento estratégico definido para o produto, atendimento das necessidades dos clientes, alinhamento organizacional, características do time de desenvolvimento e processos de trabalho estabelecidos pelas organizações para o desenvolvimento de seus produtos.

Sarja (2016) definiu em sua tese um conjunto compacto de fatores críticos de sucesso para tecnologias de informação e comunicação dentro do contexto de Technology push (TP). Um estudo empírico com entrevista semiestruturada validou os FCS encontrados na literatura. No total, 13 fatores foram divididos nas dimensões mercado, produto, gestão e organização, como apresentado, a seguir:

- a) **Mercado:** foco na necessidade do cliente; métodos market pull, desenvolvimento de mercado, estudos alternativos, tempo de adoção;
- b) **Produto:** produtos difíceis de serem adotados, ciclo de vida, preencher uma necessidade não reconhecida e vantagens tecnológicas;
- c) **Gestão:** suporte de gestão, grau de financiamento;
- d) **Organização:** habilidades da equipe de projeto, Networking.

Montoya-Weiss e Calantone (1994) analisaram uma série de pesquisas empíricas sobre os fatores que influenciam os resultados do desenvolvimento de novos produtos. Eles

conduziram uma revisão da literatura e notaram uma grande variedade de desenhos de estudos, características de conjunto de dados, variáveis de operacionalização e abordagens metodológicas. Usando meta-análise, eles tentaram sintetizar os estudos empíricos, para que pudessem servir de base a futuras pesquisas. Seguem abaixo os 18 fatores em quatro dimensões considerados predominantes na determinação da performance do DNP.

Dimensão estratégica

Vantagem do produto.

Sinergia tecnológica.

Sinergia de marketing.

Recursos da companhia.

Estratégia.

Dimensão do desenvolvimento de processo

Protocolo.

Proficiência em atividades técnicas.

Proficiência em atividades de marketing.

Proficiência e pré-desenvolvimento.

Suporte e habilidade da alta gerência.

Análise financeira de negócios.

Velocidade para o mercado.

Custos.

Dimensão de ambientes de mercado

Potencial de mercado.

Ambiente.

Competitividade de marketing.

Dimensão organizacional

Relações internas e externas.

Fatores organizacionais.

Sobre o desenvolvimento de novos produtos, Cooper e Kleinschmidt (1995) mostram as diferenças entre os fatores críticos de sucesso em nível de projeto e os fatores em nível da empresa. No primeiro caso, a atenção é voltada para decisões do tipo go/no-go, baseado principalmente em alocação correta dos recursos, com visão mais limitada e internalizada do processo. Em contrapartida, no nível da empresa, benchmarking (comparação de produtos, serviços e práticas entre diferentes empresas) coletado entre diferentes empresas é útil para identificar aquelas que apresentam desempenho superior, ajudando na identificação de fatores que não são aparentes, com foco apenas nos projetos.

Para possibilitar essa análise macro, um estudo envolvendo 135 empresas de diversos setores resultou em nove fatores: alta qualidade do processo do novo produto, comunicação clara e satisfatória das estratégias para toda a empresa, recursos adequados, comprometimento da gerência sênior com novos produtos, um clima empreendedor para inovação de produtos, accountability dos gerentes sênior, foco estratégico e sinergia, equipe de alta qualidade, equipes multifuncionais.

Cooper (2019) tem realizado várias pesquisas sobre FCS para produtos em desenvolvimento nos últimos anos. Ao contrário de outros autores, em seu trabalho mais recente, ele defende a universalidade do FCS nas indústrias e, pela análise de pesquisas anteriores, identifica vinte FCS que foram divididos arbitrariamente em três categorias resumidos no Quadro 10.

Quadro 10 - As três categorias dos fatores de sucesso para o desenvolvimento de novos produtos na indústria.

Fatores de sucesso de projetos de novos produtos individuais	Fatores de sucesso para negócios: organizacionais e estratégicos	Fatores de sistema e de processo
Produto único e superior; Produtos voltados para o mercado e voz do cliente; Trabalho de pré-desenvolvimento (dever de casa); Definição de produtos precisos, precoces e baseados em fatos; Desenvolvimento iterativo em espiral - criar, testar, comentar e revisar; O produto mundial - uma orientação global; Planejando e fornecendo recursos para o lançamento.	Aproveitando as principais competências - sinergia e familiaridade; Segmentação de mercados atraentes; Recursos necessários; Equipes multifuncionais eficazes; O ambiente certo - clima e cultura; Suporte de gerenciamento superior.	Um sistema multiestágio e disciplinado de Idea-to-launch; Velocidade - mas não à custa da qualidade de execução; Construindo ágil em sistemas tradicionais de controle B2B; Ideação eficaz; Qualidade de execução.

Fonte: Cooper (2019).

Balachandra e Friar (1997) realizaram uma extensa revisão da literatura para descobrir se existe concordância sobre os fatores que levam ao sucesso ou ao fracasso no desenvolvimento de novos produtos e projetos de P&D. A primeira conclusão é que a lista de fatores é muito longa, mesmo com uma abordagem conservadora. Segundo, ao comparar os fatores entre os estudos, constataram que diferentes autores descobriram que a magnitude da significância e a direção da influência variam. Terceiro, dadas as diferenças de contexto, o significado de fatores semelhantes também pode variar. Foram encontrados 72 fatores distribuídos entre FCS e P&D.

Os fatores foram classificados em quatro tipos. Os relacionados com o mercado (M), relacionados com a tecnologia (T), relacionados com a organização (O) e relacionados com o ambiente (A). Para maior objetividade, são listados no Quadro 11 apenas os fatores mais citados.

Quadro 11 - Fatores críticos de sucesso relacionados ao mercado (M), tecnologia (T), organização (O) e ambiente (A).

Fator	Tipo	Fator	Tipo
Análise inicial do mercado e do lucro.	M	Criação de interface com o mercado.	O
Necessidades e desejos dos consumidores.	M	Ênfase no mercado.	O
Valor percebido.	M	Alto nível de apoio gerencial.	O
Ambiente competitivo.	A	Mercados e tecnologias são pontos fortes.	O
Demand-pull x Technology push.	T	Fontes de ideias de projeto.	O
Produto incremental.	T	Estratégia de tecnologia alinhada com a estratégia de mercado.	O
Canais de distribuição.	O	Treino e habilidades da equipe.	O

Fonte: Balachandra e Friar (1997).

O trabalho de Hart *et al.* (2003) é relevante para auxiliar na compreensão de como é a avaliação dos gates no processo de desenvolvimento de novos produtos. A pesquisa com 166 gerentes mostra que cada gate é avaliado por diferentes critérios como viabilidade técnica, potencial de mercado, vendas em unidades, qualidade, satisfação do cliente, entre outros. Critérios, como viabilidade técnica, intuição e potencial de mercado, são mais relevantes nos estágios iniciais do processo de DNP. Nas fases finais, são mais relevantes critérios como performance do produto, qualidade e ficar dentro do orçamento de desenvolvimento.

Além disso, foi constatado que em cada gate existe a ênfase maior ou menor em dimensões como aceitação de mercado, performance financeira e performance do produto. Os resultados apontaram que a dimensão aceitação do mercado é relevante em todos os gates do processo de DNP. Por outro lado, a dimensão financeira é mais importante nos gates de análise de mercado e após o lançamento do produto.

São exemplos de critérios de avaliação considerados na pesquisa: aceitação dos clientes, satisfação dos clientes, crescimento de vendas, divisão de mercado, vendas em unidades, manter-se dentro do orçamento, qualidade, intuição, entre outros. Em suma, cada um dos critérios de avaliação são encontrados em todos os gates, o que difere é a ênfase dada a cada um desses critérios no decorrer do processo.

Yeh e Chen (2018) realizaram um estudo para entender quais são os FCS que influenciam a adoção da impressora 3D por parte das organizações. Além da utilização das três dimensões do modelo TOE (technology-organization-environment), foi acrescentada a dimensão custo para identificação dos FCS. O TOE é utilizado para estudos que envolvem a adoção de diferentes inovações. A inclusão da dimensão custo foi introduzida pelas peculiaridades da impressora 3D. Em suma, foram utilizadas as dimensões tecnológica, organizacional, ambiental e custos. Cada uma das dimensões foi avaliada sobre as perspectivas dos departamentos de marketing, produção e P&D das organizações estudadas. A amostra foi composta por empresas de manufatura Tailandesa, nas quais foram entrevistados executivos dos três departamentos citados.

O resultado global dos três departamentos apontou que as dimensões mais importantes são, respectivamente, o custo, tecnologia, organizacional e ambiental. Entre os 13 FCS mais relevantes, estão em primeiro lugar o custo de material, seguido de custo da máquina, custo do software. Segue o detalhamento das dimensões e dos respectivos fatores:

- a) **Dimensão custo:** custo da máquina, custo do trabalho, custo de materiais;
- b) **Dimensão tecnológica:** infraestrutura tecnológica, integração tecnológica, vantagem relativa;
- c) **Dimensão organizacional:** disposição organizacional, suporte da gerência superior e obstáculos gerenciais;
- d) **Dimensão ambiental:** pressão competitiva, expectativas de tendência de mercado, parceiros comerciais e política governamental.

A pesquisa de (Sun e Wing, 2005) teve como objetivo identificar os FCS para o DNP na indústria de brinquedos de Hong Kong. Usando o Biblical Metaphor Model e o método Delphi, foram identificados os FCS para cada uma das fases do processo de DNP. Em seguida, foram verificados quais fatores foram ou não implementados. A pesquisa foi motivada pela crescente competição e ameaça de perda de hegemonia da indústria de Hong Kong para outros concorrentes na Ásia.

As quatro fases definidas para o processo de DNP foram geração de ideias e design conceitual, definição e especificação, desenvolvimento e protótipo e comercialização. Segue o resultado de todos os FCS considerados de alta importância para as respectivas fases. Os fatores que estão em *itálico* também são de alta implementação, ou seja, além de serem considerados importantes pelos gerentes entrevistados, ainda, são realmente implementados durante o processo de DNP.

Fase 1: Geração de ideias e design conceitual

Mercado-alvo claramente definido.

Inovatividade do produto para o mercado.

Liderança do líder do projeto.

Apoio das pessoas qualificadas em P&D.

Geração de ideias por brain storming.

Cooperação interfuncional.

Flexibilidade e capacidade de resposta para mudar.

Fase 2: Definição e especificação

Implementação de padrão de qualidade.

Objetivo claro do projeto.

Considerações de problemas nos estágios iniciais.

O time de projeto tem uma clara visão do projeto.

Liderança do líder do projeto.

Definição da performance do produto.

Estudo de viabilidade do novo produto a ser desenvolvido.

Procedimentos operacionais bem estabelecidos.

Fase 3: Desenvolvimento e protótipo

Comunicação interna com o time de projeto.

O projeto é bem programado e rigorosamente monitorado.

Claro entendimento da operação.

Suporte técnico por equipe de projeto e / ou de apoio.

Teste interno do produto.

Reuniões para revisão de produto.

Fase 4: Comercialização

Entrega do produto para o cliente no tempo certo.

Tempo certo de lançamento.

Preço competitivo do produto.

Disponibilidade de forças de venda e recursos de distribuição.

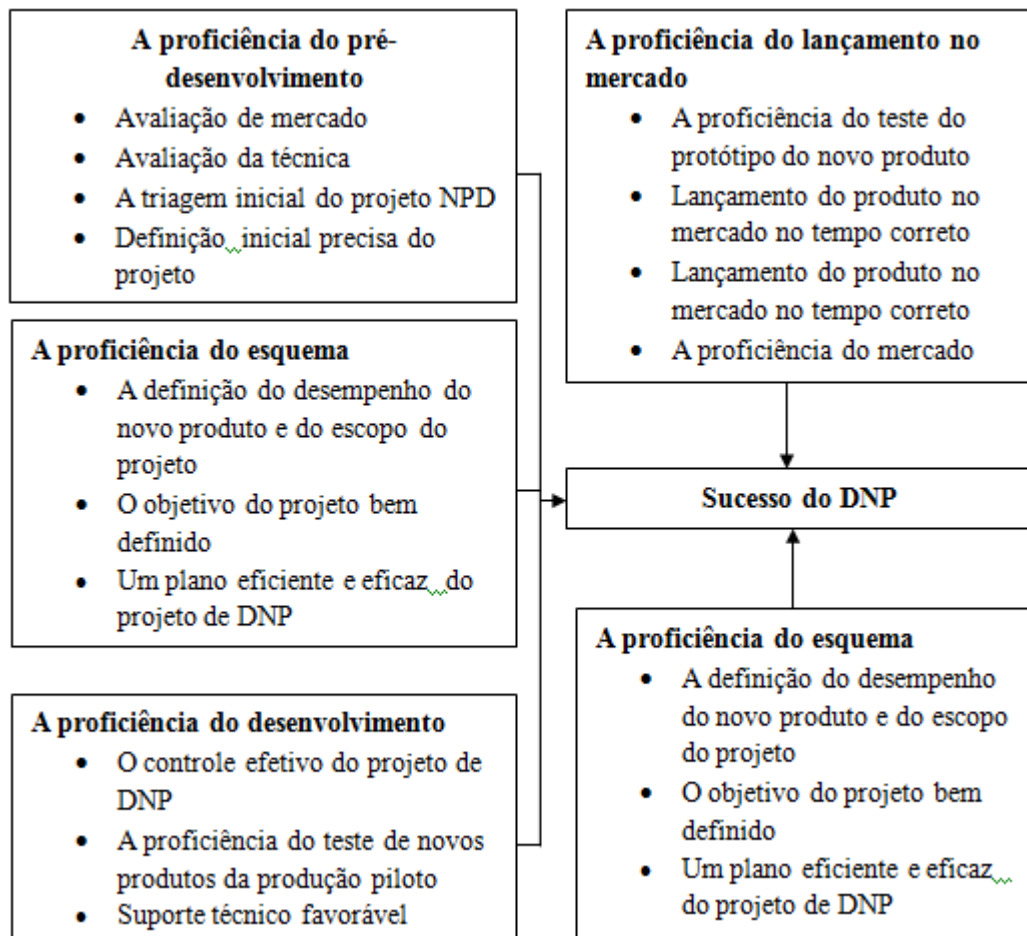
Plano de marketing.

Time de projeto tem uma clara visão do mercado.

Comprometimento do gerente sênior.

Após uma revisão de literatura, Wei, Jun e Lixiong (2008) sumarizaram 19 FCS para o processo de DNP e, posteriormente, aplicaram um questionário a gerentes de 97 empresas de diferentes tamanhos na China. Com 201 questionários respondidos, uma análise fatorial gerou cinco dimensões. O fator F1 foi chamado de proficiência do pré-desenvolvimento, F2 de proficiência do esquema, F3 de proficiência do desenvolvimento, F4 de proficiência de lançamento no mercado e F5 de proficiência de todo o processo. A Figura 21 apresenta os FCS relacionados às cinco dimensões.

Figura 21 - Fatores críticos de sucesso associados às cinco dimensões do processo de DNP.

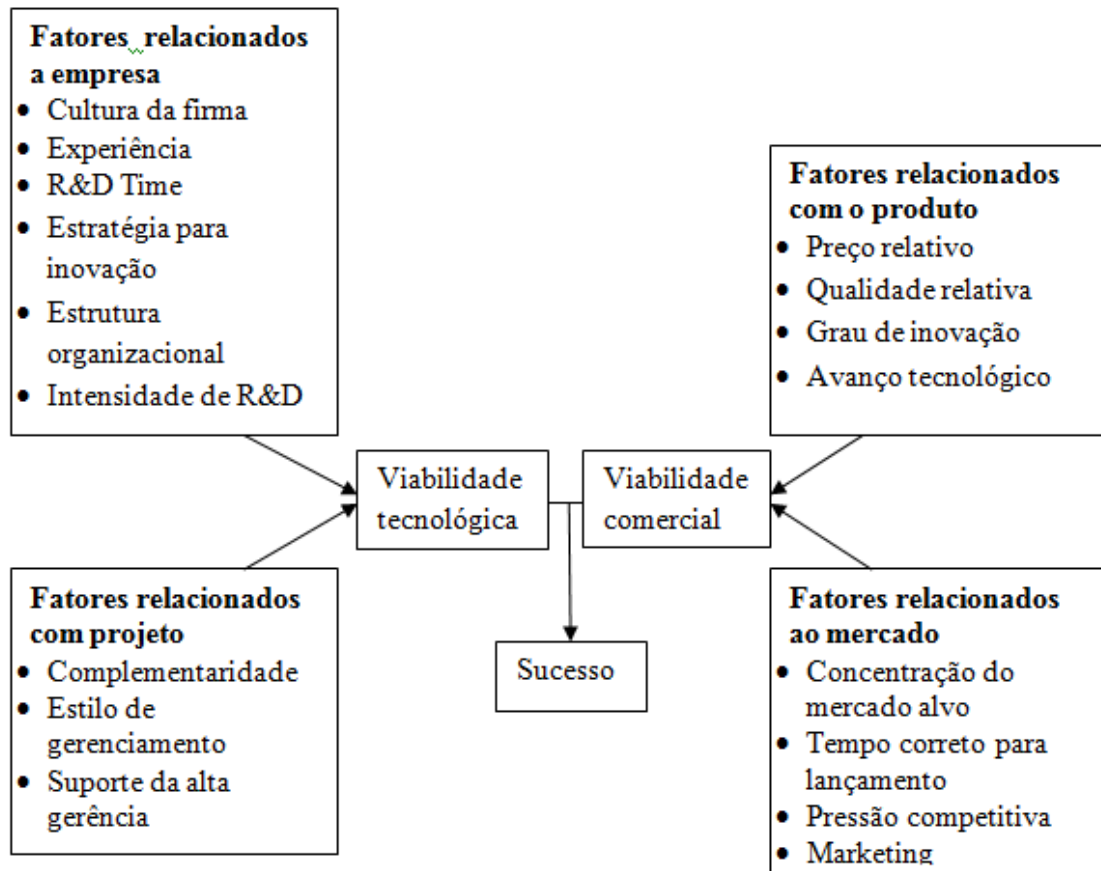


Fonte: Wei, Jun e Lixiong (2008).

Van Der Panne, Van Beers e Kleinknecht (2003) examinam 43 artigos para investigar fatores que podem influenciar no sucesso de um projeto de inovação. Houve consenso entre os fatores mais importantes. Foi constatada coerência entre os estudos de fatores relacionados ao produto e a empresa e um pouco menos nos fatores relacionados ao projeto e ao mercado.

A revisão teve como pontos de concordância ao sucesso da inovação a compatibilidade do projeto com as principais competências da equipe; experiência anterior com projetos de inovação; característica multidisciplinar do time de P&D; equilíbrio entre habilidades técnicas e de mercado; clara articulação de estratégia de inovação; produto com preço e qualidade competitivos; compreensão do momento ideal para lançamento no mercado e a cultura da empresa dedicada à inovação. Uma síntese dos fatores segue, na Figura 22.

Figura 22 - Fatores críticos de sucesso relacionados às dimensões produto, projeto, empresa e mercado.



Fonte: Van Der Panne, Van Beers e Kleinknecht (2003).

A pesquisa de Pflaum e Weissenberger-Eibl (2017) oferece uma importante contribuição ao entendimento das relações existentes entre os fatores de sucesso para DNP. Fugindo da relação linear, o autor busca responder quais FCS são mais ativos e quais têm o maior impacto dentro de um sistema de DNP. Utilizaram-se as técnicas de análise “Rede DEMATEL” e “Verter’s sensitive model” para avaliar as inter-relações entre 25 fatores selecionados.

Foram conduzidos quatro estudos de caso com workshops envolvendo especialistas de diferentes níveis. Os fatores que tiveram maior efeito em rede e que exerceram maior influência sobre outras variáveis são integração interna, suporte do líder, competências & capacidades e orientação estratégica.

Os resultados deste trabalho corroboram os últimos modelos integrativos de inovação e com o modelo Triple A que foram apresentados no referencial teórico. Ou seja, o foco na

relação linear entre os fatores individuais não é suficiente, uma vez que o mesmo FCS pode cobrir múltiplas dimensões com diferentes intensidades.

Na pesquisa de Li *et al.* (2019), foram analisados, em uma revisão sistemática, artigos de 2005 a 2018, para identificar FCS relacionados a projetos de construção verde. Esse tipo de construção traz muitos benefícios ambientais, mas tem como desafios reduzir custos e tempo de operacionalização de materiais atípicos na construção civil.

Entre 28 fatores identificados, os mais citados foram a comunicação e cooperação entre participantes do projeto, planejamento e controle efetivos, envolvimento e compromisso do proprietário, objetos e metas claras, desempenhos do gerente do projeto, experiência e habilidades dos trabalhadores e suporte da alta gerência. Os fatores foram divididos nas dimensões empreiteiros, proprietários, designers, comunidade, governo e habilidades da equipe.

Moatari-Kazerouni *et al.* (2014) apresentam a influência da estratégia de inovação de negócio nos indicadores de sucesso do DNP. Esses indicadores foram materializados por meio de 56 métricas de avaliação para quatro dimensões consideradas mais relevantes. As métricas e dimensões foram selecionadas, com base em um survey, com aplicação de questionários às especialistas em DNP de 154 companhias do Canadá e Dinamarca.

Além desse estudo empírico, uma revisão da literatura contribuiu com a seleção dos dados. A performance do produto, performance financeira, performance da participação do mercado e performance do processo de gestão foram consideradas as dimensões mais relevantes. Uma conclusão importante desse trabalho foi a diferenciação entre os FCS que estão presentes nos estágios iniciais e finais do ciclo de vida do produto.

Khandelwal e Ferguson (1999) realizaram uma abordagem diferente, ao levar em consideração a localização geográfica, como uma variável de referência para a determinação dos FCS. Um conjunto de fatores que funciona bem em um determinado país pode não funcionar em outro. Com base nessa perspectiva, um survey, envolvendo 339 respondentes de corporações multinacionais de diferentes tamanhos e segmentos, foi conduzido na América do Norte, Austrália, Nova Zelândia, Europa e Índia. O foco de análise em cada empresa foi o setor de Tecnologia da Informação (TI).

Os dois FCS mais relevantes, em todas as regiões, foram o atendimento às necessidades dos clientes e ao alinhamento entre negócios e TI. O fator menos relevante foi a terceirização. Outros fatores foram considerados mais ou menos relevantes, de acordo com a região como conexão com organizações externas e integração de sistemas e habilidades

técnicas do staff. Dentre as aplicações desta pesquisa, destaca-se a possibilidade de orientar as instituições acadêmicas a simplificar seus currículos e projetos de pesquisas para que possam estar alinhados ao mercado global.

O trabalho de Samaan *et al.* (2012) apresenta FCS para o desenvolvimento de produtos em empresas de biotecnologia, situados no Estado Minas Gerais, Brasil. Um survey foi enviado para uma amostra de 31 empresas em que 13 responderam à pesquisa. Os fatores de maior destaque foram motivação do líder de projeto e com perfil adequado de liderança, avaliação da participação no mercado do novo produto, alianças e parcerias com fornecedores e vantagens para os clientes.

Identificar as dimensões corretas para a avaliação DNP e quais são as melhores práticas, em cada umas das dimensões, são cruciais para a entrega efetiva e eficiente de um novo produto. Baseado nessas premissas, numa análise detalhada de estudos anteriores, na aplicação da metodologia Delph com especialistas e um survey envolvendo 300 profissionais, Barczak e Kahn (2012) validaram sete dimensões no DNP, conforme definições abaixo:

- a) **Estratégia:** inclui uma visão de foco para a P&D, gerenciamento das tecnologias e esforços para desenvolvimento de produtos. Ainda inclui a identificação, priorização, seleção e suporte financeiro para projetos desejados;
- b) **Pesquisa:** a aplicação de metodologias e técnicas para estudar e compreender clientes, competidores e forças macroambientais no mercado (ex: *fócus grupo*, *surveys eletrônicos*, *estudos etnográficos*);
- c) **Processo:** implantação dos estágios de desenvolvimento do produto e dos *gates* para mover o produto do conceito para o lançamento. Atividades e sistemas que facilitem a gestão do conhecimento por meio do projeto e de toda a companhia;
- d) **Clima do projeto:** os meios e as formas que fundamentam e estabelecem o desenvolvimento de produtos pela integração intracompanhia nos níveis individual e de equipe, incluindo a liderança, motivação, gerenciamento e estruturação de recursos humanos individuais e de equipe;
- e) **Cultura da empresa:** o sistema de gestão de valor da empresa que conduz a colaboração para o pensamento voltado ao desenvolvimento de produtos com parceiros externos e internos, incluindo clientes e fornecedores;
- f) **Métricas e medição de desempenho:** medição, rastreamento e relatório do projeto de desempenho e desenvolvimento de produto;

- g) **Comercialização:** está relacionada ao mercado, lançamento, gerenciamento após o lançamento do novo produto para estimular a adoção de clientes e a difusão no mercado.

A principal contribuição desta pesquisa será resumida no Quadro 12, que apresenta algumas das melhores e piores práticas em cada uma das respectivas dimensões.

Quadro 12 - Melhores e piores práticas de sete dimensões de FCS.

(Continua)

Melhores práticas	Piores práticas
Estratégia	
Objetivos do DNP claramente definidos e visíveis para a empresa.	Objetivos não definidos do DNP.
A identificação de oportunidades está em andamento e pode redirecionar o plano estratégico em tempo real para responder às forças do mercado e às novas tecnologias.	Nenhuma preocupação com os tipos de projetos de DNP estão sendo desenvolvidos.
Há uma grande consideração para equilibrar o número de projetos e recursos disponíveis.	Nenhum processo para empreender o gerenciamento de portfólio.
Missão e plano estratégico ajudam a definir arenas estratégicas para novas oportunidades.	A empresa vê o DNP apenas como uma iniciativa tática de curto prazo.
Pesquisa	
Testes de conceito, produto e mercado são consistentemente realizados e alinhados com todos os projetos de DNP.	Não são realizados estudos de mercado para entendê-lo.
Cliente / usuário é parte integrante do processo do DNP.	Cliente / usuário não está envolvido no processo do DNP.
Resultados dos testes (conceito, produto, mercado) são formalmente avaliados.	Nenhuma avaliação real dos resultados dos testes (conceito, produto, mercado) é realizada.
Processo	
Um processo comum de DNP abrange todos os grupos da empresa.	Existe documentação limitada sobre o processo de DNP.
Os critérios Go/No-Go são claros e pré-definidos para cada porta de revisão.	Crítérios para a avaliação de projetos NPD não estão definidos.
O processo do NPD é flexível e adaptável para atender às necessidades, tamanho e risco de projetos individuais.	Teste mínimo de conceito, produto e mercado realizado.
Atividades de DNP entre áreas funcionais são coordenadas pela comunicação formal e informal.	Comunicação ineficiente entre áreas funcionais.
Clima do projeto	
Cada projeto tem uma equipe multifuncional que permanece no projeto do começo ao fim.	Nenhum grupo DNP identificável.
Cada projeto tem um líder de projeto claramente identificável.	Nenhum líder de projeto.
Cultura da empresa	
A alta administração apoia o processo do DNP.	DNP não é uma prioridade de gerenciamento.
A empresa trabalha ativamente com os clientes para desenvolver novas soluções.	Todas as ideias do DNP vêm de dentro da empresa.

Quadro 12 - Melhores e piores práticas de sete dimensões de FCS.

(Conclusão)

Melhores práticas	Piores práticas
Métricas e medição de desempenho	
Critérios e métodos claros de avaliação de projetos de DNP.	Não existem critérios padronizados para avaliar projetos de DNP.
Toda a equipe envolvida realiza atividades de avaliação em todas as fases do projeto.	Uma pessoa faz todas as avaliações do projeto de DNP.
Projetos com princípio e fim planejados.	Projetos nunca são finalizados.
Comercialização	
Equipes multifuncionais tomam decisões sobre fabricação, logística, marketing e vendas.	
Logística e marketing trabalham juntos no lançamento de novos produtos.	
Atendimentos ao cliente e suporte fazem parte da equipe de lançamento.	

Fonte: Barczak e Kahn (2012).

3.2 Seleção dos fatores críticos de sucesso com base na estrutura de contingência

A análise da literatura apresentou diversos exemplos de aplicação de FCS na avaliação de DNP. Muitos estudos apontaram dificuldades para encontrar FCS nas fases iniciais do processo de desenvolvimento, porque, nessas fases, as informações são escassas.

No início, impressões do consumidor e funcionalidades do produto não podem ser coletadas facilmente, contudo, à medida que se avança no processo, essas informações se tornam mais acessíveis. As fases de ideação, construção do caso de negócio e desenvolvimento do protótipo, além de sofrerem muitas alterações, possuem natureza mais abstrata.

Durante o processo de DNP, cada fase pode ser avaliada por diferentes fatores, entretanto há uma tendência de determinado grupo de fatores serem mais relevantes, nas fases iniciais, enquanto outros são mais relevantes nas fases finais do processo.

A despeito dessas particularidades, uma extensa lista de FCS foi encontrada na literatura. No Quadro 13, estão descritas as principais dimensões encontradas nos casos estudos. O Quadro 14 sintetiza os principais FCS relacionados a cada dimensão.

Quadro 13 - Principais dimensões levantadas.

Dimensão	Definição	Referências
Estratégica	Gerenciamento das tecnologias e esforços para o desenvolvimento de produtos. Define a natureza do DNP a ser adotada. Ou seja, pode ser direcionada tanto para o gerenciamento do portfólio de produtos como para execução dos projetos de desenvolvimento. Os objetivos estratégicos para o DNP são derivados do planejamento estratégico da organização que congregam estratégias competitivas (mercado) e estratégias de tecnológicas.	(Cooper e Kleinschmidt, 1995); (Montoya-Weiss e Calantone, 1994); (Cooper, 2019), (Barczak e Kahn, 2012).
Processo	Implantação dos estágios de desenvolvimento do produto e das fases para mover o produto do conceito para o lançamento. Conjunto de etapas desempenhadas pela empresa para o DNP, que, nesta tese, está representada na Figura 1.	(Sun e Wing, 2005), (Montoya-Weiss e Calantone, 1994); (Cheng, Chang e Li, 2013), (Barczak e Kahn, 2012).
Organizacional e Equipe	Interação entre equipes e liderança, cultura e clima organizacional e competências. O sistema de gestão de valor da empresa que conduz a colaboração para o pensamento voltado ao desenvolvimento de produtos com parceiros externos e internos, incluindo clientes e fornecedores. Está relacionada com a organização de times de desenvolvimento e envolve a escolha de estruturas funcionais, matriciais e projetos.	(Cooper e Kleinschmidt, 1995); (Cooper, 2019); (Barczak e Kahn, 2012) (Balachandra e Friar, 1997); (Montoya-Weiss e Calantone, 1994).
Ambiente Externo-Mercado	O ambiente consiste em aspectos como ingerências governamentais, legislações, inflação, crescimento econômico, etc. O mercado está relacionado com o tamanho, aceitação, identificação e expectativa de crescimento de consumidores.	(Balachandra e Friar, 1997); (Montoya-Weiss e Calantone, 1994); (Van Der Panne, Van Beers e Kleinknecht, 2003).
Produto e Tecnologia	Relaciona-se com as características operacionais e a compreensão do nível de tecnologia do produto.	(Balachandra e Friar, 1997); (Cheng, Chang e Li, 2013); (Van Der Panne, Van Beers e Kleinknecht, 2003).

Fonte: Autor da pesquisa.

Quadro 14 - Fatores críticos de sucesso associados a cada dimensão.

(Continua)

Dimensões e fatores críticos de sucesso
Dimensão Estratégica
Diferencial do produto.
Grau de inovação.
Orientação de mercado.
Orientação estratégica.
Estratégia de tecnologia alinhada com a estratégia de mercado.
Gestão de portfólio.
Disponibilidade de recursos.
Dimensão de processo
Qualidade de execução das atividades de DNP.
Proficiência em atividades técnicas.
Proficiência em atividades de marketing.
Proficiência e pré-desenvolvimento.
Avaliação de desempenho do novo produto.
Um sistema multiestágio e disciplinado de Idea-to-launch.
Atividades de análise e viabilidade econômica.
Atividades de geração e seleção de ideias.
Atividades de desenvolvimento técnico do projeto do produto.
Atividades de construção de protótipo.
Desenvolvimento interativo em espiral (criar, testar, comentar e revisar).
Dimensão organizacional e equipe
Quantidade de informações entre departamentos.
Nível de integração entre departamentos.
Padrões de comunicação.
Formas de organização de equipes.
Rede de relações externas.
Aproveitando das principais competências - sinergia e familiaridade.
Cooperação interfuncional.
Integração dos principais stakeholders (fornecedores, universidades, empresas).
Suporte da função de marketing.
Competência técnica.
Mindset empreendedor.
Quantidade suficiente de pesquisadores.
Perfil empreendedor da equipe.
Experiência com DNP.
Suporte e envolvimento da alta administração.
Equipe multifuncional.
Papel dos líderes do projeto.
Clima e cultura favoráveis à inovação e desenvolvimento.
Todo o time tem visão clara do projeto e do produto.
Apoio de pessoas qualificadas em P&D.
Dimensão Ambiente Externo e Mercado
Tamanho e potencial do mercado-alvo.
Grau de competitividade.
Velocidade do mercado.
Modelo de negócios.
Análise de mercado.
Atrativo para o mercado.

Quadro 14 - Fatores críticos de sucesso associados a cada dimensão.

(Conclusão)

Dimensões e fatores críticos de sucesso
Regulações governamentais.
Segmentação de mercados atraentes.
Mercado-alvo claramente definido.
Criação de interface com o mercado.
Incentivos governamentais.
Atende as expectativas do consumidor.
Conhecimento dos produtos concorrentes.
Dimensão Produto e Tecnologia
Definição clara do produto.
Fácil de usar.
Durabilidade.
Superioridade do produto.
Vantagem tecnológica.
Boa relação preço/qualidade.
Patenteabilidade (potencial para gerar novas patentes).
Estudo de viabilidade do novo produto a ser desenvolvido.
Quantidade de patentes existentes.
Investimentos em laboratórios e equipamentos.
Nível de inovação do produto (inovação radical ou incremental).
Percepção de valor do produto.

Fonte: Autor da pesquisa.

Individualmente, cada fator pode pertence a uma ou mais dimensões. Uma dimensão é um subsistema que tem como função agregar e integrar um conjunto de fatores com funções específicas. Os subsistemas ou dimensões moldam o sistema maior. Cada uma das dimensões é responsável por explicar e avaliar uma determinada perspectiva do sistema principal.

Após a identificação e síntese inicial dos FCS, o passo seguinte é selecionar aqueles que melhor se adequem ao contexto do BSL. Para tanto, será utilizada a estrutura de contingência proposta por Balachandra e Friar (1997), a qual é fundamentada na inter-relação de fatores relacionados à tecnologia, fatores relacionados à inovação e fatores relacionados ao mercado. O objetivo é indicar quais conjuntos de fatores é mais ou menos relevante para cada determinado produto.

A operacionalização da estrutura de contingência é realizada no Quadro 15. O perfil do produto é selecionado de acordo com uma das oito combinações entre as variáveis contextuais. Cada combinação indicará o nível de importância que deverá ser atribuído para os fatores de mercado, de tecnologia e de organização.

As variáveis contextuais são descritas por Balachandra e Friar (1997) como segue abaixo:

- a) **Natureza da inovação:** considera que a inovação pode ser incremental ou radical. Na inovação incremental, a base da tecnologia e a configuração do novo produto são praticamente as mesmas do produto existente. O mercado já está bem estabelecido, e uma análise profunda do mercado é desnecessária. Na inovação radical, a tecnologia do novo produto é diferente. Nesse caso, um novo mercado precisa ser criado. Será muito difícil fazer uma previsão das necessidades dos clientes, dos competidores, do tamanho e crescimento do mercado;
- b) **Natureza do mercado:** são categorizados em mercados existentes e novos mercados. Se uma empresa inova em um mercado existente, as incertezas de mercado serão relativamente pequenas. Do contrário, as incertezas serão muito altas. Ambos os casos exigem análises diferentes do mercado;
- c) **Natureza da tecnologia:** divide-se em baixa tecnologia e alta tecnologia. Com baixa tecnologia as áreas são bem definidas. O novo produto precisará apenas de se adequar a padrões existentes. Com altas tecnologias o desenvolvimento e a introdução de novos produtos são rápidos. A aplicação e os clientes não serão claros se a tecnologia é emergente.

Por exemplo, se a tecnologia do produto é baixa, há indicação de que a área já está bem definida. O produto deve se conformar com os padrões existentes, mas deve oferecer alguma vantagem para se manter atrativo no mercado.

Em um caso de inovação incremental, com baixa tecnologia e com atuação dentro de um mercado existente, os fatores de mercado são muito importantes, demandando uma análise cuidadosa do mercado, para identificar possibilidades de melhorias de tecnologias já existentes. Os fatores de tecnologia adquirem menos importância. Por outro lado, os fatores organizacionais são muito relevantes.

Assim, este quadro é uma importante ferramenta para traçar um perfil mais preciso sobre o tipo de inovação, o nível tecnologia e o tipo de mercado de um eventual produto desenvolvido com a técnica BSL. Essas informações irão apontar quais conjuntos de fatores devem ser mais explorados no questionário e, em consequência, representar de forma mais fiel a realidade do BSL.

Quadro 15 - Ferramenta Estrutura de contingência para a seleção dos FCS com maior relação com a técnica BSL.

No. de combinação	Variável contextual			Fatores de Mercado	Fatores de Tecnologia	Fatores da organização
	Natureza da Inovação	Natureza da Tecnologia	Natureza do Mercado			
1	Incremental	Baixa	Existente	Muito Importante	Menos Importante	Muito Importante
2	Incremental	Baixa	Novo	Muito Importante	Menos Importante	Muito Importante
3	Incremental	Alta	Existente	Muito Importante	Muito Importante	Importante
4	Incremental	Alta	Novo	Importante	Muito Importante	Importante
5	Radical	Baixa	Existente	Importante	Importante	Importante
6	Radical	Baixa	Novo	Menos Importante	Importante	Importante
7	Radical	Alta	Existente	Importante	Muito Importante	Importante
8	Radical	Alta	Novo	Menos importante	Muito Importante	Muito Importante

Fonte: Balachandra e Friar (1997).

De acordo com as características das pesquisas que têm sido conduzidas com o BSL, a conclusão é de que um eventual produto desenvolvido com o BSL terá uma inovação incremental, natureza da tecnologia alta e a natureza de mercado existente, ou seja, o BSL está na combinação de número 3, o que aponta para maior relevância dos fatores de mercado e fatores da tecnologia.

3.3 Análise dos trabalhos relacionados

As pesquisas presentes nesta seção fazem parte de uma vasta quantidade de publicações que objetivam identificar quais fatores podem conduzir novos produtos ao sucesso. Os resultados indicam que não existe um único conjunto de fatores que seja adequado a qualquer situação, enquanto, em alguns estudos, determinados fatores que foram apontados como muito relevantes, em outros, não tiveram a mesma importância ou não foram incluídos.

Esse fato evidencia que se deve ter cautela ao comparar estudos e reforça a influência do contexto e das peculiaridades de cada pesquisa ou tecnologia. Entende-se por contexto os diferentes mercados, fornecedores, concorrentes, tipo de indústria, perfil de gerência, tecnologia, entre outros.

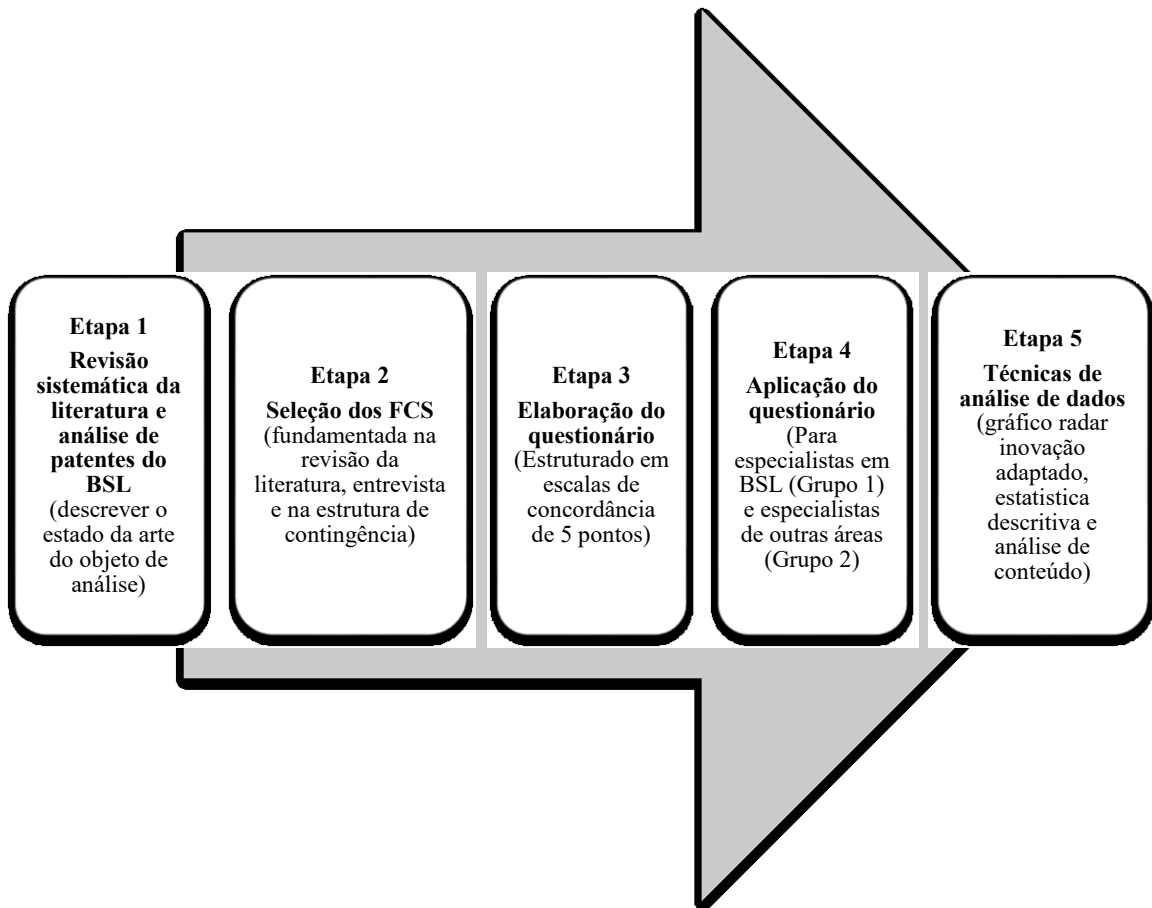
Foram identificados dois pontos críticos envolvendo pesquisas com FCS: o primeiro é a escolha correta dos FCS que serão utilizados em questionários para coletar dados de gestores ou acadêmicos. A dificuldade de filtrar a grande quantidade de fatores encontrados na literatura, muitas vezes, é contornada apenas pela experiência do pesquisador e consulta a profissionais e acadêmicos. O segundo ponto é a escolha dos respondentes que tenham real vivência prática no contexto de uma determinada pesquisa.

Portanto, na extensa lista de FCS encontrados na literatura, o contexto do produto e a diferença no nível de significância dos fatores entre os estudos reforçam a necessidade de se conhecer peculiaridades do objeto de estudo. Tal medida irá favorecer a melhor seleção de fatores e indivíduos que farão parte da pesquisa.

4 MÉTODOS DA PESQUISA

O objetivo geral proposto foi avaliar o potencial do Biospeckle Laser (BSL) gerar tecnologias inovadoras, a partir da identificação e avaliação de Fatores Críticos de Sucesso (FCS), no Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) em universidades. Para o alcance desse objetivo, foi apresentada nesta seção a metodologia. Porém, antes de detalhar o tipo de pesquisa e os procedimentos metodológicos, um breve resumo das cinco etapas principais que compõem a metodologia é elencado na Figura 23.

Figura 23 - Resumo das principais etapas da metodologia.



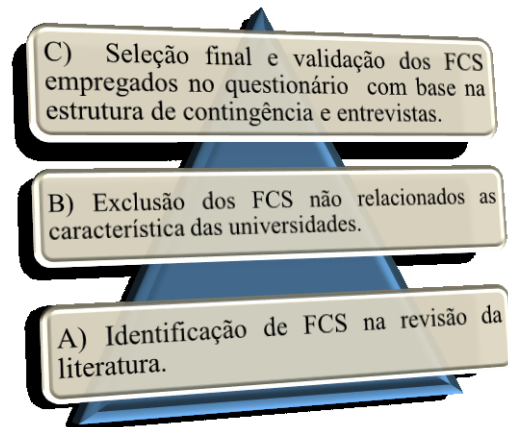
Fonte: Autor da pesquisa.

A seguir, uma breve descrição das cinco etapas.

Etapa 1: Redação de um artigo de revisão sistemática, conforme ANEXO A e análise de patentes, Seção 2.4.2, para descrever o estado da arte da técnica BSL, nas últimas décadas, a fim de possibilitar maior familiaridade com o objeto de estudo.

Etapa 2: Processo de seleção e validação dos FCS conforme as três etapas apresentadas na Figura 24. Em virtude da enorme quantidade de FCS encontrados na literatura, essa fase tem como objetivo justificar a escolha dos FCS empregados no questionário.

Figura 24 - Etapas de seleção e validação dos FCS empregados no questionário.



Fonte: Autor da pesquisa.

Etapa 3: Estruturação do questionário, APÊNDICE A, com base nos FCS resultantes da etapa anterior. É composto por 16 fatores (ou dimensões) e adota escalas de concordância de 5 pontos.

Etapa 4: Aplicação do questionário para dois grupos de pesquisadores. O primeiro é composto apenas por pesquisadores especialistas em BSL; o segundo grupo é constituído por pesquisadores de diferentes áreas de universidade do Brasil.

Etapa 5: A análise dos dados do questionário foi realizada, por meio de uma adaptação do gráfico radar inovação, para atender aos objetivos gerais. A estatística descritiva e a análise de conteúdo foram utilizadas na revisão sistemática da literatura, na análise de patentes e na análise dos trabalhos relacionados.

A coleta de dados contou com pesquisa bibliográfica, revisão sistemática, questionário e entrevista. Os FCS foram identificados na revisão da literatura. A familiarização com a técnica BSL foi obtida pela a revisão sistemática e análise de patentes. A entrevista possibilitou maior compreensão da técnica BSL dentro de seu contexto, e o questionário forneceu dados para a avaliação da técnica BSL.

4.1 Classificação da Pesquisa

Com o objetivo de avaliar o potencial do BSL de gerar tecnologias inovadoras, foi realizada uma pesquisa descritiva e exploratória. A abordagem é quantitativa - qualitativa de natureza aplicada, conforme apresentado no Quadro 16.

As pesquisas descritivas são utilizadas para identificar características de determinada população ou fenômeno. Verifica opiniões, atitudes e crenças de uma população e a existência de relação entre variáveis (Gil, 2008).

A pesquisa exploratória permite que o pesquisador obtenha maior familiaridade com o problema. Ela pode envolver o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que possuem experiência prática ou análise de exemplos que estimulam a compreensão. É classificada em pesquisa bibliográfica e estudo de caso (Silveira e Córdova, 2009).

A abordagem qualitativa não é focada na representatividade numérica e, sim, na compreensão de grupos sociais, organizações, etc. Atém-se a aspectos da realidade que não podem ser quantificados nem resumidos à operacionalização de variáveis. Por outro lado, a pesquisa quantitativa apresenta um viés positivista em que a linguagem matemática descreve as causas e relações entre fenômenos (Silveira e Córdova, 2009).

A pesquisa aplicada é pensada para sua posterior aplicação. Não se preocupa com o desenvolvimento de teorias de valor universal. É dirigida à solução de problemas específicos e interesses locais (Gil, 2008).

Quadro 16 - Classificação da pesquisa.

(Continua)

Tipo/Abordagem		Breve Descrição	Aplicação na Tese	Referências
Objetivo	Descritiva	Descreve fatos e fenômenos de determinada realidade. Exige uma série de informações sobre o que se deseja investigar.	Descrever características das pesquisas com BSL. Descrever peculiaridades das universidades e empresas dentro do processo de DNP.	(Gil, 2008), (Fonseca, 2002)
	Exploratória	Proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito.	Familiarização com o processo de desenvolvimento do BSL. Identificação dos FCS para a avaliação de DNP em universidades.	

Quadro 16 - Classificação da pesquisa.

(Conclusão)

Tipo/Abordagem		Breve Descrição	Aplicação na Tese	Referências
Abordagem	Qualitativa	Preocupa-se com a compreensão de um determinado grupo social ou organização. Possui como características as ações de descrever, compreender, explicar, orientações teóricas e dados empíricos.	Compreensão do levantamento teórico e das percepções dos entrevistados.	(Gil, 2008), (Fonseca, 2002)
	Quantitativa	Resultados podem ser quantificados. Análise bruta dos dados obtidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros.	Análise de dados de patentes. Análise das escalas de concordância do questionário.	
Natureza	Aplicada	Gerar conhecimento para a aplicação prática. Dirigida à solução de problemas específicos.	Possibilidade de aplicação dos resultados desta pesquisa para auxiliar no direcionamento das pesquisas com BSL em universidades.	

Fonte: Autor da pesquisa.

4.2 Procedimentos metodológicos

De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa científica tem como objetivo elucidar um problema, recorrendo a procedimentos científicos. Esses procedimentos seguem uma ordem lógica. Investiga-se uma pessoa ou grupo capacitado (sujeito da investigação), abordando um aspecto da realidade (objeto de investigação), no sentido de comprovar experimentalmente hipóteses (investigação experimental), ou para descrevê-las (investigação descritiva) ou explorá-las (investigação exploratória). A seleção correta do método de pesquisa é premissa para o seu desenvolvimento.

De acordo com o autor, a metodologia envolve a escolha do espaço de pesquisa, a escolha do grupo de pesquisa, o estabelecimento dos critérios de amostragem, a construção de estratégias para entrada em campo, a definição de instrumentos e procedimentos para a análise de dados. Nas seções seguintes, são discutidos em detalhes esses procedimentos metodológicos.

O Quadro 17 apresenta um resumo dos procedimentos metodológicos que serão detalhados nas seções seguintes.

Quadro 17 - Resumo dos procedimentos metodológicos.

Perguntas	Procedimentos
Qual objeto?	Pesquisas envolvendo a técnica BSL em universidades.
Onde?	Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA) da Universidade Federal de Lavras.
Quando?	No período de 2016 a 2021.
Com quem?	Pesquisadores especialistas em BSL e pesquisadores de outras áreas de pesquisa de universidades do Brasil.
Com o que?	Pesquisa bibliográfica, revisão sistemática, análise de patentes, questionário e entrevista.
Como? (Etapas)	Conforme Figura 22, as etapas são: revisão sistemática da literatura, análise de patentes do BSL, seleção dos FCS, elaboração do questionário, aplicação do questionário, análise dos dados utilizando o gráfico radar inovação adaptado, a estatística descritiva e a análise de conteúdo.

Fonte: Autor da pesquisa.

4.2.1 Definição do sujeito e objeto de estudo

A amostragem é não probabilística do tipo intencional ou por julgamento. É não probabilística, porque não possui fundamentação matemática, e os critérios de escolha dependem do pesquisador. A amostragem é intencional, porque consiste na seleção de um subgrupo da população que, amparado em informações disponíveis, é considerado representativo da população (Gil, 2008), (Malhotra, 2011). De acordo com Fonseca (2002), a amostra qualitativa adequada é aquela que possibilita abranger a totalidade do problema investigado em suas múltiplas abordagens.

O objeto de estudo são as pesquisas realizadas em universidades envolvendo a técnica BSL que é descrita em detalhes na seção 2.4. A escolha da Técnica BSL se justifica, porque, nos últimos 40 anos, a literatura tem apresentado diversas aplicações possíveis para essa técnica, entretanto, no mercado atual, apenas parte dessas aplicações está presente em produtos comercializados. Além disso, existe uma proximidade do autor da pesquisa com pesquisadores especialistas em BSL da Universidade Federal de Lavras, mesmo local onde é realizada esta pesquisa.

Os sujeitos da pesquisa são representados por uma amostra de dois grupos de pesquisadores. O primeiro grupo são pesquisadores especialistas em BSL. O segundo é

formado por pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento atuantes em universidades do Brasil. Esse último grupo será empregado para testar e comparar os resultados no radar inovação adaptado.

A seleção do grupo 1 foi orientada pelo artigo de revisão sistemática (ANEXO A) que indicou quais autores possuem maior destaque em publicações sobre o tema. Com base nessa lista, foram selecionados alguns pesquisadores para a utilização da técnica bola de neve. Essa é uma técnica não probabilística que consiste na seleção de indivíduos que irão indicar novos participantes de sua rede de contatos até que ocorra a saturação. A amostragem em bola de neve é adequada a populações raras, com número reduzido de indivíduos e difíceis de serem acessados, como é o caso dos pesquisadores do grupo 1.

Os membros do grupo 2, formados por pesquisadores de programas de doutorado, foram acessados por contatos de e-mail presentes nos sites de sete Universidades Federais do Brasil. A princípio, a intenção era entrar em contato com uma amostra de pesquisadores de todas as regiões do Brasil. Entretanto, na maior parte das regiões, as universidades não disponibilizam os contatos de seus pesquisadores. Optou-se, então, por incluir amostras apenas das presentes na regiões Sul e Sudeste, uma vez que nessas regiões existem universidades que informam, em seus sites, os contatos dos pesquisadores vinculados a programas de pós - graduação *stricto sensu* de doutorado.

A seleção dos pesquisadores se deu por áreas de conhecimento de acordo com a Tabela das áreas de conhecimento fornecido pela CAPES. As áreas escolhidas foram Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Engenharias e Ciências Agrárias. De acordo com a disponibilidade de informação, pelo menos, seis cursos de doutorado em cada uma das áreas foram incluídos. Ver Quadro 18.

Quadro 18 - Universidades por região, descrição dos programas de pós-graduação e quantidade de pesquisadores por universidade.

(Continua)

Universidades	Programas de Doutorado incluídos na pesquisa	QTD de pesquisadores
SUDESTE		
UFES - Universidade Federal do Espírito Santo	Agronomia, Física.	64
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais	Ciência da computação, Genética, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Química, Ciências Farmacêuticas, Microbiologia, Física, Geologia.	373

Quadro 18 - Universidades por região, descrição dos programas de pós-graduação e quantidade de pesquisadores por universidade.

(Conclusão)

Universidades	Programas de Doutorado incluídos na pesquisa	QTD de pesquisadores
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Engenharia de sistemas e computação, Informática, Engenharia Civil, Ciência dos Alimentos.	102
UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos	Biotecnologia, Engenharia de Materiais, Engenharia Química, Ciência da Computação, Química, Física.	205
SUL		
UFPR - Universidade Federal do Paraná	Bioinformática, Ciência do Solo, Engenharia em Bioprocessos e Tecnologia, Engenharia e Ciência dos Materiais, Física, Informática, Engenharia Química, Química, Geologia, Microbiologia-parasitologia e patologia, Engenharia de recursos hídricos e minerais, Ciências Biológicas.	330
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Computação, Matemática Aplicada, Engenharia Elétrica, Engenharia Química, Microeletrônica, Biologia celular e molecular, Física.	309
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina	Ciência da computação, Ciência e Engenharia de Materiais, Engenharia de automação e sistemas, Química, Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica, Engenharia Química.	224

Fonte: Autor da pesquisa.

4.2.1.1 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi elaborada, a partir de material já existente, formada basicamente por livros e artigos científicos. Embora quase todos os estudos exibam uma pesquisa desta natureza, existem pesquisas que são desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Partes de pesquisas exploratórias podem ser definidas como pesquisas bibliográficas (Gil, 2008).

O objetivo principal da pesquisa bibliográfica, nesta tese, é identificar FCS para a avaliação de DNP em universidades. Além disso, a pesquisa foi fundamental para fornecer embasamento teórico para a compreensão de temas relacionados ao objetivo da pesquisa.

Foram consultados artigos e teses nos periódicos internacionais Science Direct e Scopus que abrangeram o período de 1994 a 2019.

4.2.1.2 Revisão Sistemática

A revisão sistemática é um meio muito usado, em diversas áreas da ciência, para a identificação, avaliação e interpretação de tópicos relevantes, questões de pesquisa ou fenômeno de interesse. Por meio da revisão sistemática, é possível sumarizar benefícios e limitações de um método específico ou de uma tecnologia. Identificar possíveis lacunas, sugerir investigações futuras e fornecer um quadro que permita posicionar as atividades de pesquisa (Keele, 2007).

A revisão sistemática (ANEXO A), permitiu descrever a evolução da técnica BSL e conhecer melhor suas aplicações e peculiaridades. A literatura pesquisada abrange o período de 1996 até 2016 e teve como fonte as bases Sciece Direct, Scopus e Web of Science.

4.2.1.3 Questionário

O Questionário é a técnica de investigação composta por um conjunto de questões submetidas a pessoas com o objetivo de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado, entre outras.

Um questionário desejável é aquele que consegue traduzir os objetivos da pesquisa em questões específicas. As respostas a essas questões garantirão os dados necessários para as análises e conclusões. Seguem alguns cuidados na sua elaboração: verificação da eficácia do questionário para alcance dos objetivos, estabelecimento da forma e conteúdo das questões, quantidade e ordenação das questões, construção de alternativas, apresentação do questionário e pré-teste (Keele, 2007).

Como foram selecionados os Fatores Críticos de Sucesso para a elaboração do questionário? A resposta a essa pergunta está sintetizada nas fases A, B e C da Figura 24 que será detalhada, a seguir. Na fase “A” foi realizada a revisão da literatura presente na Seção 3. Foi identificada, em teses de doutorado e artigos, uma grande quantidade de FCS majoritariamente relacionados ao contexto das empresas.

O passo seguinte, ou a fase “B”, foi assegurar que os FCS que não possuem relação direta com as funções e objetivos das universidades fossem excluídos. Para fundamentar essa ação, na Seção 2.2.1, foram descritas as peculiaridades das empresas e das universidades dentro dos processos de desenvolvimento de novos produtos e de inovação. A partir de então, foi possível excluir os FCS que não se relacionam ao contexto das universidades ou com os objetivos da presente pesquisa. Dentre os diversos FCS que foram excluídos, estão aqueles associados ao lucro da empresa, canais de distribuição de produtos e clientes.

Na etapa “C”, foi necessário realizar outra seleção para garantir maior relação entre os FCS selecionados na etapa “B” e o objeto de estudo, que, neste caso, é a técnica BSL. Essa operação foi detalhada na seção 3.2 que apresentou a ferramenta Estrutura de contingência, Quadro 15, como um auxílio para nortear a seleção. Essa ferramenta apontou quais FCS podem ser mais relevantes para a técnica BSL de acordo com o seu contexto.

Pesquisadores da área de administração da Universidade Federal de Lavras auxiliaram na validação do questionário e na realização de pré-testes. O questionário final pode ser visualizado no (APÊNDICE A). Baseado nas respostas e nas dúvidas levantadas, alguns ajustes na redação e nas declarações de cada fator foram incorporados na versão final do questionário.

Ao final, foram inseridos no questionário 16 dimensões (ou fatores). Um rótulo explicativo para cada dimensão facilitou a compreensão. Cada dimensão foi submetida a duas afirmações no formato de escala de concordância que vai de -2 (discordo totalmente) até 2 (concordo totalmente). Cada uma das respostas possui um peso conforme Quadro 19.

Quadro 19 - Valor atribuído a cada resposta do questionário.

Respostas das perguntas do questionário	Valores atribuídos a cada resposta
Concordo totalmente	2
Concordo	1
Não sabe / prefiro não responder	0
Discordo	-1
Discordo totalmente	-2

Fonte: Autor da pesquisa.

Dois grupos receberam o questionário. O primeiro grupo era composto por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento de universidades do Brasil. O segundo grupo continha apenas especialistas em BSL. A ferramenta grátis de confecção e envio de questionários, conhecida como Google Forms, foi empregada para encaminhar o questionário

de outubro de 2020 a fevereiro de 2021. Para os casos em que não se obteve resposta o questionário foi reenviado por três vezes.

4.2.1.4 Entrevista

A entrevista é uma técnica de coleta de dados adequada para a obtenção de informações acerca de pessoas que sabem, creem, esperam, sentem ou desejam, pretendem fazer ou fizeram, bem como sobre suas explicações ou razões a respeito de coisas precedentes. O tipo de entrevista adotado nesta tese é a informal. A entrevista informal possui baixo nível de estruturação das perguntas e do roteiro, tem objetivo de coletar dados pouco conhecidos do pesquisador e recorre a entrevistados-chave com especialistas e pesquisadores conhecedores do tema de estudo (Gil, 2008).

Foram direcionadas principalmente a pesquisadores especialistas em BSL da Universidade Federal de Lavras no Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA). Pesquisadores da área de Administração desta universidade também participaram das entrevistas.

Ocorreram face a face de forma individual, em que foram apresentados os tópicos de interesse. A convivência acadêmica deste pesquisador com os entrevistados facilitou o acesso que abrangeu todo o período de elaboração da pesquisa. Foram conduzidas conforme disponibilidade dos entrevistados e com as demandas da pesquisa.

As entrevistas foram decisivas em três situações distintas: 1) na elaboração do artigo de revisão sistemática, (ANEXO A), 2) nas definições do BSL presente na seção 2.4 e, finalmente, na 3) seleção de FCS mais relevantes para a técnica BSL. Nessa última rodada de entrevistas, realizou-se a validação dos FCS com base no auxílio da estrutura de contingência.

4.3 Técnicas empregadas à análise dos dados

A análise de dados objetiva organizar e sumarizar os dados de forma tal que permita a obtenção de respostas ao problema da pesquisa. Nesta tese foram utilizadas as técnicas de estatística descritiva e a análise de conteúdo.

Uma versão adaptada da ferramenta radar inovação foi utilizada para representar e analisar graficamente os dados do questionário. A análise de conteúdo foi aplicada na análise

das teses e artigos descritos na seção 3. No artigo de revisão sistemática, Anexo A e na análise de patentes, foram empregadas a análise de conteúdo e a estatística descritiva.

A análise de conteúdo é uma técnica de investigação que tem como objetivo a avaliação de informações pela uma descrição objetiva, sistemática e quantificada. É composta pelas fases: a) pré-análise, b) exploração do material e c) tratamento de dados. A pré-análise visa à organização dos documentos. Na exploração do material são realizadas codificações, enumerações e classificações. O tratamento de dados torna os dados significativos e se utiliza de procedimentos estatísticos para a apresentação de quadros, tabelas, diagramas e figuras que sintetizem e destaquem informações (Gil, 2008). O software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) foi empregado para a análise estatística dos dados do questionário.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E IMPLICAÇÕES

Esta seção tem como objetivo discutir os resultados da pesquisa e suas implicações. Os dados do questionário serão apresentados graficamente pela adaptação do radar inovação.

5.1 Resultados

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar o potencial do Biospeckle Laser (BSL) gerar tecnologias inovadoras, a partir da identificação e avaliação de Fatores Críticos de Sucesso (FCS), no Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) em universidades. Nesse sentido, é proposta uma adaptação da ferramenta radar inovação para a avaliação de pesquisas em universidades. Nesse novo radar, cada dimensão foi encontrada pelos FCS e se mostrou uma boa opção para a avaliação.

Os questionários foram direcionados a dois grupos de pesquisadores. O primeiro grupo foi formado por especialistas da técnica BSL. O outro grupo foi composto por pesquisadores de diferentes áreas de universidades da região Sul e Sudeste do Brasil. O objetivo da inclusão do segundo grupo foi realizar uma aplicação mais abrangente do radar inovação, além de permitir a comparação dos resultados. O Quadro 20 descreve a quantidade de respondentes de cada grupo.

Quadro 20 - Quantidade de respondentes do questionário e universidade de origem do pesquisador.

(Continua)

Universidade	Pesquisador em BSL		Outros Pesquisadores	
	QTD de questionários Enviados	QTD de Respondentes	QTD de questionários Enviados	QTD de Respondentes
UFES			64	3
UFMG			373	5
UFRJ	1	1	102	5
UFSCAR			205	6
UFPR			330	7
UFRGS			309	7
UFSC			224	5
Universitat de Valencia, Spain	2	2		

Quadro 20 - Quantidade de respondentes do questionário e universidade de origem do pesquisador.

(Conclusão)

Universidade	Pesquisador em BSL		Outros Pesquisadores	
	QTD de questionários Enviados	QTD de Respondentes	QTD de questionários Enviados	QTD de Respondentes
Universidad Nacional de La Plata, Argentina	1	1		
Total	4	4	1753	38

Fonte: Autor da pesquisa.

Apesar de o questionário ter sido enviado por quatro vezes aos integrantes do grupo 2, a taxa de respostas foi de apenas 2,1%. Uma quantidade pequena, mas suficiente para uma comparação entre os grupos no radar inovação. Em termos percentuais, UFES e a UFRJ obtiveram as melhores taxas de respondentes com 4,68% e 4,90%, respectivamente. A UFMG teve a menor participação com 1,34% de respondentes.

No primeiro grupo, três pesquisadores possuem pós-doutorado e um tem doutorado. Todos atuam há mais de 10 anos na área de pesquisa. Dois pesquisadores possuem mais de três patentes e o último nenhuma. Na área de ciências exatas e da terra, atuam dois pesquisadores. Nas ciências biológicas e nas ciências agrárias, um pesquisador.

O Quadros 21 apresenta algumas características do perfil dos respondentes do grupo 2, no qual predominaram pesquisadores com pós-doutorado, com depósito de uma patente, pertencentes a cursos de ciências exatas e da terra e com tempo de pesquisa inferior a 5 anos.

Quadro 21 - Perfil dos respondentes do grupo 2.

Formação Acadêmica		Área do conhecimento		Tempo de pesquisa	
Doutorado	13	Ciências exatas e da terra	13	De 1 a 5 anos	21
Pós-Doutorado	25	Ciências biológicas	8	De 6 a 10 anos	11
QTD de Patentes		Engenharias	8	Mais de 10 anos	6
Não possui	5	Ciências Agrárias	9		
Uma	13	Gênero			
Duas	11	Masculino	21		
Três	9	Feminino	17		

Fonte: Autor da pesquisa.

A principal dificuldade encontrada, durante a pesquisa, foi a escassez na literatura de FCS e de outros parâmetros para a avaliação de pesquisas em universidades. Essa limitação

foi atenuada pela seleção de FCS consolidados na iniciativa privada que melhor se adequaram às características das universidades. Uma etapa importante na seleção destes fatores foi a utilização da ferramenta estrutura da contingência que auxiliou na identificação de FCS relacionados ao contexto da técnica BSL.

A literatura que advoga em favor de FCS e do gráfico radar inovação é muito vasta, entretanto foi constatado que nenhuma ferramenta de avaliação é capaz de prever com 100% de certeza qual produto ou pesquisa será convertida em inovação. As variáveis de avaliação se comportam de maneira diferente, de acordo com o contexto e isso acaba interferindo nas conclusões.

Essa limitação pode ser exemplificada na prática por empresas que, mesmo investindo milhões em pesquisas, viram seus produtos fracassarem após o lançamento. Prováveis causas desses erros podem ser consequência do excesso de inovação, deficiência na interface do produto ou resistência do mercado a mudanças (Cooper e Kleinschmidt, 1987; Cooper, 2019). Alguns exemplos notórios de fracasso são a TV 3D lançada em 2010, a HP TouchPad em 2011 e o Windows Vista em 2007.

Contudo essas limitações não anulam a necessidade de avaliação, uma vez que é capaz de fornecer informações sobre potencialidades e nortear as melhores decisões reduzindo as chances de fracasso. Nesse sentido, a ferramenta apresentada nesta tese apresentou a vantagem de possibilitar que a avaliação seja realizada pelo próprio pesquisador e não por especialistas de outras disciplinas.

Essa vantagem atribuída ao radar inovação é amparada na premissa de que o pesquisador é a pessoa que em tese possui maior conhecimento e familiaridade em relação à determinada tecnologia. Isso permitiu respostas mais precisas no questionário, Apêndice A, principalmente em fatores como D1. 1 “Nível de desenvolvimento tecnológico”, D1. 3 Evolução das patentes, D3. 1 “Cooperação interfuncional”, D3. 3 “Competência técnica” e D4. 2 “Atividades de construção de protótipo”.

Por outro lado, apenas duas dimensões demandam dos pesquisadores conhecimentos mais abrangentes. São elas as dimensões D2. 2 “Clientes”, que explora o conhecimento do pesquisador em relação a possíveis clientes e suas demandas e D2. 3 “Contexto”, que requerem informações de produtos concorrentes.

Ao longo da pesquisa, foram identificadas as principais aplicações do BSL que são: a) análises de sementes, b) análises de frutas, c) análise de secagem de tintas à base de água ou sintética e d) fluxo de sangue em tecido humano. Exemplos de produtos no mercado para

secagem de tintas e análise de fluxo de sangue foram apresentados na seção 2.4.2. Ressalta-se que não foram encontradas evidências de participação direta de universidades no desenvolvimento desses produtos, fato reforçado pela ausência de patentes desses produtos nas bases de dados internacionais. Para as aplicações em análise de sementes e análise de frutas, não foram encontrados produtos comercializados.

No âmbito das universidades, a análise das patentes e do estado da arte aponta barreiras para que as pesquisas atuais sejam materializadas na forma de algum produto. Apesar da análise de patentes possuir um viés quantitativo, em virtude do pequeno número de patentes encontrados em um intervalo de 40 anos, é recomendado que especialistas em BSL avaliem a abrangência e a sua relevância.

Por outro lado, a literatura descreve que as principais limitações de aplicação da técnica BSL no mercado são ruídos externos, ajustes da câmera, instabilidade do laser e a portabilidade (Braga, 2017). Essas limitações têm impossibilitado a condução de pesquisas em campo, ou seja, as pesquisas atuais são realizadas em ambientes controlados de laboratórios.

Essa projeção, realizada pela análise de patentes e pelo estado da arte, é limitada, uma vez que é possível que empresas particulares estejam desenvolvendo produtos com a técnica BSL em pesquisas independentes das universidades e sem o depósito de patentes. Esse parece ser o caso dos produtos comerciais, citados nesta tese, que utilizam a técnica BSL. Esse fato é decorrente de, como mencionado, não existirem registros de patentes vinculados a esses produtos. Sobre essa possibilidade, Hall, Link e Scott (2001) afirmam que algumas empresas podem agir em sigilo no sentido de capitalizar com exclusividade as pesquisas preferindo não torná-las públicas.

Em relação ao radar inovação, nesta tese, não serão usadas as mesmas dimensões ou FCS propostos na versão original apresentados na Seção 2.5. Apesar de apresentar fatores válidos, sua visão holística focada no setor privado não captura com precisão as peculiaridades do objeto de análise em questão. Em virtude disso, o radar inovação foi adaptado em consonância com a análise da literatura, entrevistas e com direcionamentos fornecidos pela estrutura de contingência. Essa adaptação objetivou garantir que apenas os FCS relacionados ao papel das universidades e com as características da técnica BSL sejam incluídos na pesquisa.

O novo radar inovação terá, assim como o original, quatro dimensões principais, mas contará com 12 novas dimensões, quatro a mais que o original. As quatro dimensões que

funcionaram como âncoras são: 1) dimensão produto e tecnologia, 2) dimensão ambiente externo e mercado 3) dimensão organizacional e equipe e 4) dimensão processo.

As outras 12 dimensões selecionados são: nível de desenvolvimento tecnológico, vantagem tecnológica, evolução das patentes, interferências governamentais, clientes, contexto, cooperação interfuncional, interação entre governos, universidades e empresas, competência técnica, atividades de geração e seleção de ideias, atividades de construção de protótipo, proficiência em pré-desenvolvimento.

No Quadro 22, estão listadas todas as dimensões utilizadas nesta pesquisa. A fim de facilitar a visualização e análise do Radar Inovação, todas as dimensões são representadas por um código.

Quadro 22 - Dimensões para o Radar Inovação adaptado.

Dimensões
D1 - Produto e Tecnologia
D1.1 - Nível de desenvolvimento tecnológico.
D1.2 - Vantagem tecnológica.
D1.3 - Evolução das patentes.
D2 - Ambiente Externo e Mercado
D2.1 - Interferências governamentais.
D2.2 - Clientes.
D2.3 - Contexto.
D3 - Organizacional e Equipe
D3.1 - Cooperação interfuncional.
D3.2 - Interação entre governos, universidades e empresas.
D3.3 - Competência técnica.
D4 - Processo
D4.1 - Atividades de geração e seleção de ideias.
D4.2 - Atividades de construção de protótipo.
D4.3 - Proficiência em pré-desenvolvimento.

Fonte: Autor da pesquisa.

As definições das novas dimensões do radar inovação adaptado são apresentados no Quadro 23. Essas novas dimensões não apenas abrangem uma quantidade importante de dimensões em que é possível inovar ou promover melhorias, mas também são de fácil compreensão.

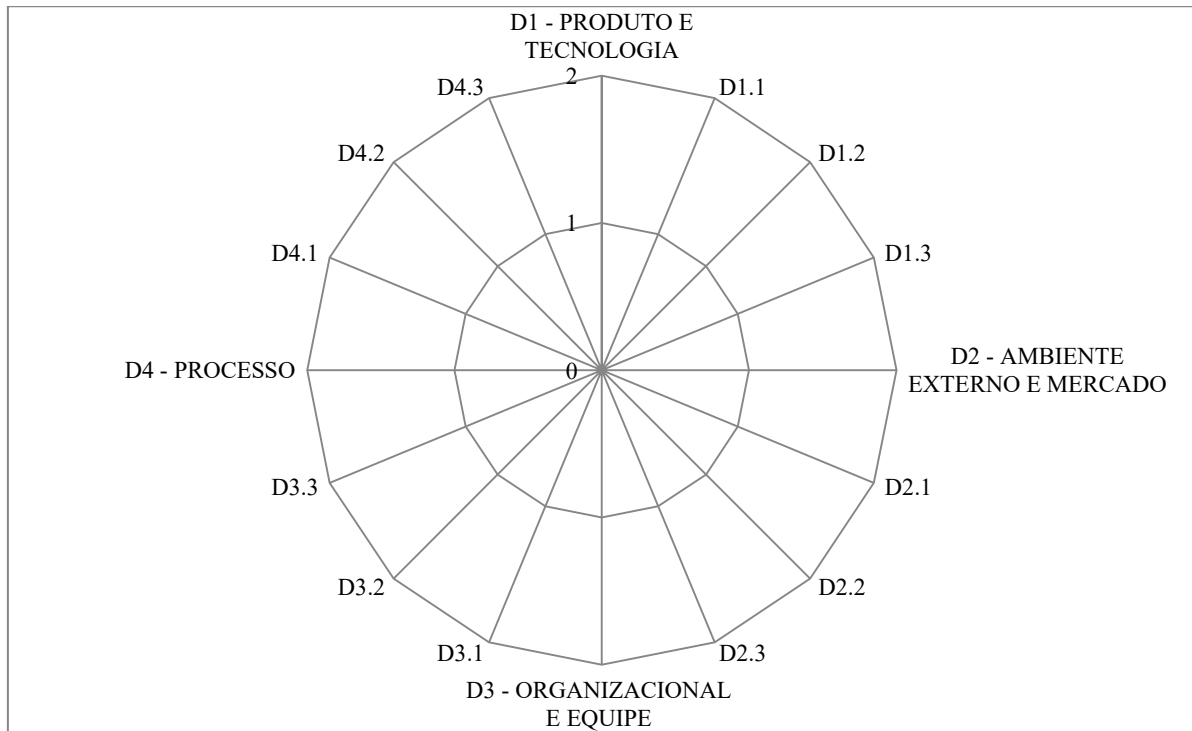
Quadro 23 - Novas dimensões e definições do radar inovação adaptado.

Dimensão	Definições
D1 - Produto e tecnologia	Refere-se à quão perto os projetos de pesquisas estão de contribuir para a geração de novas tecnologias ou desenvolvimento de um novo produto.
D1.1 - Nível de desenvolvimento tecnológico	Nível de conhecimento acumulado capaz de produzir resultados práticos e úteis.
D1.2 - Vantagem tecnológica	Tecnologia que apresenta maior produtividade, melhor interface, menores custos e maiores lucros em relação a tecnologias concorrentes.
D1.3 - Evolução de patentes	Quantidade e qualidade de patentes ao longo de um período. Contribuição efetiva das patentes em novas tecnologias.
D2 - Ambiente Externo e Mercado	Nível de investimentos, barreiras burocráticas, incentivos à pesquisa.
D2.1 - Interferências governamentais	Dificuldade ou facilidade para obter recursos governamentais para financiar novas pesquisas. Nível de burocracia imposta por leis que podem estimular ou desestimular o desenvolvimento de determinadas tecnologias.
D2.2 - Clientes	Existência de consumidores acessíveis e dispostos a pagar por serviços ou produtos.
D2.3 - Contexto	Conhecimento satisfatório de produtos e serviços de concorrentes, de tendências de mercado, clientes, fornecedores e legislação.
D3 - Organizacional e Equipe	
D3.1 - Cooperação interfuncional	Trocas de informações e interações entre os diferentes departamentos da universidade com o objetivo de promover o desenvolvimento de pesquisas inovadoras.
D3.2 - Interação entre governos, universidades e empresas	Existência de rede de informação entre universidades, empresas e governos sobre novas tecnologias. Parceria para troca de conhecimento, compartilhamento de recursos e estruturas.
D3.3 - Competência técnica	Capacitação, experiência e quantidade satisfatória de pesquisadores nos departamentos da universidade que atuam direta ou indiretamente em determinada pesquisa.
D4 - Processo	Conjunto sucessivo de atividades, práticas e recursos que agregam valor às pesquisas.
D4.1 - Atividades de geração e seleção de ideias	A prática de discussão, captação e seleção de novas ideias de pesquisas com propósito definido.
D4.2 - Atividades de construção de protótipo	Presença de avanços tecnológicos necessários para a construção de protótipos. Disponibilidade de recursos próprios ou de terceiros para o desenvolvimento de protótipos.
D4.3 - Proficiência em pré-desenvolvimento	Pesquisadores com experiência em desenvolvimento de novas tecnologias a partir de pesquisas realizadas em universidades.

Fonte: Autor da pesquisa

Uma vez selecionadas as dimensões, bem como suas definições, o passo seguinte foi transportar cada dimensão, para a confecção da versão final do radar inovação, conforme pode ser visto na Figura 25.

Figura 25 - Radar Inovação adaptado.



Fonte: Adaptado de Sawhney, Wolcott e Arroniz (2006).

As médias são calculadas de acordo com os valores atribuídos a cada resposta do questionário, que, conforme definições prévias, podem variar de -2 a 2. As médias de cada uma das dimensões principais são encontradas pelas médias de suas respectivas dimensões secundárias. No Quadro 24, estão apresentadas em detalhes todas as médias encontradas para cada grupo de pesquisadores.

Quadro 24 - Média de cada dimensão para os grupos analisados.

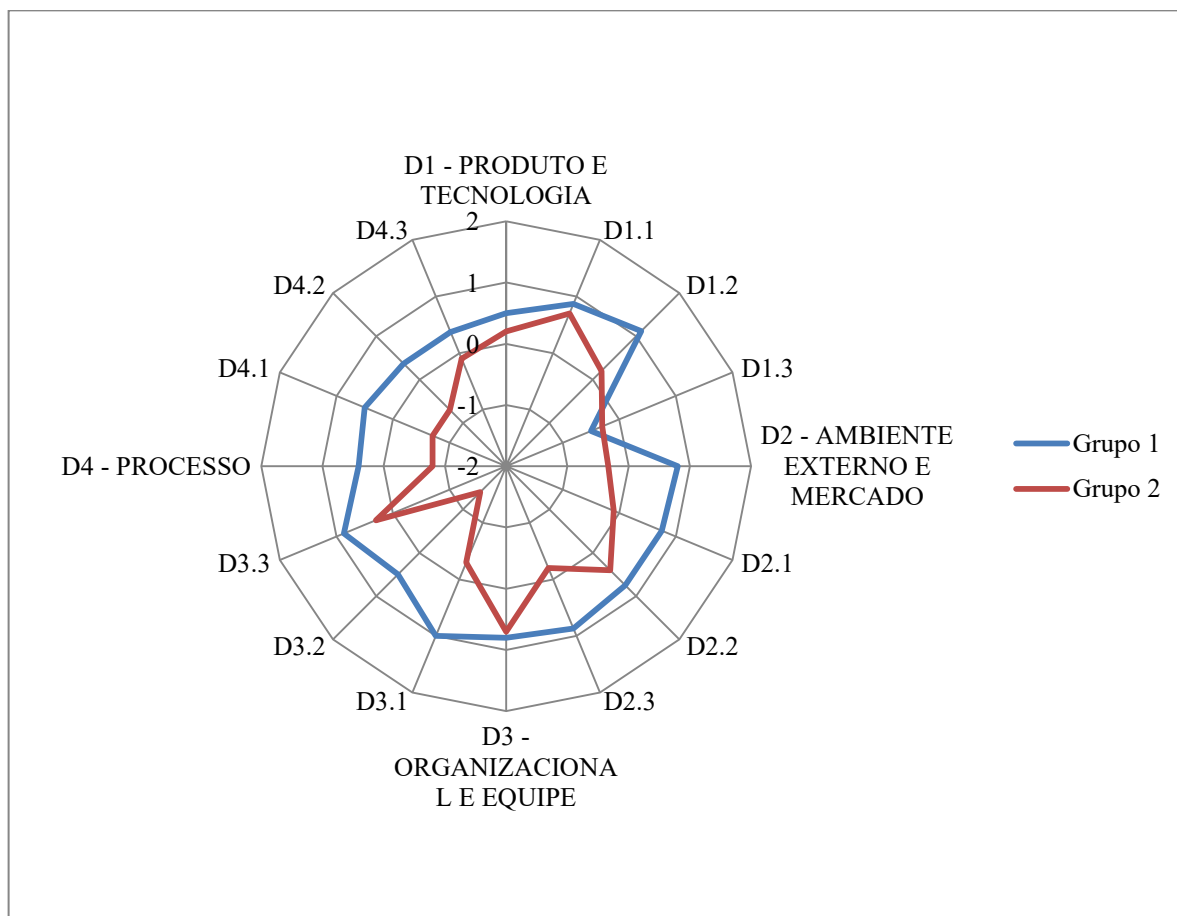
Dimensões	Média das Dimensões	
	Pesquisadores (Grupo 1)	Pesquisadores (Grupo 2)
D1- Produto e Tecnologia	0,5	0,2
D1. 1 - Nível de desenvolvimento tecnológico.	0,87	0,7
D1. 2 - Vantagem tecnológica.	1,12	0,2
D1. 3 - Evolução de patentes.	-0,5	-0,3
D2 - Ambiente Externo e Mercado	0,8	-0,3
D2. 1 - Interferências governamentais.	0,75	-0,1
D2. 2 - Clientes.	0,75	0,4
D2. 3 - Contexto.	0,87	-0,2
D3 - Organizacional e equipe	0,8	0,7
D3. 1 - Cooperação interfuncional.	1	-0,3
D3. 2 - Integração entre governos, universidades e empresas.	0,5	-1,4
D3. 3 - Competência técnica.	0,87	-0,3
D4 - Dimensão Processo	0,41	-0,8
D4. 1 - Atividades de geração e seleção de ideias.	0,5	-0,7
D4. 2 - Atividades de construção de protótipo.	0,37	-0,7
D4. 3 - Proficiência em pré-desenvolvimento.	0,37	-0,1

Fonte: Adaptado de Cavazza 2019.

Os valores das médias calculadas com a ajuda do software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) foram plotadas no gráfico radar inovação, Figura 26, que fornece ao leitor uma análise simplificada dos dados. O grupo 1 obteve a avaliação do potencial inovativo melhor que o grupo 2. A dimensão D1. 2 “Vantagem tecnológica” foi a mais bem avaliada. Outras dimensões com padrão semelhante foram a D 1.1 “Nível de desenvolvimento tecnológico”, D3. 1 “Cooperação interfuncional” e D3. 3 “Competência técnica”. No geral, o grupo 1 apresentou menor oscilação entre as dimensões. A única dimensão que obteve uma média notadamente abaixo das demais foi a D1. 3 “Evolução das patentes”.

No grupo 2, formado por pesquisadore de diferentes áreas do conhecimento, as médias gerais podem ser consideradas baixas em todas as dimensões. Dentre as dimensões principais, apenas D1 “Produto e Tecnologia” e D3 “Organizacional e Equipe” obtiveram médias positivas, entretanto ficaram abaixo de 1. A dimensão D3. 2 “Integração entre governos, universidades e empresas” foi a dimensão que obteve a menor média. Essas médias indicam a percepção dos pesquisadores de que existe grande possibilidade de inovação em todas as dimensões.

Figura 26 - Radar Inovação com as médias das dimensões para cada grupo.



Fonte: Autor da pesquisa.

Apesar dos procedimentos adotados possibilitarem o alcance dos objetivos propostos nesta tese, algumas dimensões específicas da esfera pública não foram incluídas no radar inovação, uma vez que a literatura foca, sobretudo, em avaliações direcionadas ao setor privado.

Em virtude dessa lacuna, é proposto que a dimensão política seja incluída na ferramenta radar inovação ou outras ferramentas destinadas à avaliação de instituições públicas. Apesar de tal dimensão não ser amplamente explorada nos FCS, para avaliações de tecnologias e produtos no setor privado, a esfera pública não pode esquecer a dimensão política, uma vez que ela exerce grande relevância nas relações de poder e no processo decisório presentes no setor público.

A política se contrapõe à ideia de que as organizações são conduzidas apenas por ações puramente racionais em que as pessoas sempre agem em conjunto em prol de objetivos comuns. Um dos precursores da racionalidade é Max Weber que propõe a burocracia como

meio de se obter rapidez, redução de custos e padronização na administração de organizações (Bin e Castor, 2007).

Ao contrário da visão puramente racional, nas organizações, existem redes de pessoas independentes, com interesses conflitantes, que se associam a oportunidades. A política organizacional pode ser focalizada entre a inter-relação entre interesses, conflito e poder. Essa dimensão política nasce, quando as pessoas pensam diferente e querem assim agir também, portanto tanto a dimensão política quanto a dimensão racional coexistem na prática (Morgan, 1996).

A dimensão política se torna importante à medida que influencia o direcionamento das pesquisas em universidades. Dependendo do posicionamento político do pesquisador, ele pode se alinhar ou não a interesses de mercado, que, por sua vez, pode entrar em conflito com o interesse público (Hall, Link e Scott, 2001). A literatura recente advoga que pesquisas em universidades atendam simultaneamente o interesse público sem deixar interesses de mercado e de parcerias com o setor privado (Bagnato, Ortega e Marcolan, 2015); (Good *et al.*, 2019).

5.2 Implicações

O objetivo geral é avaliar o potencial do Biospeckle Laser (BSL) gerar tecnologias inovadoras, a partir da identificação e avaliação de Fatores Críticos de Sucesso (FCS), no Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP) em universidades. Para esse fim, foram desenvolvidos argumentos teóricos, baseados numa série de estudos prévios, para justificar a escolha de um conjunto de FCS para a avaliação de DNP em universidades. Com base nesses estudos e nos resultados da pesquisa, são elencadas as implicações teóricas.

- a) Comprovação de uma lacuna teórica para a avaliação de pesquisas em universidades;
- b) Definição de um conjunto de 16 FCS que podem ser utilizados na avaliação de DNP em universidades;
- c) Propomos a inclusão da dimensão política seja no radar inovação ou em outras ferramentas destinadas à avaliação de DNP em universidades;
- d) Descrição abrangente das potencialidades e fragilidades da técnica BSL no contexto das universidades;

- e) Demonstramos a importância de adaptação do radar inovação, de acordo com o contexto em que é aplicado (setor privado, setor público, tipo de produto ou tecnologia).

As implicações teóricas deste estudo poderão ajudar pesquisadores a focar em aspectos relevantes, ao lidar com avaliação de suas pesquisas, sendo que reforça a ausência de um padrão de FCS que se adapte a qualquer situação. Além disso, propõe a necessidade de criação de novos FCS conforme a demanda contextual ou experiência do pesquisador. Os FCS propostos nesta pesquisa podem servir de base a novos estudos que objetivem avaliar pesquisas em andamento em universidades.

Além da contribuição teórica, esta pesquisa contribui com as seguintes implicações práticas:

- a) Fornece uma ferramenta simples para ajudar pesquisadores e gestores acadêmicos a avaliar pesquisas em universidades;
- b) Evita desperdício de tempo, materiais, equipamentos e mão de obra em pesquisas não promissoras;
- c) Estimula pesquisadores a compreender as implicações de suas pesquisas não apenas na comunidade acadêmica, mas na sociedade civil e no mercado;
- d) Fornece uma avaliação de FCS da técnica BSL que poderá auxiliar os pesquisadores a tomar decisões concernentes aos rumos das pesquisas nesta área.

Essas implicações práticas estão alinhadas com a escassez de recursos e a crescente participação das universidades no desenvolvimento de novas tecnologias. Reforçam a responsabilidade que pesquisadores possuem dentro da cadeia de inovação em parceria com empresas. Destacam que, sem esquecer a pesquisa de base, as pesquisas aplicadas devem ser precedidas de uma avaliação honesta das demandas e potencialidades da pesquisa em questão.

6 CONCLUSÃO

Esta seção versará sobre a apresentação das conclusões, das recomendações para futuros trabalhos e sugestões. Como mencionado na seção introdutória, o objetivo geral desta tese é avaliar o potencial do Biospeckle Laser (BSL) gerar tecnologias inovadoras, a partir da identificação e avaliação de fatores críticos de sucesso (FCS), no desenvolvimento de novos produtos (DNP) em universidades. Para o alcance desse objetivo, o primeiro passo foi identificar e selecionar FCS para DNP. Em seguida, esses FCS foram adotados como novas dimensões de um radar inovação adaptado.

A ideia inicial desse processo de avaliação era entregar um diagnóstico acabado sobre o potencial inovativo do BSL. Essa opção, entretanto mostrou-se a menos indicada visto que foi constatado, no decorrer deste trabalho, que a maior parte das dimensões de inovação seria mais bem avaliada pelo próprio pesquisador da técnica BSL. A partir dessa conclusão, a preocupação seguinte foi criar uma ferramenta simples para uma avaliação eficiente das pesquisas com BSL e das pesquisas em outras áreas do conhecimento.

Assim, optou-se por duas linhas de ação. A primeira focou na análise preliminar do BSL e a segunda pela identificação de fatores críticos de sucesso que pudessem avaliar pesquisas em universidades. O resultado das duas ações permitiu que o processo de avaliação lançasse um olhar detalhado para a técnica BSL, sem, entretanto, deixar fora dimensões capazes de avaliar outras pesquisas no contexto acadêmico.

A análise preliminar da técnica BSL se deu pela revisão sistemática da literatura e análise de patentes. A revisão da literatura revelou que, em um processo simplificado de inovação, no contexto das universidades, a técnica BSL encontra-se nas fases iniciais de 1) geração e triagem de ideias e 2) desenvolvimento de protótipos.

Na primeira fase, em que ocorre a seleção de ideias de novas pesquisas, não foram verificadas ações sistemáticas de geração de ideias que contribuíssem com o alinhamento dos esforços. Isso quer dizer que, dentre os inúmeros trabalhos com a aplicação do BSL, não foi observada uma continuidade ou uma ligação direta entre as diversas linhas de pesquisa. Por exemplo, dezenas de trabalhos analisados propõem novas formas de aplicação do BSL, todavia não há trabalhos subsequentes para comprovar a efetividade ou não de tais aplicações. É como observar diversos pontos em uma lousa sem que existam linhas que conectem esses pontos, mesmo estando próximos uns dos outros.

Além disso, apesar de inúmeras pesquisas serem conduzidas com o mesmo tipo de amostras, o que pode sugerir um alinhamento de ideias, isso não é verdade, dado que não ocorre um consenso sobre as metodologias, sobre a validade definitiva dos resultados ou sobre o tipo de aplicação do BSL em determinado tipo de amostra. Assim, a recomendação é que toda essa infinidade de trabalhos seja conectada de forma que o conhecimento acumulado possa ser direcionado e aprimorado em prol do desenvolvimento de um produto inovador.

Essa conexão poderia ser feita, por exemplo, por uma rede de comunicação efetiva entre pesquisadores, para que a geração e triagem de ideias não ocorram de forma isolada ou aleatória, como tem ocorrido no Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Aplicada à Agropecuária (CEDIA), sediado na UFLA. Nesse laboratório, cada nova pesquisa com a técnica BSL é norteada, principalmente, pela formação acadêmica de novos alunos de doutorado ou de mestrado e não por um objetivo maior previamente definido de desenvolvimento de um novo produto.

Como exposto na seção dois, está ultrapassado o velho paradigma de que as universidades, apenas e tão somente, produzem pesquisas descompromissadas de forma isolada e sem um propósito definido. Na atualidade, as universidades saem de um modelo linear em longo prazo e são inseridas em um processo de inovação cíclico tanto em longo como em curto prazo. Ou seja, tanto pesquisas de base como as pesquisas aplicadas se complementam. No novo paradigma, ocorre a mesclagem de disciplinas de marketing, pesquisa e desenvolvimento e criação de novos times externos e internos.

Em relação à fase 2, existem algumas iniciativas de desenvolvimento de protótipos, no entanto a conclusão é que eles ainda não são efetivamente aplicáveis fora de ambientes controlados de laboratórios. São duas as principais justificativas dessa conclusão. A primeira diz respeito a uma interface impraticável do ponto de vista comercial. Ou seja, uma vez realizada a análise da amostra, os dados devem ser interpretados e avaliados por especialistas. Assim, os protótipos existentes ainda não exploram a possibilidade de entregar uma análise que faça sentido para o usuário final.

A última justificativa diz respeito à inexistência de um protocolo metodológico de análise universal, o que também torna inviável qualquer iniciativa de produção em escala. Isso significa que, para se obter avaliações iguais, é necessário que a configuração experimental e as condições externas sejam reproduzidas. Qualquer alteração entregará resultados diferentes.

Quanto à análise de patentes, pode ser fundamentada em duas principais categorias de análise. A primeira sugere que tecnologias promissoras sejam formadas por um conjunto

considerável de patentes, ou seja, o somatório de várias patentes forma um campo tecnológico promissor. A segunda tem seu foco teórico de análise em cada patente individualmente. O objetivo é encontrar uma patente valiosa e não um conjunto de patentes que em tese formam um campo tecnológico valioso. Do ponto de vista da primeira categoria de análise, o número de patentes encontradas, no período de 40 anos, foi considerado pequeno. Não foi observado um conjunto abrangente de patentes integradas em um único produto ou campo tecnológico, porque as patentes não possuem relação direta entre si e utilizam amostras e objetivos muito distintos. Quanto à segunda categoria de análise, optou-se por não realizar nenhum parecer, uma vez que seria necessário um estudo qualitativo das patentes a ser realizado por especialistas em BSL.

Fundamentado na análise preliminar e na análise de patentes é possível esboçar uma conclusão sobre o potencial da técnica BSL gerar tecnologias inovadoras antes da análise final a ser realizada pelos próprios especialistas. A conclusão é que tanto a análise de patentes como os trabalhos acadêmicos parecem não possuir resultados necessários para atrair empresas dispostas a investirem no desenvolvimento de novos produtos.

É preciso levar em consideração que empresas podem investir em pesquisas antes mesmo de estas se iniciarem. Assim, o fato de as pesquisas com BSL realizadas nas universidades não apresentarem nenhuma aplicação efetiva fora dos laboratórios não pode ser considerado um fator isolado para não atrair investimentos privados. A comprovação de uma demanda com eventuais produtos, utilizando a técnica BSL, poderia estimular parcerias com empresas. Além disso, conforme discutido no referencial teórico, foram identificados no mercado dois produtos que utilizam a técnica BSL. Como então é possível existirem esses produtos se as pesquisas acadêmicas ainda não possuem o avanço tecnológico necessário para a consolidação de um produto? A conclusão plausível é que empresas privadas possam ter desenvolvido suas pesquisas de forma independente, sem a participação direta de universidades.

O autor desta pesquisa não possui informações sobre o sucesso de vendas ou da demanda desses produtos. Porém, é possível concluir que há uma diferença tecnológica entre as pesquisas realizadas nas universidades e as que existem nas empresas que desenvolveram tais produtos. Esse cenário remete aos modelos de inovação, apresentados na seção dois, em que a interação e a comunicação entre os diversos agentes de inovação, como empresas, fornecedores, governos e universidades, constituem uma das mais importantes variáveis. Nesse caso, com base na análise da literatura e das patentes, não se identificaram relações

para troca de conhecimento entre universidades e as empresas que desenvolveram esses produtos.

Depois da análise preliminar da técnica BSL, na próxima etapa, foi conduzida a busca e seleção de FCS. A principal dificuldade foi a escassez de trabalhos que abordassem a avaliação de pesquisas em universidades ou que utilizassem FCS para esse tipo de avaliação. A conclusão, para essa realidade, é que a ausência de pressão por resultados e lucros, como acontece nas empresas, cria certa liberdade para as universidades pesquisarem sem a cobrança por resultados em curto prazo. Essa situação acaba criando a sensação de não ser necessária a avaliação da efetividade das pesquisas.

Finalizado todo o processo de seleção de FCS e sua inclusão numa adaptação do radar inovação, dois grupos de pesquisadores responderam ao questionário para a avaliação de pesquisas em universidades. O primeiro grupo era formado por pesquisadores da técnica BSL e o segundo, constituído de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento de universidades do Brasil.

Ressalta-se o pequeno número de pesquisadores que atuam diretamente com BSL no mundo. A literatura evidenciou que poucos acadêmicos se dedicam a esse tema. Além disso, por estarem localizados em diferentes países, não foi possível ter acesso a todos, porém, apesar da amostra ser pequena, ela representa uma quantidade significativa.

Os resultados do grupo 1 apontaram pouca oscilação entre as dimensões de inovação das pesquisas com BSL, mas um grande espaço para inovações em todas as dimensões. A maior oscilação ocorreu na dimensão D1. 3 “Evolução de patentes”. O baixo potencial inovativo dessa dimensão está em consonância com resultados da análise de patentes realizado nesta pesquisa. Ou seja, as patentes relacionadas ao BSL precisam passar por avanços consideráveis a fim de serem capazes de gerarem novas tecnologias inovadoras.

Com base na comparação entre os resultados do radar inovação e a análise preliminar, é possível concluir que os FCS mais relevantes, para a técnica BSL gerar tecnologias inovadoras, são D1. 3 “Evolução de patentes”, D4. 1 “Atividades de geração e seleção de ideias”, D4. 2 “Atividade de construção de protótipo” e D4. 3 “Proficiência em desenvolvimento”. Não quer dizer que os demais FCS não sejam importantes, pelo contrário, todos possuem relevância. Esses resultados indicam que, neste momento, as pesquisas com a técnica BSL demonstram maior necessidade de inovar nessas dimensões para que possam obter melhores resultados em direção ao desenvolvimento de novas tecnologias.

A avaliação de pesquisas realizadas pelo segundo grupo revelou um baixo nível de inovação em todas as 16 dimensões, em especial, a dimensão D3. 2 “Integração entre governos, universidades e empresas”. Também merecem destaque as dimensões D2. 1 “Interferências governamentais” e D4. 1 “Atividades de geração e seleção de ideias”. Esses resultados indicam um contexto nacional em que as universidades ainda exercem pesquisas, mantendo certa distância das empresas em que a relação com os governos é considerada não satisfatória e, muitas vezes, conflituosa.

A conclusão é de que não são apenas fatores econômicos os limitadores do protagonismo brasileiro na pesquisa mundial, visto que a melhora na interação entre universidade e empresas e a adoção de práticas de gerenciamento de ideias não carecem de investimentos elevados. Outras dimensões de inovação que envolvem o conhecimento claro das demandas de mercado e o trabalho conjunto entre os departamentos de pesquisa das universidades, também, podem ser desenvolvidas por boas práticas administrativas.

Por outro lado, dimensões como D3. 3 “Competência técnica” e D1.1 “Nível de desenvolvimento tecnológico” tiveram uma avaliação acima da média geral. Esses resultados indicam que boa parte dos pesquisadores entrevistados possui uma autoavaliação positiva de suas pesquisas e competências.

Pela forma como as percepções negativas e positivas de cada dimensão foram apresentadas, é possível concluir que existe uma tendência clara dos pesquisadores apontarem fatores externos como os principais limitadores do sucesso de pesquisas nas universidades brasileiras. O foco principal à realização de pesquisas, sem considerar a forma como ela se relaciona com as demandas externas, afasta as universidades do protagonismo dos processos de inovação. Se a maior parte dos pesquisadores consideram suas pesquisas relevantes e capazes de contribuir com novas tecnologias, é preciso criar mecanismos para apresentar esses resultados à iniciativa privada, uma vez que as universidades não são as responsáveis pela produção e comercialização de suas tecnologias.

O autor desta tese gostaria de fazer algumas recomendações para os dois grupos de pesquisadores envolvidos. Notem que, nesta pesquisa, procurou-se reforçar a importância e a responsabilidade das universidades dentro do processo de inovação. Além disso, buscou-se enfatizar que a geração de conhecimentos científicos e tecnológicos precisam estar alinhados às necessidades da sociedade. Assim, recomenda-se que pesquisadores ligados às universidades busquem desenvolver suas pesquisas com foco na real necessidade de nossa sociedade. Aproximem-se de empresários que possam se interessar por sua área de pesquisa,

desenvolvam capacidades gerenciais voltadas para o desenvolvimento de produtos, pesquisem sobre demandas e adotem uma postura estratégica direcionada para resultados de curto prazo e de longo prazo. Finalmente, adotem um novo paradigma uma vez que vocês também são responsáveis por transferir todo conhecimento produzido para a sociedade.

Para finalizar, recomenda-se a pesquisadores que desejem explorar o tema aqui abordado que considerem incluir a dimensão política em avaliações de pesquisas. Essa dimensão, além de estar presente em qualquer tipo de organização, pode exercer maior relevância em organizações públicas. Conforme apresentado na seção cinco, a política se contrapõe à ideia de que as organizações são conduzidas apenas por ações puramente racionais, em que as pessoas sempre agem em conjunto em prol de objetivos comuns. Ao contrário, nas organizações, há redes de pessoas independentes, com interesses conflitantes, que se associam a oportunidades.

Essa recomendação ganha importância, principalmente, quando se verificam situações em que os interesses de mercado se sobrepõem aos benefícios da ciência para a sociedade; quando uma nova tecnologia inovadora é capaz de tornar obsoletas tecnologias lucrativas em operação. Nesse cenário, é preciso compreender os interesses das partes envolvidas que levam a conflitos o bem público e a lógica de mercado. Portanto a dimensão política é focada na inter-relação entre as variáveis interesses, conflito e poder. Espera-se que tais variáveis sejam incorporadas em novas ferramentas de avaliação.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R.; BESSANT, J.; PHELPS, R. Innovation management measurement: A review. **International Journal of Management Reviews**, v. 8, n. 1, p. 21-47, 2006. ISSN 1460-8545. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2370.2006.00119.x> >.
- AHMED, M. Numerical characterization of intensity and frequency fluctuations associated with mode hopping and single-mode jittering in semiconductor lasers. **Physica D: Nonlinear Phenomena**, v. 176, n. 3-4, p. 212-236, 2003. ISSN 0167-2789.
- ALMAJED, A. I.; MAYHEW, P. An empirical investigation of IT project success in developing countries. 2014 Science and Information Conference, 2014, IEEE. p.984-990.
- AMARAL, I. C. et al. Application of biospeckle laser technique for determining biological phenomena related to beef aging. **Journal of Food Engineering**, v. 119, n. 1, p. 135-139, 2013. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84879064487&doi=10.1016%2fj.jfoodeng.2013.05.015&partnerID=40&md5=80751e3b3ec647190be857cf1472c213> >.
- ANTHONY, R. N.; GOVINDARAJAN, V.; DEARDEN, J. **Management control systems**. Irwin McGraw-Hill Boston, MA, 1998.
- ARDITO, L. et al. Towards Industry 4.0. **Business Process Management Journal**, 2019. ISSN 1463-7154.
- AXELSSON, K.; MELIN, U.; SÖDERSTRÖM, F. Analyzing best practice and critical success factors in a health information system case: Are there any shortcuts to successful IT implementation? , 19th European Conference on Information Systems, Helsinki, Finland, June 9-11, 2011, 2011, European Conference on Information Systems (ECIS) and Association for p.2157-2168.
- BAGNATO, V. S.; ORTEGA, L. M.; MARCOLAN, D. **Guia prático II: Transferência de Tecnologia: parcerias entre universidade e empresa**: Recuperado em 2015.
- BALACHANDRA, R.; FRIAR, J. H. Factors for success in R&D projects and new product innovation: a contextual framework. **IEEE Transactions on Engineering management**, v. 44, n. 3, p. 276-287, 1997. ISSN 0018-9391.
- BARCZAK, G.; KAHN, K. B. Identifying new product development best practice. **Business horizons**, v. 55, n. 3, p. 293-305, 2012. ISSN 0007-6813.
- BAREGHEH, A.; ROWLEY, J.; SAMBROOK, S. Towards a multidisciplinary definition of innovation. **Management decision**, v. 47, n. 8, p. 1323-1339, 2009. ISSN 0025-1747.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. Edgard Blucher, 2000. ISBN 8521202652.
- BERSSANETI, F. T.; CARVALHO, M. M. Identification of variables that impact project success in Brazilian companies. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 3, p. 638-649, 2015. ISSN 0263-7863.

BIN, D.; CASTOR, B. V. J. Racionalidade e política no processo decisório: estudo sobre orçamento em uma organização estatal. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 11, n. 3, p. 35-56, 2007. ISSN 1415-6555.

BOYNTON, A. C.; ZMUD, R. W. An assessment of critical success factors. **Sloan management review**, v. 25, n. 4, p. 17-27, 1984.

BRAGA JR, R. A. et al. Assessment of Seed Viability by Laser Speckle Techniques. **Biosystems Engineering**, v. 86, n. 3, p. 287-294, 2003. Disponível em: <
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0242340365&doi=10.1016%2fbiosystemseng.2003.08.005&partnerID=40&md5=7d5739d41beefcbd2000d989cc2089b8> >.

BRAGA, R.; RIVERA, F.; MOREIRA, J. A Practical Guide to Biospeckle Laser Analysis: Theory and Software. **Lavras: Editora UFLA**, 2016.

BRAGA, R. A. Challenges to Apply the Biospeckle Laser Technique in the Field. **CHEMICAL ENGINEERING**, v. 58, 2017.

BREITZMAN, A.; THOMAS, P. The Emerging Clusters Model: A tool for identifying emerging technologies across multiple patent systems. **Research policy**, v. 44, n. 1, p. 195-205, 2015. ISSN 0048-7333.

BRIERS, J. Wavelength dependence of intensity fluctuations in laser speckle patterns from biological specimens. **Optics communications**, v. 13, n. 3, p. 324-326, 1975. ISSN 0030-4018.

BRIERS, J. D.; WEBSTER, S. Laser speckle contrast analysis (LASCA): a non-scanning, full-field technique for monitoring capillary blood flow. **Journal of biomedical optics**, v. 1, n. 2, p. 174-180, 1996. ISSN 1083-3668.

BULLEN, C. V.; ROCKART, J. F. A primer on critical success factors. 1981.

BUSH, V. **Science, the endless frontier: A report to the President**. US Govt. print. off., 1945a.

_____. **Science: The Endless Frontier: a Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research, July 1945**. National Science Foundation, 1945b.

CAMPI, M.; DUEÑAS, M. Intellectual property rights and international trade of agricultural products. **World Development**, v. 80, p. 1-18, 2016. ISSN 0305-750X.

CAVAZZA, B. H. **Critical success factors for the insertion of autonomous vehicles as a product service system in a country**. 2019. 173 p. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

CHENG, C.-F.; CHANG, M.-L.; LI, C.-S. Configural paths to successful product innovation. **Journal of Business Research**, v. 66, n. 12, p. 2561-2573, 2013. ISSN 0148-2963.

CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. **Open innovation: Researching a new paradigm**. Oxford University Press on Demand, 2006. ISBN 0199290725.

CHESBROUGH, H. W. **The era of open innovation**. MIT Sloan Management, v. 44, n. 3, p.35-41, 2003.

CHO, T.-S.; SHIH, H.-Y. Patent citation network analysis of core and emerging technologies in Taiwan: 1997-2008. **Scientometrics**, v. 89, n. 3, p. 795-811, 2011. ISSN 0138-9130.

CHOON-CHIANG, L. City clubs in Singapore: Competitor analysis and key success factors. **Asia Pacific Journal of Tourism Research**, v. 3, n. 1, p. 55-63, 1998. ISSN 1094-1665.

CHRISTENSEN, C. M. **The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail**. Harvard Business Review Press, 2013. ISBN 1422197581.

COOPER, R. G. Stage Gate systems: a new tool for managing new products. **Business horizons**, v. 33, n. 3, p. 44-54, 1990. ISSN 0007-6813.

_____. **Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch**. 2001.

_____. **Perspective: The stage-gate® idea-to-launch process—update, what's new, and nexgen systems**. **Journal of product innovation management**, v. 25, n. 3, p. 213-232, 2008. ISSN 0737-6782.

COOPER, R. G. What's Next?: After Stage Gate. **Research-Technology Management**, v. 57, n. 1, p. 20-31, 2014/01/01 2014. ISSN 0895-6308. Disponível em: < <https://doi.org/10.5437/08956308X5606963> >.

COOPER, R. G. The drivers of success in new-product development. **Industrial Marketing Management**, v. 76, p. 36-47, 2019/01/01/ 2019. ISSN 0019-8501. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019850118300476> >.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. New products: what separates winners from losers? **Journal of product innovation management**, v. 4, n. 3, p. 169-184, 1987. ISSN 0737-6782.

_____. The drivers of success in new-product development. **Industrial Marketing Management**, v. 76, p. 36-47, 2019/01/01/ 2019. ISSN 0019-8501. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019850118300476> >.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio management for new products**. 2001.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. An investigation into the new product process: Steps, deficiencies, and impact. **Journal of Product Innovation Management**, v. 3, n. 2, p. 71-85, 1986/06/01/ 1986. ISSN 0737-6782. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0737678286900305> >.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. Benchmarking the firm's critical success factors in new product development. **Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development & Management Association**, v. 12, n. 5, p. 374-391, 1995. ISSN 0737-6782.

COOPER, R. G.; SOMMER, A. F. Agile-Stage Gate for Manufacturers: Changing the Way New Products Are Developed Integrating Agile project management methods into a Stage Gate system offers both opportunities and challenges. **Research-Technology Management**, v. 61, n. 2, p. 17-26, 2018. ISSN 0895-6308.

COSTA, A. G. et al. Determination of macaw fruit harvest period by biospeckle laser technique. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 9, p. 674-683, 2017. ISSN 1991-637X.

CYERT, R. M.; GOODMAN, P. S. Creating effective university-industry alliances: An organizational learning perspective. **Organizational dynamics**, v. 25, n. 4, p. 45-58, 1997. ISSN 0090-2616.

DA ROCHA, A.; CHRISTENSEN, C. **Marketing: Teoria E Prática No Brasil**. Editora Atlas SA, 2000. ISBN 8522470103.

DAHLIN, K. B.; BEHRENS, D. M. When is an invention really radical?: Defining and measuring technological radicalness. **Research Policy**, v. 34, n. 5, p. 717-737, 2005/06/01/ 2005. ISSN 0048-7333. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733305000764> >.

DAINTRY, J. C. **Laser Speckle and Related Phenomena**. Springer Verlag 1975.

DANIEL, D. R. Management information crisis. **Harvard business review**, p. 111-121, 1961.

DEWANGAN, V.; GODSE, M. Towards a holistic enterprise innovation performance measurement system. **Technovation**, v. 34, n. 9, p. 536-545, 2014. ISSN 0166-4972.

DEWAR, R. D.; DUTTON, J. E. The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis. **Management science**, v. 32, n. 11, p. 1422-1433, 1986. ISSN 0025-1909.

DZIALLAS, M.; BLIND, K. Innovation indicators throughout the innovation process: an extensive literature analysis. **Technovation**, 2018. ISSN 0166-4972.

EDISON, H.; BIN ALI, N.; TORKAR, R. Towards innovation measurement in the software industry. **Journal of Systems and Software**, v. 86, n. 5, p. 1390-1407, 2013. ISSN 0164-1212.

EDWARDS-SCHACHTER, M. The nature and variety of innovation. **International Journal of Innovation Studies**, v. 2, n. 2, p. 65-79, 2018/06/01/ 2018. ISSN 2096-2487. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096248718300249> >.

ELING, K.; HERSTATT, C. Managing the front end of innovation—Less fuzzy, yet still not fully understood. **Journal of Product Innovation Management**, v. 34, n. 6, p. 864-874, 2017. ISSN 0737-6782.

ENGELBRECHT, W.; KRUGER, M.; SAAYMAN, M. An analysis of critical success factors in managing the tourist experience at Kruger National Park. **Tourism Review International**, v. 17, n. 4, p. 237-251, 2014. ISSN 1544-2721.

ÉRDI, P. et al. Prediction of emerging technologies based on analysis of the US patent citation network. **Scientometrics**, v. 95, n. 1, p. 225-242, 2013. ISSN 0138-9130.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The Triple Helix--University-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. **EASST review**, v. 14, n. 1, p. 14-19, 1995.

EVANSCHITZKY, H. et al. Success factors of product innovation: An updated meta-analysis. **Journal of product innovation management**, v. 29, p. 21-37, 2012. ISSN 0737-6782.

FATORACHIAN, H.; KAZEMI, H. A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 8, p. 633-644, 2018. ISSN 0953-7287.

FERCHER, A.; BRIERS, J. D. Flow visualization by means of single-exposure speckle photography. **Optics communications**, v. 37, n. 5, p. 326-330, 1981. ISSN 0030-4018.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da Pesquisa Científica. 2002.

FOSS, N. J.; SAEBI, T. Fifteen Years of Research on Business Model Innovation: How Far Have We Come, and Where Should We Go? **Journal of Management**, v. 43, n. 1, p. 200-227, 2017/01/01 2016. ISSN 0149-2063. Disponível em: <
<https://doi.org/10.1177/0149206316675927> >. Acesso em: 2019/04/10.

GALLOUJ, F.; ZANFEI, A. Innovation in public services: Filling a gap in the literature. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 27, p. 89-97, 2013/12/01/ 2013. ISSN 0954-349X. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954349X13000647> >.

GAULT, F. Defining and measuring innovation in all sectors of the economy. **Research Policy**, v. 47, n. 3, p. 617-622, 2018. ISSN 0048-7333.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008. ISBN 8522451427.

GOLDSTEIN, S. M. et al. The service concept: the missing link in service design research? **Journal of Operations management**, v. 20, n. 2, p. 121-134, 2002. ISSN 0272-6963.

GOOD, M. et al. The technology transfer ecosystem in academia. An organizational design perspective. **Technovation**, v. 82, p. 35-50, 2019. ISSN 0166-4972.

HAGEDOORN, J. Organizational modes of inter-firm co-operation and technology transfer. **Technovation**, v. 10, n. 1, p. 17-30, 1990. ISSN 0166-4972.

HALL, B. H.; LINK, A. N.; SCOTT, J. T. Barriers inhibiting industry from partnering with universities: evidence from the advanced technology program. **The Journal of Technology Transfer**, v. 26, n. 1-2, p. 87-98, 2001. ISSN 0892-9912.

HART, S. et al. Industrial Companies' Evaluation Criteria in New Product Development Gates. **Journal of Product Innovation Management**, v. 20, n. 1, p. 22-36, 2003. ISSN 0737-6782. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1540-5885.201003> >.

HASNER, C.; DE LIMA, A. A.; WINTER, E. Technology advances in sugarcane propagation: A patent citation study. **World Patent Information**, v. 56, p. 9-16, 2019. ISSN 0172-2190.

HUANG, M.-H.; CHEN, D.-Z. How can academic innovation performance in university-industry collaboration be improved? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 123, p. 210-215, 2017/10/01/ 2017. ISSN 0040-1625. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516300130> >.

HULLOVA, D.; TROTT, P.; SIMMS, C. D. Uncovering the reciprocal complementarity between product and process innovation. **Research policy**, v. 45, n. 5, p. 929-940, 2016. ISSN 0048-7333.

JIN, G.; JEONG, Y.; YOON, B. Technology-driven roadmaps for identifying new product/market opportunities: Use of text mining and quality function deployment. **Advanced Engineering Informatics**, v. 29, n. 1, p. 126-138, 2015. ISSN 1474-0346.

JOUNG, J.; KIM, K. Monitoring emerging technologies for technology planning using technical keyword based analysis from patent data. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 114, p. 281-292, 2017. ISSN 0040-1625.

KEELE, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In: (Ed.). **Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report**. EBSE: sn, 2007.

KENNY, E.; COAKLEY, D.; BOYLE, G. Biospeckle in the human sclera and impact on laser speckle correlation measurement of eye tremor. **Journal of Biomedical Optics**, v. 18, n. 9, 2013. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84887847174&doi=10.1117%2f1.JBO.18.9.097009&partnerID=40&md5=f3f8ac85ef4f817c73988b7ff0af0336> >.

KHANDELWAL, V. K.; FERGUSON, J. R. Critical success factors (CSFs) and the growth of IT in selected geographic regions. Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers, 1999, IEEE. p.13 pp.

KIRCHHOFF, B. A.; LINTON, J. D.; WALSH, S. T. Neo-Marshallian Equilibrium versus Schumpeterian Creative Destruction: Its Impact on Business Research and Economic Policy. **Journal of Small Business Management**, v. 51, n. 2, p. 159-166, 2013. ISSN 0047-2778.

KLINE, S. J. Innovation is not a linear process. **Research management**, v. 28, n. 4, p. 36-45, 1985. ISSN 0034-5334.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: (Ed.). **Studies On Science And The Innovation Process: Selected Works of Nathan Rosenberg**: World Scientific, 2010. p.173-203.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N.; LANDAU, R. The positive sum strategy: harnessing technology for economic growth. **An overview of innovation. Washington DC**, p. 275-307, 1986.

KOGUT, B.; HOOD, N.; VAHLNE, J. Country patterns in international competition: appropriability and oligopolistic agreement. **N, Hood and J, E, Vahlne (eds). Strategies in Global Competition, Croom-Helm, London**, p. 315-340, 1988.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Princípios de marketing: a edição do novo milênio**: São Paulo: Prentice Hall 2000.

KOTLER, P. K. KL Administração de marketing. **Tradução de Mônica Rosenberg, Cláudia Freire e Brasil Ramos Fernandes. São Paulo: Pearson**, 2006.

KYEBAMBE, M. N. et al. Forecasting emerging technologies: A supervised learning approach through patent analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 125, p. 236-244, 2017. ISSN 0040-1625.

LEE, C. et al. Early identification of emerging technologies: A machine learning approach using multiple patent indicators. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 127, p. 291-303, 2018. ISSN 0040-1625.

LEE, M.; LEE, S. Identifying new business opportunities from competitor intelligence: An integrated use of patent and trademark databases. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 119, p. 170-183, 2017. ISSN 0040-1625.

LEIDECKER, J. K.; BRUNO, A. V. Identifying and using critical success factors. **Long range planning**, v. 17, n. 1, p. 23-32, 1984. ISSN 0024-6301.

LENFLE, S.; LOCH, C. Lost Roots: How Project Management Came to Emphasize Control over Flexibility and Novelty. **California Management Review**, v. 53, n. 1, p. 32-55, 2010/11/01 2010. ISSN 0008-1256. Disponível em: <
<https://doi.org/10.1525/cmr.2010.53.1.32> >. Acesso em: 2019/06/03.

LI, Y. et al. Review of Critical Success Factors (CSFs) for green building projects. **Building and Environment**, 2019. ISSN 0360-1323.

LOPES, Mariana; TEIXEIRA, Aurora A.C. **Open Innovation in Firms Located in a Intermediate Technology Developed Country**. Institute for systems and computer engineering of Porto, Porto, n. 4, mar. 2009.

LYYTINEN, K.; YOO, Y.; BOLAND JR, R. J. Digital product innovation within four classes of innovation networks. **Information Systems Journal**, v. 26, n. 1, p. 47-75, 2016. ISSN 1350-1917.

MAKSYMENKO, O. P.; MURAVSKY, L. I.; BEREZYUK, M. I. Application of biospeckles for assessment of structural and cellular changes in muscle tissue. **Journal of Biomedical Optics**, v. 20, n. 9, p. 095006-095006, 2015. ISSN 1083-3668.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: foco na decisão**: São Paulo: Pearson Prentice Hall 2011.

MARIANI, M. S.; MEDO, M.; LAFOND, F. Early identification of important patents: Design and validation of citation network metrics. **Technological forecasting and social change**, v. 146, p. 644-654, 2019. ISSN 0040-1625.

MARQUES, J. P. Closed versus open innovation: evolution or combination? **International Journal of Business and Management**, v. 9, n. 3, p. 196, 2014. ISSN 1833-3850.

MEDEIROS, J. F. D. **Gestão da inovação em produtos ambientalmente sustentáveis**. 2013.

MENDES, G. H. D. S. O processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica: caracterização da gestão e proposta de modelo de referência. 2008.

MINGALEVA, Z.; MIRSKIKH, I. The Problems of Legal Regulation and Protection of Intellectual Property. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 81, p. 329-333, 2013. ISSN 1877-0428.

MOATARI-KAZEROUNI, A. et al. Impact of the business innovation strategy on new product development success measurement. Proceedings of the 2014 International Conference on Innovative Design and Manufacturing (ICIDM), 2014, IEEE. p.318-323.

MONTEIRO, F. M. L. **A aplicação do conceito de fatores críticos de sucesso em diversos ambientes: revisão de estudos empíricos**. 2012.

MONTOYA-WEISS, M. M.; CALANTONE, R. Determinants of new product performance: A review and meta-analysis. **Journal of Product Innovation Management**, v. 11, n. 5, p. 397-417, 1994/11/01/ 1994. ISSN 0737-6782. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0737678294900299> >.

MORGAN, G.; BERGAMINI, C. W.; CODA, R. **Imagens da organização**. Atlas São Paulo, 1996.

MUNDIM, A. P. F. et al. Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional. **Gestão & Produção**, v. 9, p. 1-16, 2002. ISSN 0104-530X. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2002000100002&nrm=iso >.

NAKWA, K.; ZAWDIE, G.; INTARAKUMNERD, P. Role of intermediaries in accelerating the transformation of inter-firm networks into Triple Helix networks: A case study of SME-based industries in Thailand. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 52, p. 52-61, 2012. ISSN 1877-0428.

NIEDERGASSEL, B.; LEKER, J. Different dimensions of knowledge in cooperative R&D projects of university scientists. **Technovation**, v. 31, n. 4, p. 142-150, 2011. ISSN 0166-4972.

NOVICKIS, L.; MITASIUNAS, A.; PONOMARENKO, V. Information technology transfer model as a bridge between science and business sector. **Procedia Computer Science**, v. 104, p. 120-126, 2017. ISSN 1877-0509.

OSLO, O. M. Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico**, 2005.

PADRÃO, L. C. **Fatores críticos de sucesso no desenvolvimento de produtos de empresas de base tecnológica incubadas**. 2011.

PAGE, A. L. Assessing new product development practices and performance: establishing crucial norms. **Journal of Product Innovation Management**, v. 10, n. 4, p. 273-290, 1993. ISSN 0737-6782.

PAVITT, K. The social shaping of the national science base. **Research policy**, v. 27, n. 8, p. 793-805, 1998. ISSN 0048-7333.

PERUCCHI, V. Produção de conhecimento científico e tecnológico nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: uma investigação sobre a sua natureza, divulgação e aplicação. 2015.

PFLAUM, B.; WEISSENBERGER-EIBL, M. A. Using network analysis to evaluate success factors for new product development. 2017 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS), 2017, IEEE. p.1-6.

PINTO, J. K.; SLEVIN, D. P. Critical success factors across the project life cycle. 1988, Project Management Institute Drexel Hill, PA.

PISANO, G. P. You need an innovation strategy. **Harvard Business Review**, v. 93, n. 6, p. 44-54, 2015.

REID, S. E.; DE BRENTANI, U. The fuzzy front end of new product development for discontinuous innovations: A theoretical model. **Journal of product innovation management**, v. 21, n. 3, p. 170-184, 2004. ISSN 0737-6782.

RIVERA, F. P.; BRAGA JR, R. A. Selection of statistical indices in the biospeckle laser analysis regarding filtering actions. **Optics Communications**, v. 394, p. 144-151, 2017. ISSN 0030-4018.

ROCHFORD, L.; RUDELIUS, W. How involving more functional areas within a firm affects the new product process. **Journal of Product Innovation Management**, v. 9, n. 4, p. 287-299, 1992. ISSN 0737-6782.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. **Harvard business review**, v. 57, n. 2, p. 81-93, 1979. ISSN 0017-8012.

ROCKART, J. F. The changing role of the information systems executive: a critical success factors perspective. 1980.

ROTHWELL, G.; ROTHWELL, R.; ZEGVELD, W. **Reindustrialization and technology**. ME Sharpe, 1985. ISBN 0873323300.

ROTHWELL, R. Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. **R&D Management**, v. 22, n. 3, p. 221-240, 1992. ISSN 0033-6807. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9310.1992.tb00812.x>>.

_____. Towards the fifth-generation innovation process. **International marketing review**, v. 11, n. 1, p. 7-31, 1994. ISSN 0265-1335.

RONDANI, B.; CHESBROUGH, H. Inovação aberta: **Um modelo a ser explorado no Brasil**. Revista da Fundação do Cabral, São Paulo v. 11, p. 52-59, abr.2010.

ROTHWELL, R.; DODGSON, M. European technology policy evolution: convergence towards SMEs and regional technology transfer. **Technovation**, v. 12, n. 4, p. 223-238, 1992. ISSN 0166-4972.

SAMAAN, M. et al. Identificação dos fatores críticos de sucesso no desenvolvimento de produtos de empresas de biotecnologia do estado de Minas Gerais. **Production**, v. 22, n. 3, p. 436-447, 2012. ISSN 0103-6513.

SARJA, J. Developing technology pushed breakthroughs: Defining and assessing success factors in ICT industry. **Acta Universitatis Ouluensis**, 2016.

SAWHNEY, M.; WOLCOTT, R. C.; ARRONIZ, I. The 12 different ways for companies to innovate. **MIT Sloan management review**, v. 47, n. 3, p. 75, 2006. ISSN 1532-9194.

SCHMIDT, J. B.; CALANTONE, R. J. Are really new product development projects harder to shut down? **Journal of product innovation management**, v. 15, n. 2, p. 111-123, 1998. ISSN 0737-6782.

SCHUMPETER, J. A.; FELS, R. **Business cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process**. McGraw-Hill New York, 1939.

Schumpeter, J. (1934), *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

SCHROEDER, A. et al. Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective. **Production Planning & Control**, v. 30, n. 16, p. 1305-1321, 2019. ISSN 0953-7287.

SHARMA, P.; TRIPATHI, R. Patent citation: A technique for measuring the knowledge flow of information and innovation. **World Patent Information**, v. 51, p. 31-42, 2017. ISSN 0172-2190.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. Unidade 2-A pesquisa científica. **Métodos de pesquisa**, v. 1, 2009.

SOETANTO, D.; JACK, S. The impact of university-based incubation support on the innovation strategy of academic spin-offs. **Technovation**, v. 50, p. 25-40, 2016. ISSN 0166-4972.

SONG, K.; KIM, K.; LEE, S. Identifying promising technologies using patents: A retrospective feature analysis and a prospective needs analysis on outlier patents. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 128, p. 118-132, 2018. ISSN 0040-1625.

SOUSA, J. E. **Definition and analysis of critical success factors for erp implementation projects**. 2004. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

SUN, H.; WING, W. C. Critical success factors for new product development in the Hong Kong toy industry. **Technovation**, v. 25, n. 3, p. 293-303, 2005. ISSN 0166-4972.

TEECE, D. J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research policy**, v. 15, n. 6, p. 285-305, 1986. ISSN 0048-7333.

TRKMAN, P. The critical success factors of business process management. **International journal of information management**, v. 30, n. 2, p. 125-134, 2010. ISSN 0268-4012.

UTTERBACK, J. Mastering the dynamics of innovation: How companies can seize opportunities in the face of technological change. **University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship**, 1994.

VALERI, S. G. Estudo do processo de revisão de fases no processo de desenvolvimento de produtos em uma indústria automotiva. **São Carlos**, 2000.

VAN DER PANNE, G.; VAN BEERS, C.; KLEINKNECHT, A. Success and failure of innovation: a literature review. **International Journal of Innovation Management**, v. 7, n. 03, p. 309-338, 2003. ISSN 1363-9196.

VAN OORSCHOT, K.; ELING, K.; LANGERAK, F. Measuring the knowns to manage the unknown: How to choose the gate timing strategy in NPD projects. **Journal of Product Innovation Management**, v. 35, n. 2, p. 164-183, 2018. ISSN 0737-6782.

WEI, F.; JUN, C.; LIXIONG, O. Factor analysis on CSFs of enterprise new product development projects: based on NPD process. 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008.

WONGLIMPIYARAT, J. The innovation incubator, university business incubator and technology transfer strategy: The case of Thailand. **Technology in Society**, v. 46, p. 18-27, 2016. ISSN 0160-791X.

XU, Z.; JOENATHAN, C.; KHORANA, B. M. Temporal and spatial properties of the time-varying speckles of botanical specimens. **Optical engineering**, v. 34, n. 5, p. 1487-1503, 1995. ISSN 0091-3286.

YEH, C.-C.; CHEN, Y.-F. Critical success factors for adoption of 3D printing. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 209-216, 2018. ISSN 0040-1625.

ZOUAIN, D. M. **Parques Tecnológicos-Propondo um modelo conceitual para regiões urbanas-O Parque Tecnológico de São Paulo**. 2003. Tese de Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

Este questionário é parte da pesquisa de doutorado do aluno Alessandro Santos Vieira sob a orientação do Prof. Roberto Alves Braga Junior da Universidade Federal de Lavras no programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola.

Tem como objetivo avaliar, considerando a teoria de fatores críticos de sucesso, o potencial de pesquisas, atualmente em execução nas universidades, contribuir para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras.

Agradecemos a colaboração!

1) Gênero:

Masculino Feminino

2) Formação Acadêmica

Graduação Mestrado Doutorado Pós-Doutorado

3) Com qual universidade possui vínculo?

4) Possui depósito de patentes?

Não Uma patente Duas Patentes Três Patentes Mais de três

5) Há quantos anos atuo na minha área de pesquisa?

De 1 a 5 anos De 6 a 10 anos Mais de 10 anos

6) Qual sua área de conhecimento segundo a divisão da Capes?

Ciências exatas e da terra Ciências biológicas Engenharias Ciências Agrárias

Dimensão 1 - Produto e Tecnologia

D1. 1 - Nível de desenvolvimento tecnológico (refere-se à quão perto meus projetos de pesquisas estão de contribuírem para geração de novas tecnologias ou desenvolvimento de um novo produto)

I. Meus projetos de pesquisa possuem avanços necessários para contribuírem com o desenvolvimento de uma tecnologia inovadora.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Em meu departamento de pesquisa existem avanços técnicos e conhecimentos necessários para auxiliar o desenvolvimento de um novo produto.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D1. 2 - Vantagem tecnológica (Custos menores, e vantagens na aplicação e comercialização em relação a outras tecnologias)

I. Acredito que futuras tecnologias desenvolvidas no contexto de meus projetos de pesquisa podem alcançar desempenho semelhante ou superior as outras tecnologias existentes.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Acredito que meus projetos de pesquisa podem contribuir com tecnologias que resultem em produtos com custos, interface e funcionalidades competitivos em relação a outros produtos existentes.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D1. 3 - Evolução das patentes (indica evoluções na qualidade e na quantidade de patentes)

I. Meus projetos de pesquisa têm gerado uma quantidade crescente de patentes nos últimos anos.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Em um contexto global, as patentes relacionadas com meus projetos de pesquisa têm contribuído efetivamente para o desenvolvimento de novo(s) produto (s) ou tecnologias.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

Dimensão 2 - Ambiente Externo e Mercado

D2. 1 - Interferências governamentais (nível de investimentos, barreiras burocráticas, incentivos à pesquisa)

I. A lentidão nos processos de financiamento, o excesso de burocracia e a relação com o governo dificultam o alcance de recursos para fomentar meus projetos de pesquisa.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Minha universidade conta com recursos governamentais e privados necessários para desenvolvimento das pesquisas em que trabalho.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D2. 2 - Clientes (conhecimento de possíveis clientes)

I. Tenho noção clara de quem seriam os consumidores de um produto desenvolvido a partir de minhas pesquisas.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Minhas pesquisas possuem potencial de oferecer soluções para demandas de consumidores.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D2. 3 - Contexto (possíveis concorrentes e visão geral do mercado)

I. Conheço tecnologias e produtos presentes no mercado que concorrem com aqueles que pretendo ajudar a desenvolver em minhas pesquisas.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Acredito que minhas pesquisas estão alinhadas a novas tendências tecnológicas e são vantajosas para empreendedores e consumidores.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

Dimensão 3 - Organizacional e Equipe

D3.1 - Cooperação interfuncional (interação entre departamentos de pesquisa da universidade)

I. Com o objetivo de promover pesquisas, meu departamento realiza satisfatoriamente trocas de informações e conhecimentos com outros departamentos de pesquisa dentro da universidade.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. A direção da minha universidade estimula e facilita a interação entre os diferentes departamentos de pesquisa.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D3.2 - Integração entre governos, universidades e empresas (nível de cooperação e relação entre estes agentes)

I. Empresas e governos têm facilidade de obter informação e são informados sobre pesquisas relevantes em andamento na minha universidade.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Minha universidade estimula e mantém parcerias com governos, empresas e outras universidades para produção conjunta de pesquisas.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D3.3 - Competência técnica

I. Meu departamento de pesquisa possui um número suficiente de pesquisadores.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Os atuais pesquisadores de meu departamento possuem capacidade técnica suficiente para promoverem avanços inovadores nas pesquisas em andamento.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

Dimensão 4 - Processo

D4.1 - Atividades de geração e seleção de ideias (Conjunto sucessivo de atividades, práticas e recursos que agregam valor as pesquisas)

I. Em meu departamento existe a prática de discussão, captação e seleção de novas ideias de pesquisas.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Em meu departamento, novas ideias de pesquisas devem fazer parte de um conjunto de pesquisas que contribuam simultaneamente para o desenvolvimento de tecnologias com aplicação específica e pré-definida.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D4.2 - Atividades de construção do protótipo

I. Os avanços envolvendo minhas pesquisas possibilitam a construção de protótipo de um novo produto.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Meu departamento de pesquisa possui recursos técnicos e financeiros para produção de protótipos.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

D4.3 - Proficiência em desenvolvimento (experiência no desenvolvimento de novos produtos)

I. Meu departamento possui corpo técnico com experiência prévia em desenvolvimento de produtos inovadores?

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

II. Eu tenho consciência da limitação das universidades no processo de inovação. Em virtude disto, minha universidade possui iniciativa de apresentar as empresas propostas para produzir, testar, lançar, distribuir e comercializar produtos produzidos a partir de pesquisas iniciadas na universidade.

Concordo totalmente () Concordo () Não sabe/Prefiro não responder () Discordo () Discordo totalmente ()

**ANEXO A - ARTICLE: TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF BIOSPECKLE
LASER: A SYSTEMATIC REVIEW**

**Published in Intenational Journal of Latest Engineering and Managemet Research.
Volume 05-Issue 02 / February 2020 / PP 29-39 ISSN: 2455-4817**

ABSTRACT

Over the last few decades, the known as biospeckle laser (BSL) has been presented by academics as a non-invasive technique alternative of biological materials analysis. Despite the advances observed in its use, the researches that have been carried out in the universities/institutes have led to modest development of innovative products, or of commercial equipment. Based on this context, the following questions are asked: How can the BSL technique be evaluated in recent decades? What are the determining factors that connect technology to the market? To help answer these questions a systematic review of the literature was carried out with the aim to describe and identify the state-of-art of BSL to know the reasons for the scarcity of a commercial equipment. The results showed a positive and continuous increase of the research involving the BSL during the years, presenting some particular characteristics that can be used to answer the elected questions .

Keywords: Biospeckle Laser (BSL), Systematic Review, Experimental Configuration, Image Analysis Methods

1. Introduction

Since the '70s, researches have been carried out involving the optical phenomenon known as biospeckle laser (BSL). The first to demonstrate the feasibility of this technique were J. Briers (1975), followed by Asakura (1988) and by Fujii et al (1985) monitoring of blood flow [1], [2], [3]. In the following decades, the technique was applied in many other biological phenomena such as seed analysis [4] and fruits [5], parasite activities [6] among others.

The biospeckle laser (BSL) or dynamic laser speckle (DLS) is an option of non-destructive and non-invasive analysis of biological materials (Rabal e Braga Jr, 2008). The phenomenon is observed when a sample of biological material is illuminated by a coherent light source such as the laser. As a result, light scattering occurs forming an interference phenomenon represented by a granular image known as speckle pattern (Daintry, 1975). This phenomenon becomes dynamic when light scatterers change position due to the most diverse physical, chemical and biological phenomena present in the illuminated tissue.

BSL images are captured by a camera [9] and used to analyze biological activities. The activities present in the dynamic laser images require particular conditions to generate useful information through graphical or numerical methods. The graphic output is summarized in the processing of digital images returning maps of the activities, whereas the numerical outputs return unidimensional values that represent the biological activities [10].

Although BSL has been researched for over four decades, there are limited registrations of products based on the use of BSL. Based on this context, the following questions are asked:

How can the BSL technique be evaluated in recent decades? What are the determining factors that connect technology to the market?

Thus, the objective of this work was to describe and to identify through a systematic review of the literature the state-of-art of BSL and its particular characteristics to know the reasons for the lack of commercial equipment.

This article is divided in four sections. In the introduction, we explain the purpose and scope of this study. The second section discusses the methodology used to select and evaluate papers that meet the inclusion criteria. In the third section, the results and discussion are presented. Finally, in the fourth section, the conclusions are presented.

2. Methodology

Research and technological development on biospeckle laser are influenced by innumerable variables, and in this work, these variables will be grouped into two types: I) Experimental set-up, devices, and samples; and II) Methods of image analysis. In type I, the devices used in the experimental configuration of the biospeckle technique vary in relation to the laser type, lenses, camera and the positioning of these in relation to the sample [11]. In addition, the environment where the experiments are performed may contain noise as vibrations that interfere with the results [12].

Regarding type II, many methods can be seen in the literature, but there is no standardization of methods for BSL imaging [10]. Since the samples are diverse, there are many sources of activity observed that can be from the multiple sources of biological phenomena [13], as well from chemical effects [14] and from a variation of pigments [15] which enhance the difficulty to choose a standard method [16] to all applications.

All papers in this systematic review were divided into two categories as shown in Fig. 1 They are AB (Biospeckle Application Papers) and IB (Biospeckle Improvement Papers). In addition, category IB was divided into 2 groups: 1) evolution of experimental configuration, devices, and samples and 2) evolution of image analysis methods.

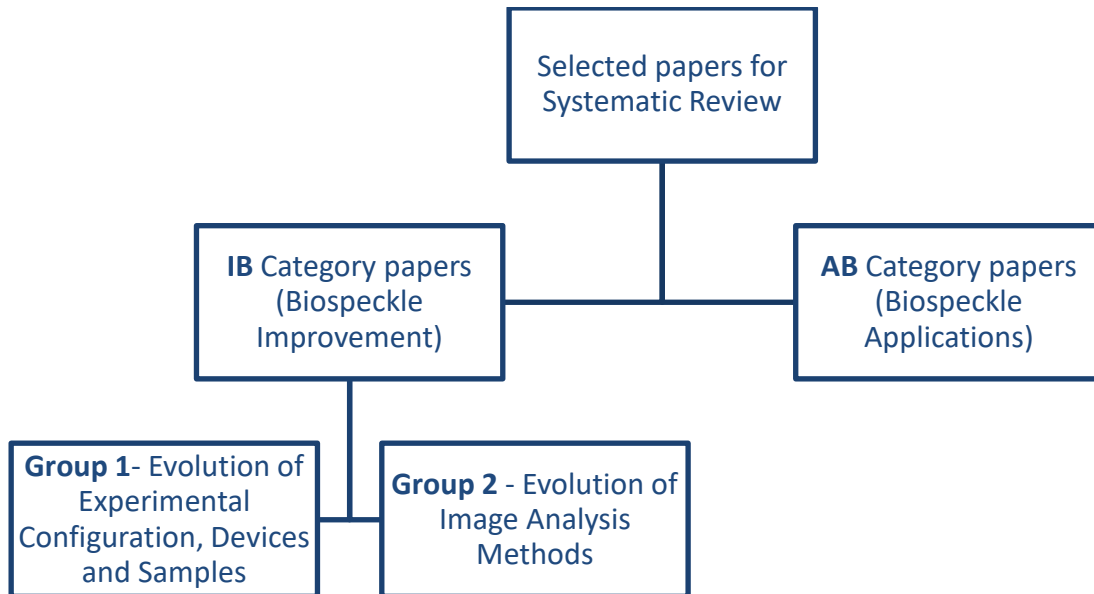


Fig 1 Division of papers into two categories and two groups.

In the IB papers, we found data linked to the evolution of the experimental setup, devices, samples and the methods of image analysis in BSL. In other words, these papers presented new methodologies of image analysis or experimental configuration. On the other hand, AB papers are dedicated to the use of BSL in new applications.

2.1 Inclusion criteria

Five criteria were used to select scientific paper with potential to meet the objective:

1. Papers that address only the application of biospeckle (AB);
2. Papers that report improvements or new methodologies of image analysis or experimental setup of biospeckle (IB) analysis;
3. The Biospeckle should be the main theme technique;
4. Only scientific papers published in internationally recognized journals between 1996 and 2016. Books, conference proceedings and other types of papers will not be considered;
5. There are no restrictions on where the experiments took place. Industry or academic environment.

2.2 Selections of papers and research sources

This part was divided into five steps. The first was the selection of the bases: Science Direct, Scopus and Web of Science as primary sources of research. The second step was the choice of the keywords that selected the largest number of papers. The key words "dynamic speckle" and "biospeckle" were tested, and the biospeckle has resulted in the greatest number of papers. During the search, the word biospeckle should be present in the title of the article "and" in the abstract "or" in keywords. The total number of papers found using only biospeckle was 245.

In the third step, 38 duplicate papers were removed. After reading all the abstracts, in step four, 50 papers were excluded because they did not meet the inclusion criteria. In the fifth step, 157 papers were read completely and another 66 papers were excluded for not meet all the inclusion criteria. The number of papers that met the criteria of inclusion was 91. Figure 2 shows the selection process of the papers.

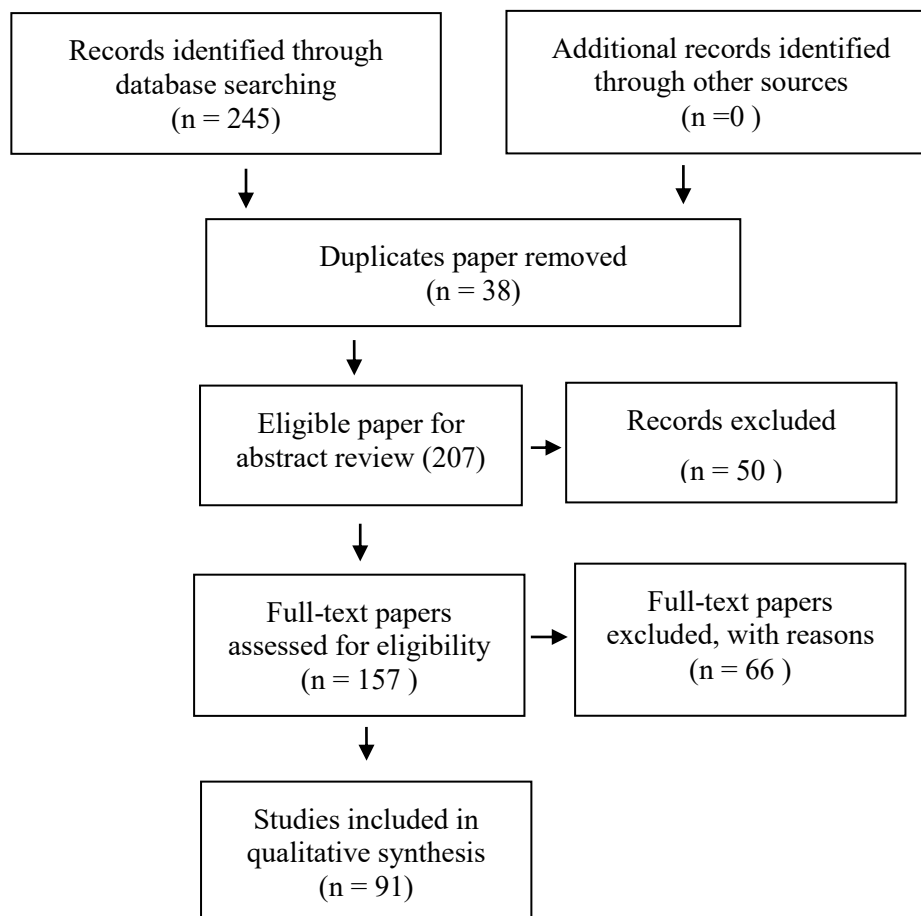


Fig 2 Literature search and selection.

2.3 Data collections

All 91 papers that met the inclusion criteria were inserted into a spreadsheet to organize and to classify the data, such as into categories AB and IB. Additional information was collected such as methods of image analysis, information about devices used in setup, types of samples, place of the experiment (laboratory or field), year of publication, country, journal, recommendations, and key conclusions.

After data mining, it was possible to use descriptive statistics as averages, standard deviation, and frequency for better visualization, summary, and interpretation of the data. The selection and data collection were performed by two independent researchers with experience in biospeckle and then the results were confronted and adjusted.

3 Results and discussion

3.1 Some general characteristics of the included studies

The rate of repeated papers between the bases proves the efficiency of the selection. This saturation occurred with 16% of the total papers. As shown in Figure 1, the 91 papers were divided into two main categories: IB and AB, where in the first category, 33 papers were found, corresponding to 36% of the studies included in the review, and in the second category, 58 papers were selected, or 64%.

In Figure 3, it is possible to notice that from 1997 to 2002 and in 2010 not one article of IB was published. The papers of AB had publications in all the analyzed years with a peak of growth between the years 2012 and 2014. The standard deviation of the papers of AB is 2.90 with an average of 3 publications per year. The IB papers presented a standard deviation of 1.65 and an average of 1.80 per year.

There is a trend of growth in this field of research throughout the analyzed period. The relevant growth rate from 2010 may indicate a continuous and greater recent interest in this topic.

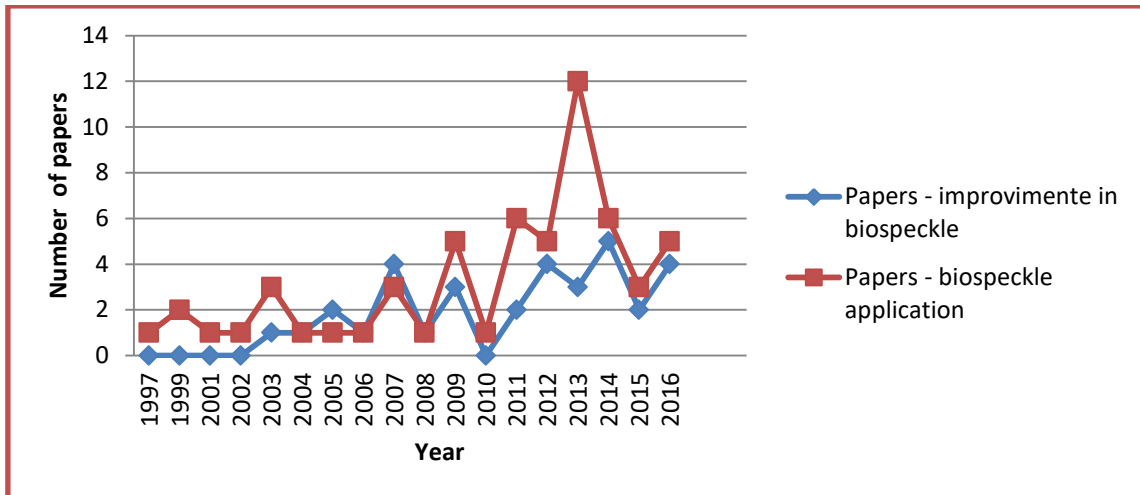


Fig 3 Distribution of IB and AB papers during the period from 1997 to 2016.

The 91 selected papers were published in 46 scientific journals as can be seen in Table 1, where 7 journals published between 4% and 9% of the papers. Fifteen journals published only 1% of the papers.

The journals that published research with BSL are in the fields of engineering, medicine, optics, and agriculture. The higher concentration of research in engineering and optics is indicative of possible areas of concentration of efforts in new researches.

Table 1 Percentage of Publication of paper by journal and subject área.

Jornal and subject area	%
Agriculture	
Annals of botany	1,1
Ciência e Agrotecnologia	1,1
Computers and electronics in agriculture	1,1
Food biophysics	1,1
Food Research International	1,1
International Agrophysics	1,1
Journal of Environmental Sciences	1,1
Journal of Food Engineering	1,1
Physiological measurement	1,1
Plant Cell, Tissue and Organ Culture	1,1
Postharvest Biology and Technology	5,5
Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental	1,1
Scientia Horticulturae	1,1
Engineering	
Biosystems Engineering	5,5
Flow Measurement and Instrumentation	1,1

Journal of Engineering Physics and Thermophysics	1,1
Measurement :Journal of the International Measurement Confederation	1,1
Sensors	4,4
Signal Processing	1,1
Medicine	
Acta cirurgica brasileira	1,1
Journal of biomedical optics	4,4
Journal of Medical Imaging and Health Informatics	1,1
Lasers Med Sci	1,1
Optics	
Applied optics	3,3
Biofizika	1,1
EPJ Applied Physics	1,1
European biophysics journal	1,1
Fractals	1,1
Journal of Optics A: Pure and Applied Optics (From 2010 Journal of Optics A: Pure and Applied Optics has become Journal of Optics)	1,1
Journal of Optoelectronics and Advanced Materials	2,2
Journal of Physics: Conference Series	1,1
Journal of the European Optical Society	1,1
Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision	2,2
Laser Physics	2,2
Optica Applicata	1,1
Optical Engineering	1,1
Optics & Laser Technology	3,3
Optics and Lasers in Engineering	9,9
Optics and Spectroscopy (English translation of Optika i Spektroskopiya)	1,1
Optics Communications	9,9
Optics Express	1,1
Optics letters	2,2
Optik - International Journal for Light and Electron Optics	7,7
Physica Scripta	1,1
Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering	2,2
Romanian Journal of Physics	1,1

In Table 2, you can see the countries of the authors who contributed the most to the development of the theme, avoiding duplication of contributions if there are more authors from the same country in a specific article. As can be seen, the countries where the biospeckle research was most performed are Brazil, Argentina, and India.

The fact that the researchers are mostly from developing countries can be explained by the following hypotheses: low cost of applying the biospeckle technique and the strong

agricultural activity practiced in these countries. The predominance of biospeckle application in agriculture, Table 6, reinforces these hypotheses.

Table 2 Countries leading research with biospeckle.

Country where the searches were made	% (Number of Scientific Journals)
Brazil	32%
Argentina	28%
India	12%
Poland	10%
UK	7%
Japan	4%
Ukraine, China, Romania	3%
Lebanon, France, Bulgária, Germany	2%
Peru, Ireland, Singapore, Belarus, Iran, Venezuela, Italy, Russia, South Korea, Spain	1%

3.2 Experimental configuration, devices and samples

The experimental configuration is the way that devices like lasers, cameras, and lenses are positioned to the biological sample as can be seen in Fig. 4. Additionally, Table 3 lists the information about the experimental configuration, including the details of the spatial arrangement of the equipment.

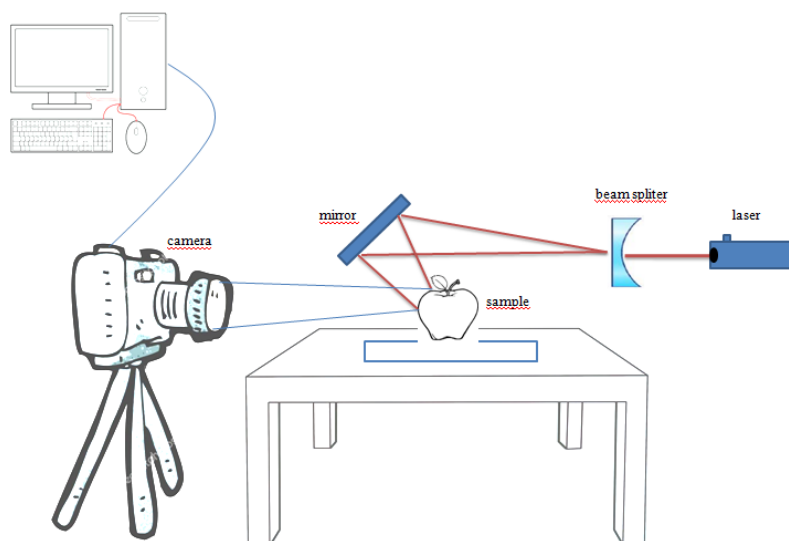


Fig 4 Experimental setup most used in Universities/institutes in research with BSL.

It was observed that in case 2, "Does not describe and has an image", that 43% of the papers analyzed, the sole image was not enough to reproduce the experiment with the same angles and distances.

Table 3 Description of the setup and the existence of explanatory images of the analyzed papers.

Does it describe setup in detail? (angles, distances and explanatory % Papers images)

1 Does not describe and has no image	17
2 Does not describe and has an image	43
3 Describe and have an image	30
4 Describe and have no image	3
5 Does not use setup (mathematical models, database images)	7

The correct arrangement of the experimental configuration is determinant for the reliability of the biospeckle usage and for the standardization of the results [14]. The lack of standardization of devices and protocols may invalidate the quality of the experiments and the application of techniques as demonstrated by [17] where the lack of standardization in a routine known as Shear Force (SF) compromised the tests.

In this sense, the devices used in the experiments as well as their adjustments and the way the data were analyzed influence directly in the results of the research creating some barriers to compare applications obtained in different laboratories.

In BSL, the camera is of extreme importance to ensure the quality of the image that will be analyzed, however, only 35% of the authors describe the model and manufacturer, while the others have insufficient or absent data on the camera, Table 4. Reports of camera adjustments were not expressive, such as describing magnification, if the white balance and the ISO were fixed or if the camera had automatic adjustments.

Regarding the types of cameras used in image capture, 88,75% are Charge Coupled Device (CCD), 10% were CMOS type and 1.25% are not specified.

Table 4 Camera model and manufacturer description.

Camera Description	%
Describe model and manufacturer	35
Describes only the pixels	13
Does not describe model and manufacturer	42
Analysis of previous images	3
Uses only mathematical model	3
Does not quote which camera uses	3

In Table 5, it is possible to see that HeNe lasers are still widely used in BSL technique, though there are papers that did not quote the laser used. The restrictions of The BSL usage to optical labs can be the main reason for that predominance of HeNe laser but with solid-state lasers with stable work, the tendency can change the figure in some years since solid-state lasers are cheaper and smaller than the HeNe ones, as well as presenting stable outcomes [11].

Almost all of the lasers used in more recent work were of the He Ne type that came to replace the laser diode. This occurs due to the restricted use of BSL to optical labs and a lack of information about the stability of diode lasers.

Table 5 Laser Types used in experimental setup.

Laser Type	%
He-Ne	73
Laser Diode	15,9
Do not quotes	5,7
Do not use (only theoretical researches)	5,4

Table 6 shows the applications and it was verified the highest concentration of research in apple 20%, seeds 17%, and human blood flow 12%. The great variety of samples used is a positive point, as it demonstrates the broad range of potential applications. Despite many applications in different biological samples, we observed that all were based in optical laboratory conditions, this without the use of a commercial equipment.

Table 6 Types and percentages of samples found in the research.

Types of Samples	%
Bacterium	3
Potato	2
Beef	1
Animal cancer cells	1
Human Red Cells	1
Carrot	2

Human Teeth	1
Water flux	1
Blood flow in animal tissues	2
Blood flow in human tissues	12
Leaves of different plants	3
Milk	1
Apple	20
Strawberry	1
Human Eye (live)	2
Parasites	1
Pear	2
Bovine Protein (Albumin)	1
Root of different plants	5
Sperm of different animals	3
Seeds	17
Ice cream	1
Human Biological Tissue	2
Animal Biological Tissue	2
Paints (water-based or synthetic)	9
Tomato	4
Human Urine	2

In addition to the camera, to the laser and to the type of samples, there are other devices that play a key role in BSL such as beam splitter, mirrors, and software. Laser Beam Expander 20x was specified in only four papers though were known its use in the setup. In one article the computer configuration was described and anyone specified the mirror in the papers. Regarding image analysis software, one could see Matlab R2010A (Math Works USA), ImageJ (NHI, USA) and C ++ mentioned. However, in 83% of the papers, the type of software was not specified.

Regarding the place where the surveys took place, none of them were carried out in the field. All experiments occurred in controlled environments of university laboratories. One of the justifications is that the setup of the BSL is very sensitive to noise as mechanical vibrations (Braga, 2017).

3.3 Image Analysis Methods

The methods of analysis of the BSL can be divided into two large groups, the first being the graphical methods and the second the numerical methods. The most used methods of each group can be seen in Table 7. Despite the difference between graphical and numerical methods, it was found that in 10% of the papers the two types were used together (Cardoso *et al.*, 2011), (Ansari *et al.*, 2016). The purpose of this practice is complementarity. That is, a graphical method is used to cover the shortcomings of a numerical method and vice versa.

Table 7 Conventional methods of biospeckle analysis and examples of works found.

Method Type	Conventional Methods	References
Graphic Method	GD, Fujji, LASCA, WGD,	(Braga <i>et al.</i> , 2009), (Braga <i>et al.</i> , 2012), (Pajuelo <i>et al.</i> , 2003), (Godinho <i>et al.</i> , 2012), (Saúde <i>et al.</i> , 2012), (Braga Jr <i>et al.</i> , 2005)
Numerical method	IM, AVD, Spatial time speckle (STS) signals, Method of Aizu and Azakura, Modified Spatial-Temporal Speckle Correlation Technique	(Minz, Ansari e Nirala, 2015), (Braga <i>et al.</i> , 2003), (Braga <i>et al.</i> , 2008)], (Amaral, Isis Celena <i>et al.</i> , 2013), (Rabelo <i>et al.</i> , 2011), (Sendra, Murialdo e Passoni, 2007), (Ansari e Nirala, 2013), (Adamiak <i>et al.</i> , 2012), (Nassif <i>et al.</i> , 2014), (Skic <i>et al.</i> , 2016), (Zdunek <i>et al.</i> , 2007), (Szymanska-Chargot, Adamiak e Zdunek, 2012), (Kurenda <i>et al.</i> , 2014), (Nieri <i>et al.</i> , 2009), (Arizaga <i>et al.</i> , 1999)

Is there any relationship between the type of image analysis and the sample used? No relationship of this nature was found in this study. However, numerical methods predominated in about 80% of the studies. As shown in Table 8, both the graphical and numerical methods can be used in a wide variety of samples. Despite the absence of a defined method to analyze a sample, we know that numerical methods are used in homogeneous samples, or in homogeneous areas of a sample, while the graphical approaches is likely used to create maps of activity of a sample.

Table 8 Percentage of application of numerical and graphical methods in biospeckle.

Method Type	%	Sample
Graphical Method	20	Seeds, Apple, Ink, Root Plants, Plant Leaves, Mobility of Parasites, Pear, Flow of Water and Blood
Numerical Method	80	Human and animal biological tissues, Bacteria, parasites, potato, animal semen, beef, seeds, ink, apple, human eye, animal and vegetable biological tissue, ice cream, cancer cells, animal blood and human blood, bovine protein, strawberry, pear, Human Eye, Human Teeth, Apple

In addition to conventional methods, proposals for other alternative methods have been identified, Table 9, which are indispensable for the advancement of image analysis, since conventional methods would not yet provide a definitive or standard assessment.

Another interesting observation was the presence of many methods that were proposed but not used in other work. Thus, it may be observed that, apart from the usefulness of the proposed new methods, it seems that they are intended to justify a publication rather than pave the way to the accessibility of BSL technology.

Table 9 Non-conventional methods of biospeckle analysis and examples of researches found.

Method Type	Unconventional methods	References
Graphic Method	Alternative algorithm for Fujji (Alternative Fujji) e WGD,SMR, PTD, TZ Teste, Konishis's algorithms,MHI	(Ribeiro <i>et al.</i> , 2014),(Saúde <i>et al.</i> , 2012),(Soares <i>et al.</i> , 2013)
Numerical method	Empirical mode decomposition (EMD), Assimetria, DYNAMIC MODEL,Gravimetric measurements, LM, Mathematical morphology and Fuzzy mathematical morphology, MTCF and MITCF, Normalized autocorrelation function, Descriptor de biospeckle whith a wavelet-based Husts, SC, Others	(Chicea, 2007), (Paixão e Da Costa, 2013),(Rabal <i>et al.</i> , 2003), (Carvalho <i>et al.</i> , 2009),(Braga <i>et al.</i> , 2008),(Maksymenko, O. P., Muravsky, L. I. e Berezyuk, M. I., 2015), (Passoni <i>et al.</i> , 2005), (Romero <i>et al.</i> , 2009),(Blotta, Virginia e Rabal, 2009),(Budini <i>et al.</i> , 2013), (Saúde <i>et al.</i> , 2012),(Chicea, 2009),(Federico e Kaufmann, 2006),(Yokoi e Aizu, 2016),(Zdunek e Cybulska, 2011),(Blotta <i>et al.</i> , 2013), (Arizaga, Trivi e Rabal, 1999),(Arizaga <i>et al.</i> , 1999)

4 Conclusions and Implications for future research

The objective of this work was to describe and identify through a systematic review the state-of-art of BSL and its particular characteristics to know the reasons for the lack of commercial equipment. The results showed a positive and continuous increase of the research involving the BSL during the years.

BSL has presented many application possibilities, but the current state-of-art does not yet allow research that has been carried out in the universities/institutes a commercial application of BSL. As there is no research carried out outside the laboratories, it is believed that the major challenge is to enable the application of BSL in the field.

Equipment such as cameras, lasers, and computers used in the experimental configuration of BSL showed considerable technological evolution in the analyzed period, however, the setup configurations were not satisfactorily detailed. The image analysis methods did not show the same evolution, which can be seen in the absence of patterns in the use of graphical and numerical methods.

BSL is most commonly used in agriculture for seed and fruit analysis. The most common image analysis methods are numerical methods, with an emphasis on IM and AVD.

Further research is recommended to improve image analysis methods and field application of BSL

This research is useful for researchers and entrepreneurs wishing to study and improve BSL.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by UFLA, CAPES, CNPQ, FAPEMIG and FINEP.

References

- [1] J. Briers, "Wavelength dependence of intensity fluctuations in laser speckle patterns from biological specimens," *Optics Communications*, vol. 13, pp. 324-326, 1975.
- [2] T. Asakura, "Dynamic properties of bio-speckles and their application to blood flow measurements," *Anritsu News*, vol. 8, pp. 4-9, 1988.
- [3] H. Fujii, T. Asakura, K. Nohira, Y. Shintomi, and T. Ohura, "Blood flow observed by time-varying laser speckle," *Optics letters*, vol. 10, pp. 104-106, 1985.
- [4] R. A. Braga, Jr., F. M. Borem, G. Rabelo, I. M. Dal Fabbro, R. Arizaga, H. J. Rabal, *et al.*, "Seeds analysis using bio-speckle," *Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering*, vol. 4419, pp. 34-37, 2001.
- [5] M. Z. Ansari and A. K. Nirala, "Assessment of bio-activity using the methods of inertia moment and absolute value of the differences," *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, vol. 124, pp. 512-516, 3// 2013.
- [6] M. Z. Ansari, H. C. Grassi, H. Cabrera, A. Velasquez, and E. D. Andrades, "Online fast Biospeckle monitoring of drug action in Trypanosoma cruzi parasites by motion history image," *Lasers Med Sci*, vol. 31, pp. 1447-54, Sep 2016.
- [7] H. J. Rabal and R. A. Braga Jr, *Dynamic laser speckle and applications*: CRC Press, 2008.
- [8] J. C. Daintry, "Laser Speckle and Related Phenomena," in *Springer Verlag*, 1975 ed, 1975.
- [9] A. Zdunek, A. Adamiak, P. M. Pieczywek, and A. Kurenda, "The biospeckle method for the investigation of agricultural crops: A review," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 52, pp. 276-285, 2014.
- [10] R. Braga, F. Rivera, and J. Moreira, "A Practical Guide to Biospeckle Laser Analysis: Theory and Software," *Lavras: Editora UFLA*, 2016.
- [11] R. A. Braga, "Challenges to Apply the Biospeckle Laser Technique in the Field," *CHEMICAL ENGINEERING*, vol. 58, 2017.
- [12] A. Zdunek, L. I. Muravsky, L. Frankevych, and K. Konstankiewicz, "New nondestructive method based on spatial-temporal speckle correlation technique for evaluation of apples quality during shelf-life," *International Agrophysics*, vol. 21, pp. 305-310, 2007.
- [13] N. Budini, C. Mulone, F. M. Vincitorio, C. Freyre, A. J. López, and A. Ramil, "Two simple methods for overall determination of mobility in dynamic speckle patterns," *Optik*, vol. 124, pp. 6565-6569, 2013.
- [14] P. D. Minz, M. Z. Ansari, and A. K. Nirala, "Effect of antibrowning agents on fresh-cut potato tubers using frequency filtering of biospeckle images," *Laser Physics*, vol. 25, 2015.
- [15] A. Zdunek and J. Cybulska, "Relation of biospeckle activity with quality attributes of apples," *Sensors*, vol. 11, pp. 6317-6337, 2011.
- [16] A. L. Dai Pra, L. I. Passoni, G. H. Sendra, M. Trivi, and H. J. Rabal, "Signal Feature Extraction Using Granular Computing. Comparative Analysis with Frequency and Time Descriptors Applied to Dynamic Laser Speckle Patterns," *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 8, pp. 28-40, 2015.
- [17] B. W. Holman, S. M. Fowler, and D. L. Hopkins, "Are shear force methods adequately reported?," *Meat science*, vol. 119, pp. 1-6, 2016.
- [18] R. R. Cardoso, A. G. Costa, C. M. B. Nobre, and R. A. Braga, "Frequency signature of water activity by biospeckle laser," *Optics Communications*, vol. 284, pp. 2131-2136, 2011.
- [19] R. A. Braga, L. Dupuy, M. Pasqual, and R. R. Cardoso, "Live biospeckle laser imaging of root tissues," *European Biophysics Journal*, vol. 38, pp. 679-686, 2009.
- [20] R. A. Braga, R. R. Cardoso, P. S. Bezerra, F. Wouters, G. R. Sampaio, and M. S. Varaschin, "Biospeckle numerical values over spectral image maps of activity," *Optics Communications*, vol. 285, pp. 553-561, 2012.
- [21] M. Pajuelo, G. Baldwin, H. Rabal, N. Cap, R. Arizaga, and M. Trivi, "Bio-speckle assessment of bruising in fruits," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 40, pp. 13-24, 7// 2003.
- [22] R. P. Godinho, M. M. Silva, J. R. Nozela, and R. A. Braga, "Online biospeckle assessment without loss of definition and resolution by motion history image," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 50, pp. 366-372, 2012.

- [23] A. V. Saúde, F. S. De Menezes, P. L. S. Freitas, G. F. Rabelo, and R. A. Braga Jr, "Alternative measures for biospeckle image analysis," *Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision*, vol. 29, pp. 1648-1658, 2012.
- [24] R. A. Braga Jr, G. F. Rabelo, L. R. Granato, E. F. Santos, J. C. Machado, R. Arizaga, *et al.*, "Detection of fungi in beans by the laser biospeckle technique," *Biosystems Engineering*, vol. 91, pp. 465-469, 2005.
- [25] R. A. Braga, I. M. Dal Fabbro, F. M. Borem, G. Rabelo, R. Arizaga, H. J. Rabal, *et al.*, "Assessment of seed viability by laser speckle techniques," *Biosystems Engineering*, vol. 86, pp. 287-294, 2003.
- [26] R. A. Braga, W. S. Silva, T. Sáfiadi, and C. M. B. Nobre, "Time history speckle pattern under statistical view," *Optics Communications*, vol. 281, pp. 2443-2448, 2008.
- [27] I. C. Amaral, R. A. Braga, E. M. Ramos, A. L. S. Ramos, and E. A. R. Roxael, "Application of biospeckle laser technique for determining biological phenomena related to beef aging," *Journal of Food Engineering*, vol. 119, pp. 135-139, 2013.
- [28] G. F. Rabelo, A. M. Enes, R. A. B. Junior, and I. M. Dal Fabbro, "Frequency response of biospeckle laser images of bean seeds contaminated by fungi," *Biosystems engineering*, vol. 110, pp. 297-301, 2011.
- [29] H. Sendra, S. Murialdo, and L. Passoni, "Dynamic laser speckle to detect motile bacterial response of *Pseudomonas aeruginosa*," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 90, 2007.
- [30] A. Adamiak, A. Zdunek, A. Kurenda, and K. Rutkowski, "Application of the Biospeckle Method for Monitoring Bull's Eye Rot Development and Quality Changes of Apples Subjected to Various Storage Methods—Preliminary Studies," *Sensors*, vol. 12, pp. 3215-3227, 2012.
- [31] R. Nassif, C. A. Nader, C. Afif, F. Pellen, G. Le Brun, B. Le Jeune, *et al.*, "Detection of golden apples' climacteric peak by laser biospeckle measurements," *Applied optics*, vol. 53, pp. 8276-8282, 2014.
- [32] A. Skic, M. Szymańska-Chargot, B. Kruk, M. Chylińska, P. M. Pieczywek, A. Kurenda, *et al.*, "Determination of the Optimum Harvest Window for Apples Using the Non-Destructive Biospeckle Method," *Sensors*, vol. 16, p. 661, 2016.
- [33] M. Szymanska-Chargot, A. Adamiak, and A. Zdunek, "Pre-harvest monitoring of apple fruits development with the use of biospeckle method," *Scientia Horticulturae*, vol. 145, pp. 23-28, 2012.
- [34] A. Kurenda, A. Zdunek, O. Schlüter, and W. B. Herppich, "VIS/NIR spectroscopy, chlorophyll fluorescence, biospeckle and backscattering to evaluate changes in apples subjected to hydrostatic pressures," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 96, pp. 88-98, 2014.
- [35] T. M. Nieri, M. A. d. O. Peres, E. R. d. Silva, I. M. D. Fabbro, M. Muramatsu, and N. A. Andreollo, "The optical analysis of the abdominal wall using the biospeckle after implants of polypropylene mesh in rats," *Acta cirurgica brasileira*, vol. 24, pp. 442-448, 2009.
- [36] R. Arizaga, N. Cap, H. Rabal, and M. Trivi, "Activity images in dynamical speckle," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, vol. 3572, pp. 310-314, 1999.
- [37] K. M. Ribeiro, B. Barreto, M. Pasqual, P. J. White, R. A. Braga, and L. X. Dupuy, "Continuous, high-resolution biospeckle imaging reveals a discrete zone of activity at the root apex that responds to contact with obstacles," *Annals of Botany*, vol. 113, pp. 555-563, 2014.
- [38] R. R. Soares, H. C. Barbosa, R. A. Braga, J. V. L. Botega, and G. W. Horgan, "Biospeckle PIV (Particle Image Velocimetry) for analyzing fluid flow," *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 30, pp. 90-98, 2013.
- [39] D. Chicea, "Biospeckle size and contrast measurement application in particle sizing and concentration assessment," *Romanian Journal of Physics*, vol. 52, pp. 581-587, 2007.
- [40] C. A. Paixão and A. T. Da Costa, "Dynamic model for biospeckle," *Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision*, vol. 30, pp. 1089-1098, 2013.

- [41] H. J. Rabal, R. Arizaga, N. L. Cap, E. Grumel, and M. Trivi, "Numerical model for dynamic speckle: an approach using the movement of the scatterers," *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, vol. 5, p. S381, 2003.
- [42] P. H. A. Carvalho, J. B. Barreto, R. A. Braga Jr, and G. F. Rabelo, "Motility parameters assessment of bovine frozen semen by biospeckle laser (BSL) system," *Biosystems Engineering*, vol. 102, pp. 31-35, 2009.
- [43] O. P. Maksymenko, L. I. Muravsky, and M. I. Berezyuk, "Application of biospeckles for assessment of structural and cellular changes in muscle tissue," *Journal of Biomedical Optics*, vol. 20, 2015.
- [44] I. Passoni, A. Dai Pra, H. Rabal, M. Trivi, and R. Arizaga, "Dynamic speckle processing using wavelets based entropy," *Optics Communications*, vol. 246, pp. 219-228, 2005.
- [45] G. G. Romero, C. C. Martinez, E. E. Alanís, G. A. Salazar, V. G. Broglia, and L. Álvarez, "Bio-speckle activity applied to the assessment of tomato fruit ripening," *Biosystems Engineering*, vol. 103, pp. 116-119, 5// 2009.
- [46] E. Blotta, B. Virginia, and H. Rabal, "Decomposition of biospeckle signals through granulometric size distribution," *Optics Letters*, vol. 34, pp. 1201-1203, 2009.
- [47] D. Chicea, "An alternative algorithm to calculate the biospeckle size in coherent light scattering experiments," *Romanian Reports of Physics*, vol. 54, pp. 147-155, 2009.
- [48] A. Federico and G. H. Kaufmann, "Evaluation of dynamic speckle activity using the empirical mode decomposition method," *Optics communications*, vol. 267, pp. 287-294, 2006.
- [49] N. Yokoi and Y. Aizu, "Analysis of blood flow covering a wide region of velocity in laser speckle image sensing," *Measurement*, vol. 91, pp. 342-350, 9// 2016.
- [50] E. Blotta, A. Bouchet, M. Brun, and V. Ballarin, "Characterization of bio-dynamic speckles through classical and fuzzy mathematical morphology tools," *Signal Processing*, vol. 93, pp. 1864-1870, 7// 2013.
- [51] R. Arizaga, M. Trivi, and H. Rabal, "Speckle time evolution characterization by the co-occurrence matrix analysis," *Optics & Laser Technology*, vol. 31, pp. 163-169, 3// 1999.