

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

LÚCIO DE SOUZA SILVA

**A ABERTURA DA INOVAÇÃO PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS:  
DA INOVAÇÃO TRADICIONAL AO ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO**

Florianópolis

2022

Lúcio de Souza Silva

**A ABERTURA DA INOVAÇÃO PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS:  
DA INOVAÇÃO TRADICIONAL AO ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro de Materiais.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Clarissa Stefani Teixeira, Dr.<sup>a</sup> Eng.

Coorientador: Guilherme Paraol de Matos, Me.

Florianópolis

2022

Silva, Lúcio

A Abertura da Inovação para Ciência e Tecnologia dos Materiais: Da Inovação Tradicional ao Ecossistema de Inovação / Lúcio Silva ; orientadora, Clarissa Stefani Teixeira , coorientador, Guilherme Paraol de Matos , 2022.  
81 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,  
Graduação em Engenharia de Materiais, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Materiais. 2. Inovação aberta. 3. Ecossistema de inovação. 4. Ciência e tecnologia dos materiais. I. , Clarissa Stefani Teixeira. II. , Guilherme Paraol de Matos. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Materiais. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

LÚCIO DE SOUZA SILVA

**A ABERTURA DA INOVAÇÃO PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS:  
DA INOVAÇÃO TRADICIONAL AO ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO**

Este Trabalho de Graduação foi julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro de Materiais e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora e pelo Curso de Graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dr. Celso Peres Fernandes

Coordenador do Curso

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof.<sup>a</sup> Clarissa Stefani Teixeira, Dr.<sup>a</sup> Eng.

Orientadora

---

Eng. Danisson Luiz dos Santos Reis, Me.

Avaliador

---

Eng. Luís Henrique Weissheimer Costa

Avaliador

---

Local

---

Data

Dedico este trabalho aos meus pais que, durante toda minha vida sempre foram meus melhores amigos e minhas maiores inspirações como ser humano.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Djalma João da Silva e Susana Silveira de Souza, que sempre foram meus maiores parceiros, amigos e conselheiros. Agradeço infinitamente por todo amor, zelo e compreensão. Obrigado pela honra de ser filho de vocês.

À professora Clarissa Stefani Teixeira que, além de todo o conhecimento adquirido, me recebeu em seu grupo de pesquisa e extensão VIA - Estação conhecimento. Agradeço pela confiança e oportunidades recebidas ao longo de todo o período.

Ao Guilherme Paraol de Matos, coorientador do presente trabalho, agradeço pelo tempo e dedicação.

Às minhas irmãs, Laura de Souza Silva e Lívia de Souza da Silva, por crescerem comigo e estarem sempre presentes na minha vida. Estarei sempre ao lado de vocês apoiando qualquer sonho, da mesma forma que sempre fizeram comigo.

Aos meus avós, Jalma João da Silva (in memorian), Dinalva Francisca Silva, João Jovito de Souza e Julia Silveira de Souza, obrigado por me ajudarem a ser quem eu sou hoje.

Aos meus amigos, obrigado por me acompanharem e me apoiarem nessa jornada.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de fazer parte de uma instituição que cria cidadãos e contribui para o desenvolvimento de um país por meio da educação pública de qualidade.

*“A criatividade é pensar coisas novas. A inovação é fazer coisas novas.”*

(Theodore Levitt)

## RESUMO

O desenvolvimento de produtos e processos inovadores é sem dúvidas um dos elementos cruciais para empresas sobreviverem face à concorrência. Dessa forma, produtos inovadores devem necessitar do menor tempo possível entre a sua ideação e a sua inserção no mercado. Para a ciência e tecnologia dos materiais, não é diferente. Assim como qualquer área do conhecimento e de base de setor industrial, a ciência dos materiais está suscetível às mudanças de paradigmas de inovação, exigindo um modelo mais ágil, inovador e compatível com as tendências mercadológicas. Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar a inovação aberta e a ciência aberta como ferramentas para o desenvolvimento da ciência e tecnologia dos materiais, apresentar cases e reunir as informações existentes na literatura, buscando esclarecer como a temática é tratada nos ecossistemas de inovação. Dessa forma, este trabalho compendia informações publicamente disponíveis sobre programas de incentivos à ciência, instituições de pesquisa e empresas que corroboram e enriquecem a compreensão em relação à temática. Ademais, o estudo faz uma sucinta análise de empresas emergentes como atores importantes para o desenvolvimento da inovação aberta, trazendo o recorte do Estado de Santa Catarina para o setor de materiais. A pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica utilizando os termos-chave relativos à inovação aberta, ciência aberta, ecossistema de inovação e ciência e tecnologia dos materiais, buscando livros, artigos de periódicos e capítulos de livros que conectam as temáticas. Após a coleta de dados, as informações foram analisadas visando conectar os conteúdos para encontrar padrões, similaridades e diferenças. Assim, foram encontradas informações que corroboram com as vantagens das políticas de inovação aberta para organizações desenvolverem seus produtos. Além disso, foram importantes as evidências que validam a ciência aberta como importante aliada para o desenvolvimento dos conhecimentos na ciência dos materiais. O estudo também demonstrou que apesar da literatura sobre os conceitos de ciência aberta e inovação aberta serem extensas, carecem de informações quando há um recorte em ciência e tecnologia dos materiais, demonstrando que esse enfoque ainda necessita de melhor desenvolvimento.

**Palavras-chave:** inovação aberta; ecossistema de inovação; ciência e tecnologia dos materiais.



## ABSTRACT

The development of innovative products and processes is undoubtedly one of the crucial elements for companies to survive in the face of competition. Thus, innovative products should require the shortest possible time between their ideation and their insertion in the market. For materials science and technology, it is no different. Like any area of knowledge and industrial sector, materials science is susceptible to changes in innovation paradigms, demanding a more agile, innovative model that is compatible with market trends. Furthermore, the general objective of this work is to analyze open innovation and open science as tools for the development of materials science and technology, to present cases and gather existing information in the literature, seeking to clarify how the theme is treated in innovation ecosystems. In this way, this work compiles publicly available information about science incentive programs, research institutions, and companies that corroborate and enrich the understanding in relation to the theme. Thus, the study makes a brief analysis of emerging companies as important players for the development of open innovation, bringing the State of Santa Catarina materials sector in focus. The research was conducted through a bibliographic review using the key terms related to open innovation, open science, innovation ecosystem and materials science and technology, searching for books, journal articles and book chapters that connect the themes. After data collection, the information was analyzed aiming to connect the subjects to find patterns, similarities, and differences. Thus, information was found that corroborates the advantages of open innovation policies for organizations to develop their products. Furthermore, the evidence that validates open science as an important ally for the development of knowledge in materials science was important. The study also showed that although the literature on the concepts of open science and open innovation are extensive, they lack information when there is a cut in materials science and technology, demonstrating that this approach still needs better development.

**Keywords:** open innovation; innovation ecosystem; science and technology of materials.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Panorama do conhecimento para inovação fechada	24
Figura 2 – Panorama do conhecimento para inovação aberta	27
Figura 3 – Esquemática de outside-in, inside-out e coupled.	28
Figura 4 – Fluxo do conhecimento de um ambiente de inovação aberta	30
Figura 5 – Representação de um ecossistema de inovação	33
Figura 6 – Os paradigmas da ciência dos materiais	39
Figura 7 – Modelo de inovação aberta adotado pela DSM V&B Development	44
Figura 8 – Funil de desenvolvimento de novos negócios adotado pela DSM	45
Figura 9 – Papel do Funcional Material Research Dept	47
Figura 10 – Triângulo fabricação/caracterização/modelagem para o ambiente de inovação aberta proposto pelo projeto OYSTER	49
Figura 11 – Distribuição Geográfica de Startups no Brasil	58
Figura 12 – Divisão de nicho das startups catarinenses que atuam no setor tecnológico de materiais	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos Específicos e métodos	19
Quadro 2 – Semelhanças entre Sistemas de Inovação e Ecossistemas de Inovação	34
Quadro 3 – Diferenças entre Sistemas de Inovação e Ecossistemas de Inovação	34
Quadro 4 – Quadro comparativo de cases de ambientes de inovação aberta para a ciência e tecnologia dos materiais	50
Quadro 5 – Lista das principais infra-estruturas de dados de materiais atuais com acesso aberto	53
Quadro 6 – Quadro comparativo de cases que promovem a ciência aberta para a ciência dos materiais	57
Quadro 7 – Lista de startups encontradas com soluções para ciência e tecnologia dos materiais	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
DV&BD	Venturing & Business Development
CSD	Corporate Strategy Dialogues
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
H2020	Horizon 2020
IOM3	Institute of Materials, Minerals and Mining
CERN	Organisation européenne pour la recherche nucléaire
ASE	Ambiente de Simulação Atômica
DFT	Teoria do funcional da densidade
MDF	Materials Data Facility
NMBP	Nanotecnologias, Materiais Avançados, Biotecnologia & Manufatura e Processamento Avançado
AFM	Microscopia de Força Atômica
EMMC	Conselho Europeu de Modelagem de Materiais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 PROBLEMÁTICA	16
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
<b>2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO</b>	<b>18</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>21</b>
3.1 INOVAÇÃO	21
3.1.1 Inovação Fechada	23
3.2 OS NOVOS PARADIGMAS DE INOVAÇÃO	25
3.2.1 Inovação Aberta	25
3.2.2 Ciência Aberta e a Inovação Aberta na Ciência	29
3.3 AMBIENTES DE INOVAÇÃO ABERTA	30
3.4 ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO	32
3.5 CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS	35
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>40</b>
4.1 AMBIENTES DE INOVAÇÃO ABERTA PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS	40
4.1.1 Horizon 2020	40
4.1.1.1 Programa Horizon 2020	40
4.1.1.2 H2020 e a Inovação Aberta para a Indústria dos Materiais	42
4.1.2 Royal DSM	42
4.1.2.1 DSM e a Abertura do Processo de Inovação	43
4.1.2.2 Modelo de desenvolvimento de negócios	44
4.1.3 JFE Steel Corporation	46
4.1.4 Materials Innovation Institute	47
4.1.5 Oyster Project	48
4.2 CIÊNCIA ABERTA PARA PESQUISAS EM MATERIAIS E SUAS APLICAÇÕES	50
4.2.1 The European Organization For Nuclear Research	51
4.2.2 Data-Driven para Ciência dos Materiais	52
4.2.3 Institute Of Materials, Minerals And Mining	54
4.2.4 OntoTrans	55
4.2.5 NanoMECommons	56
4.3 O ECOSSISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E EMPRESAS INOVADORAS NO SETOR DE MATERIAIS	57
4.3.1 Startups na Área de Ciência e Tecnologia Dos Materiais	59

**5 CONCLUSÃO**

**65**

**REFERÊNCIAS**

**68**

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos e processos inovadores é sem dúvida um dos elementos cruciais para que as empresas sobrevivam face à concorrência. Dessa forma, produtos inovadores devem necessitar do menor tempo possível entre sua ideação e a sua inserção no mercado. Para a ciência e tecnologia dos materiais, não é diferente. Quando se busca um resultado inovador com a melhor alocação de recursos possível, deve-se buscar metodologias alternativas aos modelos utilizados em outras épocas, quando o fluxo de informações era menor e o tempo de obsolescência de uma tecnologia era muito maior. Nesse sentido, como alternativa aos processos e metodologias clássicas, algumas instituições optam por um ambiente de inovação aberta (CHESBROUGH, 2003; CALLISTER 2008).

A inovação aberta possui como premissa básica a abertura de processos anteriormente internalizados para facilitar a inovação e gerar novas tecnologias. De acordo com Chesbrough (2003), a inovação aberta é definida como o uso de entradas e saídas intencionais de conhecimento para acelerar a inovação interna e expandir os mercados para uso externo da inovação, respectivamente. Essas informações podem vir de dentro da própria organização por meio dos próprios colaboradores ou de agentes externos.

Assim, a inovação aberta é usada como um modelo de gestão que utiliza a colaboração de pessoas e organizações externas para atingir um melhor resultado, diferentemente da metodologia tradicional, na qual empresas e instituições de pesquisa internalizam seus processos de inovação, tendo um custo de oportunidade em troca da exclusividade de sua propriedade intelectual (CHESBROUGH, 2003). Isso ocorre devido a limitação que qualquer equipe de pesquisa e desenvolvimento (P&D) possui em relação aos profissionais, processos e ferramentas externas ao seu ambiente de trabalho. Pois, é improvável que qualquer equipe de profissionais de uma instituição possua as melhores condições existentes para o desenvolvimento da ciência (no caso de institutos de pesquisa), ou de novas tecnologias (no caso de empresas ou laboratórios industriais). Sempre haverá em ambiente externo à instituição outras pessoas, ferramentas, empresas ou instituições de pesquisa que podem tornar o processo de inovação mais rápido, lucrativo e potencialmente disruptivo (CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH, 2006).

A ciência e tecnologia dos materiais, assim como qualquer área do conhecimento de base do setor industrial, está suscetível às mudanças de paradigmas de inovação, exigindo também um modelo mais ágil, inovador e compatível com as tendências mercadológicas (CHESBROUGH, 2003; CALLISTER, 2008).

Primeiramente, é importante conhecer as diferenças entre os construtos de ciência e tecnologia. A ciência é uma forma de descrever o mundo e seus fenômenos, aprimorando nosso conhecimento sobre a natureza. Por outro lado, a tecnologia tem como objetivo moldá-lo às nossas necessidades. A ciência dos materiais centra-se na relação entre a estrutura atômica e molecular de um material e as suas propriedades. Em contrapartida, suas aplicações tecnológicas estão diretamente relacionadas com a forma como o material é fabricado ou processado até se transformar em matéria prima útil ou produto (CALLISTER, 2008).

Além disso, a ciência e tecnologia dos materiais lida com a melhoria de produtos já existentes, utilizando o conhecimento da estrutura e das técnicas de processamento e como a estrutura e o processamento influenciam as propriedades do material. Isso inclui o estudo da grande variedade de classes de materiais, desde metais, cerâmicos e polímeros, estruturas biológicas e compósitos até os materiais avançados (CALLISTER, 2008). Além disso, a ciência e tecnologia dos materiais incluem elementos de física e química aplicadas, sendo um importante nicho industrial e de frequente inovação.

Diante disso, no presente estudo exploratório, busca-se analisar a inovação aberta e a ciência aberta como ferramentas para o desenvolvimento da ciência e tecnologia dos materiais, apresentar *cases* e reunir as informações existentes na literatura, buscando esclarecer como a temática é tratada nos ecossistemas de inovação.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O conceito de inovação aberta foi proposto por Henry Chesbrough em seu livro *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology* (CHESBROUGH, 2003), no qual o autor sugere uma abordagem para pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, metodologias e serviços por meio da troca de ideias, expertises e recursos entre organizações. Dessa forma, uma



empresa, por exemplo, não contaria apenas consigo mesma para poder gerar inovação, pois estaria aberta a receber soluções externas para otimizar os resultados de suas equipes de P&D. Da mesma forma, também é possível que uma organização, seja empresa ou instituto de pesquisa (no caso da inovação aberta aplicada à ciência), forneça suas próprias informações, conhecimentos e outros recursos internos, gerando trocas que potencializam as capacidades inovativas dos atores envolvidos (CHESBROUGH, 2003; VANHAVERBEKE *et al.*, 2017).

Refere-se ao conhecimento externo que flui para a empresa como *inbound open innovation* (inovação aberta de entrada), e o conhecimento interno que flui da empresa como *outbound open innovation* (inovação aberta de saída) (CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH, 2006; VANHAVERBEKE *et al.*, 2017). Esses fluxos de informações permitem a criação de ambientes propícios para a permeação de novas ideias e o estabelecimento de relações sinérgicas entre vários atores em torno de objetivos comuns. Dessa forma, permitindo o desenvolvimento de soluções inovadoras em um ecossistema de inovação (CHESBROUGH, 2003).

## 1.2 PROBLEMÁTICA

É possível dizer que a implementação prática de ideias que resultam na introdução de novos bens ou serviços ou na melhoria do fornecimento de bens ou serviços anteriormente existentes, é, de forma concisa, uma maneira de descrever a inovação (SCHUMPETER, 1983). Para Davenport e Prusak (1998), o capital intelectual de empresas e outras organizações corresponde ao conjunto de conhecimento partilhado pelos indivíduos e presentes nos documentos, protocolos, rituais e ritos da organização. Logo, a gestão do conhecimento, que está relacionada diretamente com o desenvolvimento de competências e capacidade inovadora, cujos resultados são novos produtos ou serviços, está intrinsecamente associada à inovação.

Além disso, o desenvolvimento de novos materiais é, frequentemente, pouco célere e dependente de instituições públicas e/ou privadas para apoio financeiro ou estrutural. Essas instituições, muitas vezes por inércia ou falta de conhecimento, utilizam uma metodologia de inovação fechada (CHESBROUGH, 2003) e internalizam suas atividades. Porém, existem alternativas que podem auxiliar nos processos de inovação e na gestão do conhecimento adquirido no decurso dessas

atividades. O processo de reinvenção da própria inovação surge com a necessidade de acelerar processos, seja para fins acadêmicos ou para a diminuição do *time-to-market* (tempo que leva desde a concepção de um produto até ele estar disponível para venda), no caso de empresas do setor privado.

Dentro do contexto apresentado, o presente trabalho busca trazer da literatura os aspectos da inovação aberta que tangenciam o desenvolvimento de novos materiais, de forma a organizar as informações e estimular a compreensão do leitor quanto à temática.

A presente pesquisa reúne vários exemplos coletados no intuito de responder ao problema de pesquisa: Como os ambientes de inovação aberta e recursos de ciência aberta têm sido utilizados para o progresso da ciência e desenvolvimento da tecnologia dos materiais dentro de ecossistemas de inovação?

### 1.3 OBJETIVOS

Toda pesquisa deve ter um objetivo determinado para saber o que se vai procurar e o que se pretende alcançar (MARCONI; LAKATOS, 2003). A partir da contextualização e problemática apresentadas, serão descritos a seguir os objetivos do presente trabalho.

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a inovação aberta e a ciência aberta como ferramentas para o desenvolvimento da ciência e tecnologia dos materiais, apresentar *cases* e reunir as informações existentes na literatura, buscando esclarecer como a temática é tratada nos ecossistemas de inovação.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral mencionado no tópico anterior, os seguintes objetivos específicos foram determinados:

- a. Apresentar os conceitos de inovação, inovação aberta, ciência aberta, ambiente de inovação aberta, ecossistema de inovação e ciência e tecnologia dos materiais e seus construtos;
- b. Identificar na literatura exemplos de inovação aberta aplicadas à tecnologia dos materiais;
- c. Identificar na literatura exemplos de ciência aberta aplicadas às ciências dos materiais;
- d. Apresentar o cenário das startups do Estado de Santa Catarina que desempenham atividades em ciência e tecnologia de materiais.

Para cumprir os objetivos específicos, a seção 2 apresenta o procedimento metodológico adotado neste trabalho.

## **2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

A pesquisa é o “procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos” (GIL, 2002). Ao fazer pesquisa, a melhor maneira de abordar as questões precisa ser determinada e uma base científica sólida é necessária para fundamentá-la. É assim, portanto, que a importância de um trabalho pode ser justificada (MIGUEL, 2010).

Dessa maneira, é descrito nessa seção o procedimento metodológico utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho. Este trabalho é classificado como exploratório e de revisão narrativa, busca e organiza informações já presentes na literatura. Os estudos exploratórios possuem o objetivo de desenvolver, modificar e esclarecer ideias e conceitos, objetivando a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para posteriores estudos (GIL, 2008). Assim, também propiciam uma maior familiaridade do pesquisador e do leitor com um ambiente, conceito, fato ou fenômeno (MARCONI; LAKATOS, 2003). As informações utilizadas no estudo de revisão narrativa foram obtidas de fontes secundárias, livros, artigos de periódicos e capítulos de livros (MARCONI; LAKATOS, 2003), encontrados por meio de pesquisa em bases de dados de trabalhos científicos.

Para cumprir o primeiro objetivo específico foi necessário apresentar os conceitos de inovação, inovação aberta, ciência aberta, ambiente de inovação aberta, ecossistema de inovação e ciência e tecnologia dos materiais, foram obtidos

dados por meio de buscas nas bases interdisciplinares de trabalhos científicos Scopus e Web of Science. As pesquisas foram realizadas utilizando os conceitos anteriormente citados como palavras-chave.

Para cumprir o segundo objetivo específico, foi necessário identificar na literatura como a inovação aberta está sendo aplicada à tecnologia dos materiais. Foram buscados *cases* de instituições de pesquisa e de empresas que utilizam destes, além de programas de incentivo e a visão de pesquisadores sobre a temática em estudo, utilizando os termos combinados de ciência dos materiais, tecnologia dos materiais, ecossistema de inovação e inovação aberta como palavras-chave. Além disso, foram utilizados portais de notícias, programas e instituições para enriquecer a compreensão sobre os temas abordados.

Da mesma forma, para cumprir o terceiro objetivo específico, foi necessário identificar na literatura como a ciência aberta está sendo aplicada à ciência dos materiais e como os diversos bancos de dados auxiliam no seu progresso, foram buscados *cases* de instituições e projetos que utilizam de alguma metodologia de ciência aberta. também foram utilizados os mesmos bancos de dados e foram utilizados os termos combinados de ciência dos materiais, tecnologia dos materiais, ecossistema de inovação e ciência aberta. Além disso, foram utilizados portais de notícias, programas e instituições.

Para cumprir o quarto objetivo específico, foi necessário identificar as características do cenário brasileiro de *startups* e fazer um recorte dessas empresas emergentes sediadas no Estado de Santa Catarina que desempenham atividades em ciência e tecnologia de materiais. Foram consultadas bases de dados específicas para os atores do ecossistema de inovação brasileiro como o banco de dados sobre *startups* desenvolvido pela Associação Brasileira de Startups (STARTUPBASE, 2022), além de outras fontes secundárias (ACATE, [s/d]; INATEC, 2019; ACE, 2020; NIDUS, 2022) para identificar *startups* ativas na área de ciência e tecnologia dos materiais no Estado de Santa Catarina

Os objetivos específicos e seus métodos são descritos no Quadro 1.

Objetivo específico	Método
---------------------	--------

<p>Apresentar os conceitos de inovação, inovação aberta, ciência aberta, ambiente de inovação aberta, ecossistema de inovação e ciência e tecnologia dos materiais e seus construtos.</p>	<p>Obter dados por meio de buscas nas bases interdisciplinares de trabalhos científicos Scopus e Web of Science utilizando os termos “inovação”, “inovação aberta”, “ciência aberta”, “ambiente de inovação aberta”, “ecossistema de inovação” e ciência e tecnologia dos materiais.</p>
<p>Identificar na literatura exemplos de inovação aberta aplicadas à tecnologia dos materiais.</p>	<p>Buscar cases de instituições de pesquisa e de empresas que utilizam inovação aberta, além de programas de incentivo e a visão de pesquisadores sobre a temática em estudo, utilizando os termos combinados de “ciência dos materiais”, “tecnologia dos materiais”, “ecossistema de inovação” e “inovação aberta” como palavras-chave. Além disso, foram utilizados portais de notícias, programas e instituições.</p>
<p>Identificar na literatura exemplos de ciência aberta aplicadas à ciências dos materiais.</p>	<p>Identificar na literatura como a inovação aberta está sendo aplicada à tecnologia dos materiais. Para tanto, foram buscados cases de instituições de pesquisa e projetos que utilizam da ciência aberta e utilizados os termos combinados de “ciência dos materiais”, “tecnologia dos materiais”, “ecossistema de inovação” e “ciência aberta”. Também foram utilizados portais de notícias, programas e instituições.</p>

<p>Apresentar o cenário das startups do Estado de Santa Catarina que desempenham atividades em ciência e tecnologia de materiais.</p>	<p>Identificar as características do cenário brasileiro de <i>startups</i> e fazer um recorte destas empresas sediadas no Estado de Santa Catarina que desempenham atividades em ciência e tecnologia de materiais. Para tanto, foram consultadas bases de dados específicas para os atores do ecossistema de inovação brasileiro, como a Associação Brasileira de Startups, StartupBase, StartupSC, entre outros.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Quadro 1 - Objetivos Específicos e métodos. Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Dessa forma, foram selecionadas e comentadas publicações, relatos de casos práticos, informações institucionais e notícias que correlacionaram a ciência e tecnologia de materiais aos construtos anteriormente citados para construir um resultado. Na seção 3 será apresentada a revisão da literatura.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 INOVAÇÃO

A palavra inovação é atualmente uma das mais popularizadas em ambientes de trabalho e pesquisa, principalmente no setor de tecnologia. Porém, dentro do contexto histórico do início do século XX é um termo que já ganha considerável relevância a partir dos trabalhos do Economista Joseph Alois Schumpeter, que publicou a obra denominada Teoria do Desenvolvimento Econômico (SCHUMPETER, 1982), que assim definia a inovação:

- a) A introdução de um novo produto ou melhoria da qualidade de um produto já existente;

- b) Introdução de um novo método de produção ou melhoria de um processo já existente;
- c) Abertura de um novo mercado;
- d) Uma nova fonte de matérias-primas ou bens semi-manufaturados;
- e) Uma nova forma de organização industrial.

Schumpeter (1982) também descreve a relação entre inovação, ascensão de novos mercados e a ação do empreendedor. A figura do empreendedor, segundo o autor, é o principal ator que inicia as transformações econômicas, sendo os consumidores posteriormente conformados às novidades inseridas no mercado. Dessa forma, cunhou-se o conceito de “destruição criativa”, que descreve que a superação de um ciclo econômico ou técnico do mercado está associada a seu próprio desenvolvimento. Esse processo incorre, entretanto, na obsolescência de antigos setores, tecnologias e empresas. Assim, a inovação surge da constante destruição do velho para construção do novo (SCHUMPETER, 1982).

Apesar da definição de Schumpeter ser constantemente citada por sua importância histórica, existem várias outras definições importantes na literatura que refletem a contemporaneidade dos autores com seus períodos sociais, econômicos e industriais. Peter Drucker (1985), outro autor reiteradamente citado por sua contribuição, define que inovação é qualquer coisa que mude o potencial de produção de riqueza dos recursos já existentes e que as mudanças devem ser tratadas como oportunidades para a criação de novos produtos ou serviços. O autor também acrescentou que a inovação é uma ferramenta capaz de ser apresentada como uma disciplina, que pode ser aprendida e ensinada.

Em 1990 a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) publicou a primeira versão do Manual de Oslo. Esse manual foi criado como uma forma de padronizar conceitos, metodologias e indicadores para países industrializados. Nele, define-se inovação como um produto ou processo novo ou melhorado que difere significativamente dos anteriores que haviam sido disponibilizados para potenciais usuários ou colocado em uso por unidades de processo (OECD, 2018). Entende-se, então, com base neste conceito, corroborado posteriormente por Durst e Poutanen (2013), que só deveria ser considerado inovação produtos e serviços que fossem implementados, sejam novos ou melhorados (OECD, 2018).

Além disso, segundo o Manual de Oslo (OECD, 2018), a inovação pode ser dividida em quatro grupos:

- **Inovação de produto:** A introdução de um novo bem de serviço ou o melhoramento substancial de um já existente. Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes, materiais, softwares, facilidade de uso e outras características funcionais. Esse tipo de inovação altera os aspectos do produto, não sendo incluídas as mudanças puramente estéticas ou de estilo;
- **Inovação de processo:** Introdução de um novo processo ou método de produção, ou melhoramento de um já existente. Incluem-se o uso de novas e melhores técnicas, equipamentos e redes de distribuição para aumentar a eficiência e produzir melhores produtos, com o objetivo de redução de custos e o aumento das vendas;
- **Inovação organizacional:** Introdução de novos métodos organizacionais, ou melhoramento substancial de um já existente. São citados: Mudanças em práticas de negócios, melhorias na organização do local de trabalho, novas práticas para envolver os funcionários nas decisões, procedimentos que envolvam ganhos de produtividade, a difusão de conhecimentos dentro da empresa. São focados na redução de custos e na melhoria das competências da equipe de funcionários;
- **Inovação de marketing:** Introdução de métodos de marketing ou aprimoramento substancial de algum já existente. Envolve a implantação de novos métodos de marketing, incluindo mudanças na concepção do produto ou em suas embalagens, percepção de valor pelo cliente, modo de venda e promoção de bens e serviços. Nas inovações de marketing o foco é na melhoria de posicionamento no mercado.

Segundo Bontems (2014), a inovação certamente não pode ser definida como uma única teoria bem formada. Existe, de fato, uma grande quantidade de pesquisas que fazem uso pertinente de certos conceitos que atendem pelo nome de inovação (ou subcategoria como, por exemplo, “inovação baseada em conhecimento”), mas



não há uma estrutura comum em que o conceito geral de inovação ganharia significado e os diferentes significados poderiam se ligar (BONTEMS, 2014).

### 3.1.1 Inovação Fechada

O modelo de inovação fechada, também conhecida como inovação tradicional, foi o padrão adotado pelas empresas até o início dos anos 2000, no qual as atividades de P&D eram realizadas exclusivamente em laboratórios próprios.

Para Chesbrough (2003), o modelo fechado de inovação é habitualmente dependente de recursos privados. Além disso, as organizações precisam também da existência de uma figura interna que será responsável por suprir a necessidade de ideias inovativas (chamado pelo autor de *man of genius*).

A Figura 1 traz o panorama do conhecimento para a inovação fechada, que demonstra, como mencionado anteriormente, que as equipes de P&D não se comunicam e não há troca de recursos.

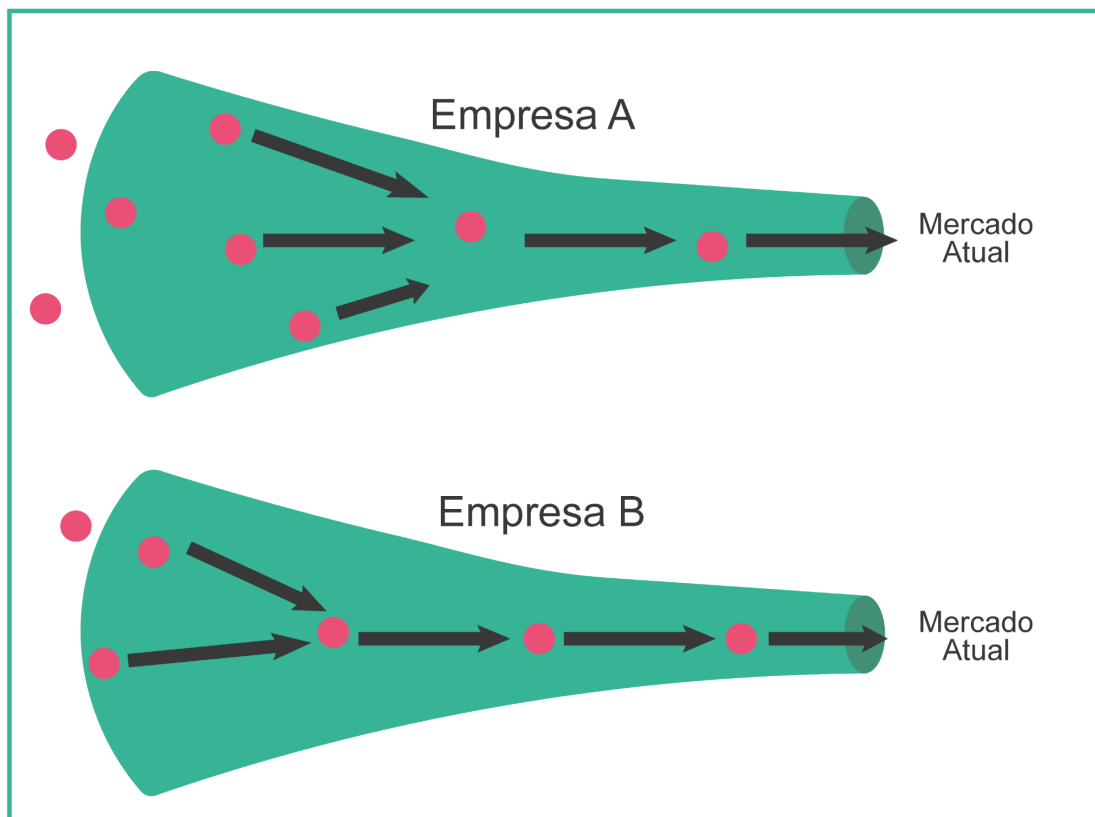


Figura 1 - Panorama do conhecimento para inovação fechada. Fonte: Adaptado de Chesbrough (2003).

Diante do exposto, fica explícito que a inovação fechada é, de grosso modo, a metodologia na qual toda a cadeia de desenvolvimento de ideias e produtos ficam limitadas aos colaboradores da empresa. Para que isso ocorra, a organização deve reunir os melhores profissionais disponíveis no mercado buscando soluções para seus próprios desafios internos (CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH, 2006).

É importante destacar que algumas empresas, por questões referentes a seus planejamentos estratégicos, preferem a inovação fechada. Isso pode ocorrer quando uma instituição quer o controle total da tecnologia desenvolvida. Dessa forma, criam-se vantagens competitivas na forma de tecnologias únicas para o mercado (SCIENCE-ATLAS, 2021).

### 3.2 OS NOVOS PARADIGMAS DE INOVAÇÃO

Tanto a inovação tecnológica como a inovação administrativa trouxeram novos paradigmas ao longo dos anos que determinam a forma como empresas e instituições tratam suas mudanças e o modo de enfrentar a concorrência, hoje discutidas e desenvolvidas sob os conceitos de inovação aberta, inovação fechada, bem como ciência aberta e o ecossistema de inovação (AFUAH, 1998; CHESBROUGH, 2003; SALMELIN, 2013).

Segundo Afuah (1998), é necessário fazer distinção entre inovação tecnológica e inovação administrativa. A inovação técnica é sobre produtos, serviços ou processos melhorados ou completamente novos. A inovação administrativa, por outro lado, diz respeito à estrutura organizacional e aos processos administrativos dentro das organizações. Segundo o autor, uma inovação técnica pode não necessitar de uma inovação administrativa.

#### 3.2.1 Inovação Aberta

As mudanças nas formas das organizações competirem trouxeram consigo a necessidade constante de inovar, e, por melhor que seja, ela não conseguirá reunir as melhores condições para inovar sozinha. O termo “inovação aberta” é relativamente novo, tendo sido concebido pela primeira vez por Henry Chesbrough

(2003), que teve como objetivo melhorar a comunicação entre o ambiente acadêmico e o ambiente empresarial.

O modelo de inovação proposto por Chesbrough quebra o paradigma do conceito tradicional de inovação que utiliza uma estrutura vertical, na qual a pesquisa e o desenvolvimento de produtos e serviços são feitos internamente dentro das empresas (CHESBROUGH, 2003).

Assim, a inovação aberta difere da inovação tradicional, pois não utiliza somente os recursos disponíveis internamente nas instituições, mas também utiliza a expertise de parceiros externos à organização. Para o autor, dessa forma é possível criar redes de colaboração sistemáticas que dispõem de conhecimentos e ideias que potencializam a geração de novas tecnologias (CHESBROUGH, 2003). Isto vai de encontro com o conceito tradicional de inovação, que utiliza a propriedade intelectual como um fator decisivo para manter suas equipes de P&D isoladas (HALL, 2010; CHESBROUGH, 2014).

Antes de ser criado como conceito, a ideia de que a inovação pudesse acontecer alheia à organização já era discutida. Para Katz e Allen (1982), naquele momento existia algo que chamaram da síndrome do “não inventado aqui” (*not invented here* – NIH, no original), que é a tendência de grupos de P&D estáveis e com baixa rotatividade de colaboradores a acreditarem que possuem o monopólio do conhecimento do seu campo de atuação, desenvolvendo aversão à ideias externas à equipe (MORTARA; MINSHALL, 2011).

A crescente complexidade dos produtos e tecnologias, o aumento dos custos e riscos da inovação, bem como a aceleração do *time-to-market* levaram as empresas a passar gradualmente de um sistema de inovação fechado para um sistema aberto, desenvolvendo novos acordos de cooperação e parcerias, bem como a partilha de ideias, conhecimentos e tecnologia com outras organizações e indivíduos. Dessa forma, a ideia de uma inovação cada vez mais colaborativa ganhou robustez, sendo utilizada como metodologia para inovar em ambientes acadêmicos e empresariais (CHESBROUGH *et al.*, 2006).

O panorama do conhecimento é uma metáfora que descreve os picos e vales de conhecimento potenciais em constante mudança que rodeiam cada um de nós (ROOS; OLIVER, 1999). Chesbrough (2003) desenvolveu em seu trabalho o panorama do conhecimento no paradigma de inovação aberta (Figura 2),

demonstrando o fluxo de conhecimento durante o processo de inovação com a participação de outros atores.

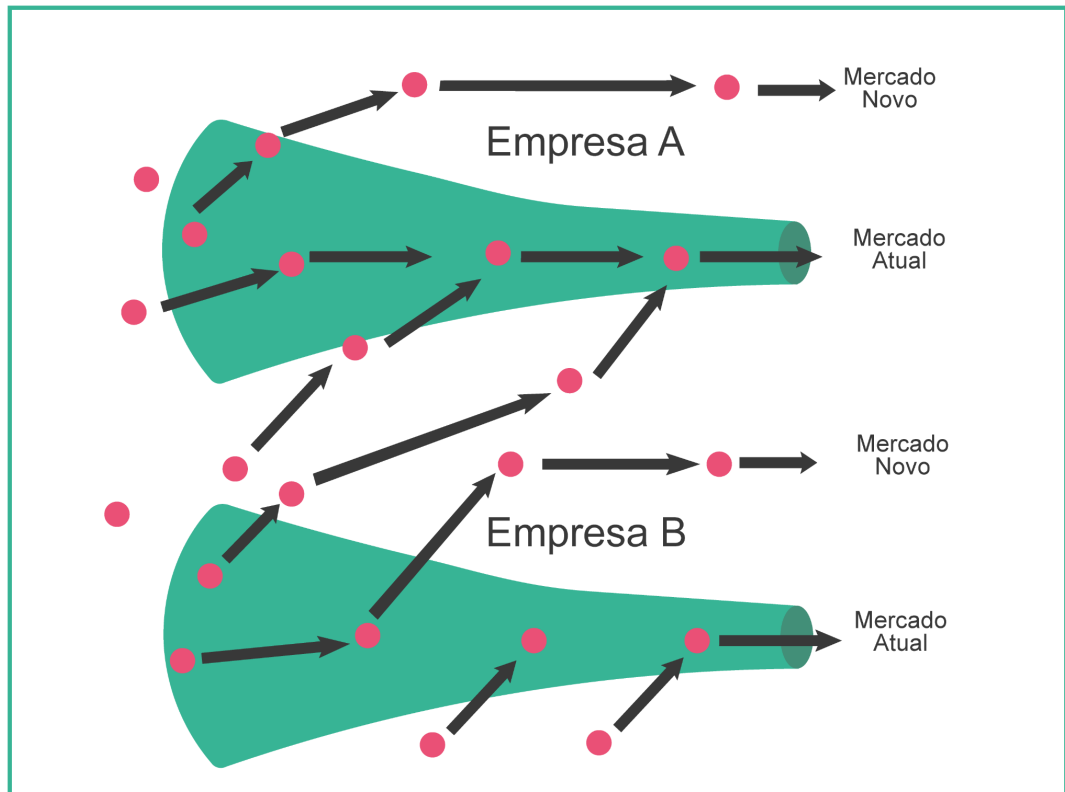


Figura 2 - Panorama do conhecimento para inovação aberta. Fonte: Adaptado de Chesbrough (2003).

A inovação aberta traz também uma mudança de paradigma em relação aos métodos de inovação anteriores e a forma que as instituições lidam com suas propriedades intelectuais. Na abordagem tradicional, a inovação é vista como uma função da indústria, que reúne e organiza recursos em busca da inovação que ficará protegida da concorrência dentro da própria instituição (JING, 2009; DESCHAMPS; MACEDO; EVE-LEVESQUE, 2013).

Para ser possível inovar de maneira aberta, são necessários processos de implementação. De acordo com Gassmann e Enkel (2003) existem três maneiras de colocar esse processo em prática (Figura 3):

- a) *Outside-in*, que em português seria “de fora para dentro”. Neste processo, a empresa desenvolve novas tecnologias por meio da integração entre clientes, parceiros e fornecedores, facilitando assim a criação e o fluxo do conhecimento. É utilizado geralmente por empresas com baixa capacidade

tecnológica que se veem obrigadas a recorrer a outras empresas para licenciar patentes e desenvolver novas tecnologias. Dessa forma, a empresa consegue adicionar valor ao seu produto por meio dessas conexões.

- b) *Inside-out*, que em português significa “de dentro para fora”, é exatamente o oposto do primeiro processo. Nesse, a empresa desenvolve a tecnologia e mantém a propriedade intelectual. É um processo mais usado em indústrias tecnológicas de grande porte que conseguem patentear suas tecnologias.
- c) *Coupled*, ou em português, “agrupado”. É um combinado das duas maneiras de se inovar.

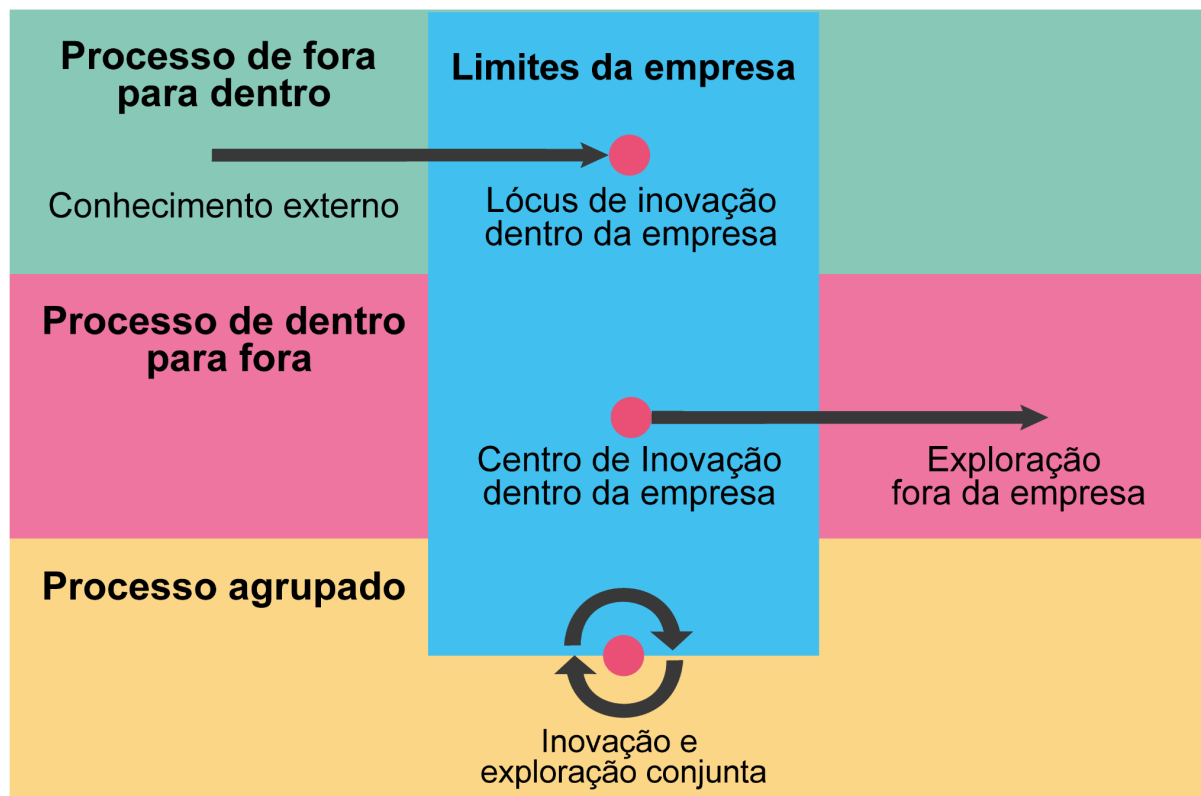


Figura 3 -Esquematização de outside-in, inside-out e coupled. Fonte: Adaptado de Gassmann e Enkel (2003).

No pensamento inovador moderno, essa busca extrapola os centros de P&D das empresas e pode ser buscada em fontes externas (DESCHAMPS; MACEDO; EVE-LEVESQUE, 2013).

### 3.2.2 Ciência Aberta e a Inovação Aberta na Ciência

Os dados são uma matéria-prima crucial deste século. Atualmente, a ciência está mudando lentamente sua cultura em direção a uma maior abertura na ciência. A expressão ciência aberta (*open science*) faz referência a um modelo de prática científica que visa a disponibilização das informações de pesquisas em rede de forma oposta à pesquisa tradicional reservada exclusivamente aos laboratórios (RAMÍREZ-MONTOYA; GARCÍA-PEÑALVO, 2018). Possui como característica a participação de vários contribuidores potenciais, abrindo possibilidades para o desenvolvimento por meio de inovações e construções colaborativas que ajudam a democratizar o conhecimento (RAMÍREZ-MONTOYA, GARCÍA-PEÑALVO 2018).

Falar sobre ciência aberta implica em falar sobre inovação aberta, porém, ainda há inconsistências na literatura sobre a inter-relação dos dois construtos. Randhawa, Wilden e Hohberger (2016), realizaram uma revisão sistemática sobre o tema e encontraram lacunas do conhecimento sobre o assunto. Além disso, segundo o referido trabalho, os pesquisadores não baseiam suficientemente suas pesquisas em perspectivas teóricas que são externas aos seus campos de estudo, não explorando as múltiplas facetas da inovação aberta, ciência aberta e suas potencialidades (RANDHAWA; WILDEN; HOHBERGER, 2015; RAMÍREZ-MONTOYA; GARCÍA-PEÑALVO 2018).

A inovação aberta na ciência é um conceito que integra os construtos de inovação aberta e de ciência aberta (ECN, 2022). A ciência aberta deve ser vista como um movimento que propõe mudanças estruturais na forma que o conhecimento científico é produzido, organizado, compartilhado e reutilizado, sendo uma forma mais colaborativa de fazer ciência, de modo transparente e sustentável (FIOCRUZ, [s.d.]). Entre os pilares da ciência aberta destacam-se: acesso aberto, dados abertos, inovação aberta e redes abertas de ciência. O objetivo é compartilhar conhecimento entre a comunidade científica, a sociedade e as empresas, potencialmente expandindo o entendimento da ciência e seu impacto na sociedade e na economia (SILVA, 2020).

A inovação aberta e a ciência aberta são cada vez mais reconhecidas como os pilares centrais dos futuros sistemas de pesquisa e inovação. Isso poderia ajudar a repensar e redesenhar a maneira como pensamos sobre a ciência e como projetamos o processo de pesquisa. Assim, uma melhor integração entre ambos os

conceitos se tornará uma importante força motriz para aumentar a inovação e o impacto científico (ECN, 2022).

### 3.3 AMBIENTES DE INOVAÇÃO ABERTA

A inovação aberta, como já dito anteriormente, não está atrelada apenas a ambientes industriais. A pesquisa científica também passou por transformações e cada vez mais existe colaboração multinacional para o desenvolvimento de novos conhecimentos científico-tecnológicos (BECK *et al.*, 2020). Um ambiente de inovação aberta pode se formar quando o fluxo de conhecimento compartilhado entre instituições, como demonstrado nos funis porosos da Figura 2, fornece tanto ideias internas quanto externas entre vários atores simultaneamente (GOLDBECK *et al.*, 2022). Dessa forma, a Figura 4 demonstra esse cenário, com vários funis simultâneos.

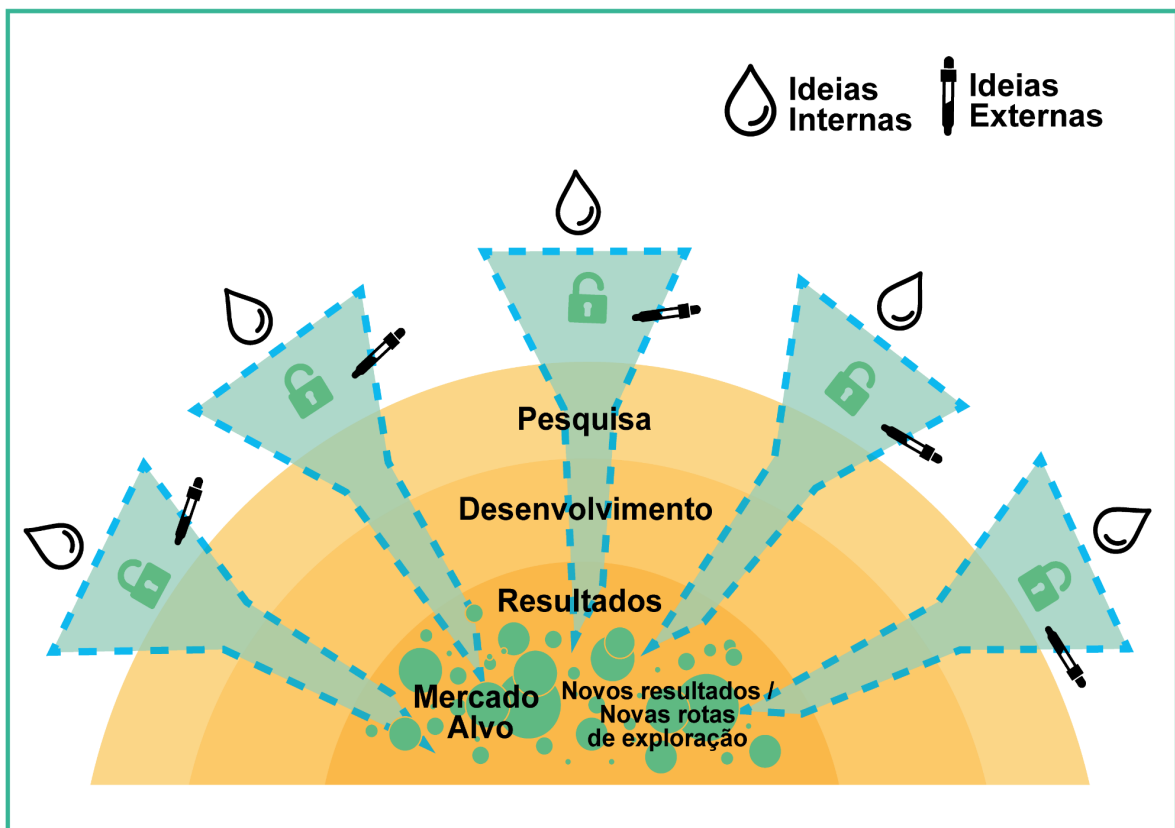


Figura 4 - Fluxo do conhecimento de um ambiente de inovação aberta. Fonte: Adaptado de Goldbeck *et al.* (2022).

Cada funil da Figura 4 pode ser entendido como uma fração do ecossistema que pode proporcionar equipamentos, conhecimentos, *softwares*, *hardwares* e, mais importante, pessoas. Assim, um ambiente de inovação aberta sustenta a inovação focando no próprio ecossistema por meio da inovação interorganizacional (GOLDBECK *et al.*, 2022).

Gastaldi *et al.* (2015) fizeram uma revisão histórica sobre as três décadas que, segundo os autores, moldaram o cenário da inovação e as condições que permitiram que a inovação contínua ocorresse e se transformasse em um processo cada vez mais colaborativo:

- Década de 1990: o cenário competitivo era caracterizado por sistemas de inovação centralizados, caracterizando processos de inovação fechada. As atividades de colaboração tinham como foco os acordos com parceiros da cadeia de suprimentos.
- Década de 2000: houveram mudanças nas perspectivas e a inovação colaborativa começou a ser praticada dando espaço à inovação aberta. As empresas começam a perceber o grande potencial externo às suas equipes de P&D.
- Década de 2010: houve novamente uma alteração significativa no cenário competitivo, dando espaço para os ecossistemas colaborativos que possuem como base a colaboração integrada. As fronteiras das empresas e instituições são ultrapassadas para formar redes formais e informais de interação.

De acordo com Curley e Salmelin (2013), esse modelo de colaboração integrada e de co-criação com valores compartilhados pode ser interpretado como uma evolução do conceito apresentado por Chesbrough em 2003, sendo chamado de inovação aberta 2.0, que utiliza o conceito do ecossistema de inovação como figura principal para promoção da inovação. Salmelin (2013) destaca que a inovação aberta 2.0 é um conjunto de processos paralelos, que necessita da existência de um formulador de políticas públicas que crie a estrutura necessária para que esta interação aconteça promovendo a consolidação desses ecossistemas.

“O apoio público aos ecossistemas é importante não apenas no financiamento (e, por exemplo, na aquisição pré-comercial de soluções



inovadoras), mas também como um participante importante para criar as regras nos ecossistemas, para aumentar a confiança e para promover a mente aberta de todos os participantes em suas várias e simultâneas funções (SALMELIN, 2013).”

Essa nova dinâmica de inovação apresenta novos desafios para as organizações, mas também potencializa as chances da adoção de práticas de processos de inovação mais colaborativos dentro dos ecossistemas. Porém, faz-se necessário o entendimento sobre como orquestrar esses ecossistemas cada vez mais complexos (GASTALDI *et al.*, 2015).

### 3.4 ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO

A inovação, em uma vertente mais contemporânea, pode ser vista como processo total de várias partes inter-relacionadas. Não é apenas a descoberta de novos conhecimentos, desenvolvimento de um novo produto, técnica de fabricação ou serviço, nem a criação de um novo mercado feito por atores isolados. Em vez disso, são todas estas partes que se comunicam e formam um todo (GODIN, 2015; MATOS, TEIXEIRA; 2020).

O conceito de sistema de inovação foi introduzido no final da década de 1980, criado por Freeman (1987) para descrever a congruência entre várias redes institucionais nos setores públicos e privados que participavam de atividades e interações relacionadas a novas tecnologias (FREEMAN, 1987; SOETE *et al.*, 2009; BASSIS; ARMELLINI, 2018). Metcalfe (1995) definiu um sistema de inovação como uma combinação de diferentes instituições que conjunta e individualmente contribuem para o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias, e que fornecem a estrutura dentro da qual os governos formulam e implementam políticas para influenciar o processo de inovação (METCALFE; 1995; BASSIS; ARMELLINI, 2018).

Os sistemas de inovação possuem influência nos desenvolvimento regional e políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação (EDQUIST, 2001, BOSCHMA, 2004). Dessa forma, o sistema de inovação compreende a inovação como resultado dos processos de conhecimento e aprendizagem complexos, interativos e cumulativos, desenvolvido simultaneamente por vários atores (ASHEIM; SMITH;

OUGHTON, 2011; FIORE; GRISORIO; PROTA, 2011; ASHEIM; GRILLITSCH; TRIPPL, 2015; MATOS, TEIXEIRA; 2020).

Por outro lado, a indústria atual é dividida em um grande número de segmentos, produzindo produtos, serviços e tecnologias especializadas (BASSIS; ARMELLINI, 2018). O grau de interação entre as empresas em um determinado setor pode conter centenas de organizações envolvidas em grandes projetos de produção, distribuição ou implementação de um único produto (IANSITI; LEVIEN, 2004). Nesse contexto, um negócio não pode ser considerado relevante apenas do ponto de vista setorial (MOORE 1993; BASSIS; ARMELLINI, 2018), mas deve ser visto como uma entidade pertencente a algo maior, mais complexo e sem fronteiras, que foi chamado inicialmente de ecossistema empresarial (ROTHSCHILD 1990; BASSIS, ARMELLINI, 2018).

Assim, o ecossistema de inovação pode ser definido como sistemas complexos e adaptativos. Nele estão presentes blocos e mecanismos que permitem a formação de ligações e interação de diversos atores, que evoluem simultaneamente e dinamicamente, levando ao surgimento da ordem e da auto-organização, conforme a Figura 5 (SALMELIN, 2013).

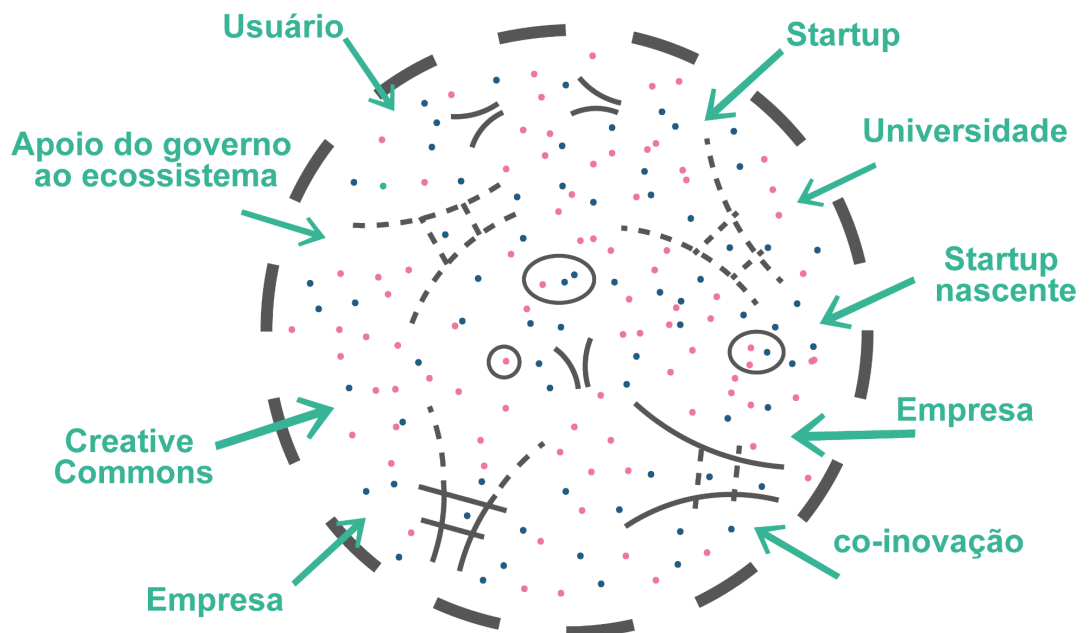


Figura 5 - Representação de um ecossistema de inovação. Fonte: Adaptado de Salmelin (2013).

Peltoniemi e Vuori (2004) e Peltoniemi *et al.* (2005) destacam em seus trabalhos o que consideram ser as cinco principais características de um ecossistema de inovação, que são: complexidade, auto-organização, emergência, coevolução e adaptação.

Os conceitos de sistemas de inovação e ecossistemas de inovação são muito próximos. Matos e Teixeira (2020) destacam as semelhanças entre ambos os construtos no Quadro 2:

Semelhanças entre Sistemas de Inovação e Ecossistemas de Inovação
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ambos são locais de inovação; Possuem grupos de atores;</li> <li>● As relações entre os atores estão enraizadas em um contexto social, econômico, cultural e institucional comum;</li> <li>● São sistemas abertos porque estabelecem relações com atores de diferentes sistemas;</li> <li>● Evoluem com o tempo;</li> <li>● Estudam o fenômeno da inovação e de seus atores;</li> <li>● Compreendem e contribuem para os desafios da inovação;</li> <li>● Partem do mesmo processo metodológico de construção;</li> <li>● A tecnologia e a rede são um elemento comum;</li> <li>● O ecossistema de inovação sintetiza as literaturas de redes de inovação e sistema de inovação.</li> </ul>

Quadro 2 - Semelhanças entre Sistemas de Inovação e Ecossistemas de Inovação. Fonte: Matos e Teixeira (2020).

Da mesma forma, Matos e Teixeira (2020) destacam as diferenças entre ambos os construtos no Quadro 3:

Diferenças entre Sistemas de Inovação e Ecossistemas de Inovação
<ul style="list-style-type: none"> <li>● O ecossistema de inovação é uma evolução do conceito de sistemas de inovação;</li> <li>● O ecossistema de inovação possui foco na economia da complexidade que lida com a realidade não linear, ao invés dos modelos conceituais</li> </ul>

tradicionais do passado;

- A abordagem ecossistêmica é não linear, articulando características adicionais de sistemas complexos e com um número maior de autores envolvidos;
- O ecossistema de inovação descreve características evolutivas das interações entre indivíduos, suas relações com atividades inovadoras e suas relações com o ambiente em que operam, sempre mudando a estrutura, guiada por novos desejos e novas circunstâncias;
- O ecossistema de inovação possui uma conceituação mais amplamente articulada e menos estabelecida;

Quadro 3 - Diferenças entre Sistemas de Inovação e Ecossistemas de Inovação. Fonte: Matos e Teixeira (2020).

É importante destacar que alguns pesquisadores tratam “ecossistemas de negócios” e “ecossistemas de inovação” como termos intercambiáveis, aparecendo na literatura como sinônimos (ADNER, 2006; ADNER; KAPOOR, 2010; ZAHRA; NAMBISAN, 2012; KAPOOR; LEE, 2013; NAMBISAN; BARON, 2013; GAWER; CUSUMANO, 2014; GAWER, 2014; OVERHOLM, 2015; GOMES *et al.*, 2016; BASSIS; ARMELLINI, 2018).

Segundo Matos e Teixeira (2020), o ecossistema de inovação é entendido por alguns estudiosos como uma evolução do sistema de inovação. A abordagem anteriormente linear, focada nas instituições e mais rudimentar evoluiu para uma abordagem ecossistêmica, não linear, que articula características adicionais de sistemas complexos. O ecossistema está relacionado com a nova dinâmica da economia que lida com a realidade não imprevisível do século XXI, aperfeiçoando o conceito de sistemas de inovação.

### 3.5 CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS

A ciência dos materiais está cada vez mais na vanguarda do progresso acadêmico e social (BROOK *et al.*, 2022). Segundo Ander-Egg (1978), a ciência é um conjunto de conhecimentos racionais, certos ou racionalmente prováveis, obtidos sistematicamente por métodos e que podem ser verificados, fazendo referência a objetos de uma mesma natureza (ANDER-EGG, 1978 apud MARCONI; LAKATOS,

2008, p. 22). De acordo com Gilbert (1991), o conceito de ciência pode ser resumido como a construção de modelos conceituais preditivos sobre a natureza. Para Whitehead (1920), a ciência não é a discussão sobre as causas do conhecimento, mas a coerência entre os conhecimentos obtidos.

Em outros termos, a ciência pode ser descrita como conhecimentos sistematizados e logicamente correlacionados sobre o objeto de estudo. A tecnologia, por outro lado, não busca apenas a explicação dos fenômenos naturais, mas utiliza o conhecimento como método para alcançar um objetivo. Assim, é o conjunto de conhecimentos científicos ou empíricos empregados na produção e comercialização de bens e serviços (LONGO, 1978; LONGO, 2000).

Como disciplina, a ciência dos materiais tem crescido rapidamente como uma das áreas de estudo mais vibrantes e pioneiras, resultando em um crescimento substancial no número de artigos publicados e materiais de pesquisa associados (BROOK *et al.*, 2022).

No contexto do presente estudo, define-se ciência dos materiais como a investigação das relações que existem entre as estruturas e as propriedades dos materiais. Por outro lado, a tecnologia dos materiais, também conhecida como engenharia de materiais, possui relação com o projeto ou engenharia da estrutura de um material para produzir um conjunto específico de propriedades com base nas correlações estrutura-propriedade (CALLISTER, 2008).

Os materiais são todos os elementos, constituintes ou substâncias das quais algo é composto ou pode ser feito, e, por se tratar de uma temática extensa, é necessário dividi-la em vários menos segmentos. Segundo Callister (2008), os materiais podem ser divididos em diferentes classificações, que são úteis para os engenheiros ou cientistas de materiais:

- a) **Metais:** Materiais compostos por um ou mais elementos metálicos (tais como ferro, alumínio, cobre, titânio, prata e níquel) e, frequentemente, também elementos não-metálicos (carbono, nitrogênio, e oxigênio) em quantidades menores. Possuem um ordenamento atômico muito organizado em comparação aos cerâmicos e polímeros. Possuem característica mecânica rígida e resistentes. Além disso, são dúcteis (capazes de grandes quantidades de deformação sem sofrer fratura).

São bons condutores de eletricidade e de calor. Além disso, não são transparentes à luz visível.

- b) **Cerâmicos:** As cerâmicas são compostos formados entre elementos metálicos e não-metálicos, geralmente contendo óxidos, nitretos e carbetos. Esses materiais possuem comportamento mecânico relativamente rígidos e resistentes. Além disso, as cerâmicas apresentam tipicamente alta dureza. Por outro lado, também apresentam grande fragilidade (o inverso de dúctil). Esses materiais são tipicamente isolantes à passagem de calor e eletricidade, e são mais resistentes a altas temperaturas e ambientes severos do que os metais e polímeros. Suas propriedades ópticas variam bastante, podendo ser transparentes, translúcidas ou opacas.
  
- c) **Polímeros:** Os polímeros incluem os plásticos e as borrachas. Muitos são compostos orgânicos quimicamente baseados no carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Suas estruturas moleculares são muito grandes. Esses materiais possuem frequentemente baixa densidade e suas propriedades mecânicas diferem muito dos metais e cerâmicos. Assim, apesar de não serem tão rígidos e resistentes, suas densidades reduzidas e resistência em relação a sua massa são propriedades vantajosas. Muitos desses materiais são extremamente dúcteis e flexíveis, o que significa que podem facilmente serem submetidos a processos de conformação.
  
- d) **Compósitos:** Os compósitos são compostos por dois ou mais materiais individuais. Esses materiais podem ser metais, cerâmicos e polímeros. O material compósito possui como objetivo atingir uma combinação de propriedades que não é exibida por qualquer material isoladamente. Também, seguindo o mesmo raciocínio, é possível incorporar as melhores características de cada um dos materiais dos seus componentes. Existem muitos tipos de compósitos, representados em diferentes combinações.

Além disso, Callister (2008) destaca uma segunda classificação sobre materiais específicos, que são utilizados em aplicações de alta tecnologia. Esses são chamados de “materiais avançados”. Objetivamente falando, esses materiais avançados são materiais tradicionais (metais, cerâmicos, polímeros e compósitos) que tiveram suas propriedades aprimoradas:

- a) **Semicondutores:** Os semicondutores possuem propriedades elétricas que são intermediárias entre aquelas dos condutores elétricos (como por exemplo os metais) e os isolantes elétricos (como as cerâmicas e os polímeros. Dessa forma, as características elétricas desses materiais são extremamente sensíveis a presença de pequenas concentrações de átomos e impurezas. Esses materiais tornam possível o advento dos circuitos integrados, essenciais para a criação de produtos eletrônicos.
- b) **Biomateriais:** Os biomateriais são empregados em componentes implantados no corpo humano para substituição de órgãos e tecidos doentes ou danificados. São materiais que não devem produzir substâncias tóxicas e devem ser compatíveis com os tecidos do corpo.
- c) **Materiais inteligentes:** Os materiais inteligentes são um grupo de novos materiais que estão sendo desenvolvidos na atualidade e que impactarão as inovações tecnológicas. Os componentes de um material inteligente implica na existência de sensores (que detectam um sinal) e atuadores (que executam uma função em resposta ao sinal). Os atuadores podem ser utilizados para mudar a forma, posição ou características mecânicas em resposta a mudanças em sinais recebidos pelo ambiente no qual o material é aplicado.

Além disso, é importante destacar que a evolução do conhecimento do ser humano sobre materiais e o modo como desenvolvemos suas tecnologias passou por diversas transformações ao longo dos séculos. Draxl e Scheffler (2018) descrevem o desenvolvimento dos quatro paradigmas da ciência dos materiais ao longo do tempo (Figura 6).

O primeiro paradigma engloba as investigações experimentais que eram realizadas desde a idade da pedra e do cobre. Apenas no século XVI os cientistas começaram a descrever as relações físicas por equações, trazendo o segundo paradigma da ciência dos materiais. Assim, as equações criadas por meio da modelagem matemática se tornaram instrumentos centrais da física teórica. Obviamente, com o evento do segundo paradigma, a ciência empírica e experimental não se tornou obsoleta, mas eles foram complementados por uma importante e nova metodologia (DRAXL; SCHEFFLER, 2018).

Os anos de 1950 marcaram o início da ciência dos materiais computacionais e simulações. Dessa forma, os experimentos e simulações de computador tornaram-se possíveis, com os resultados correspondentes sendo analisados e interpretados, sendo esse o terceiro paradigma. Atualmente, o quarto paradigma ainda está sendo estabelecido, sendo ciência computacional dos materiais. Ele traz o reconhecimento de que muitas propriedades dos materiais não podem ser descritas por uma única forma matemática, pois eles são determinados por vários conceitos teóricos complexos, sendo necessário utilizar novas tecnologias como *big-data* e *machine learning* como ferramentas (CALLISTER, 2008; DRAXL; SCHEFFLER, 2018).

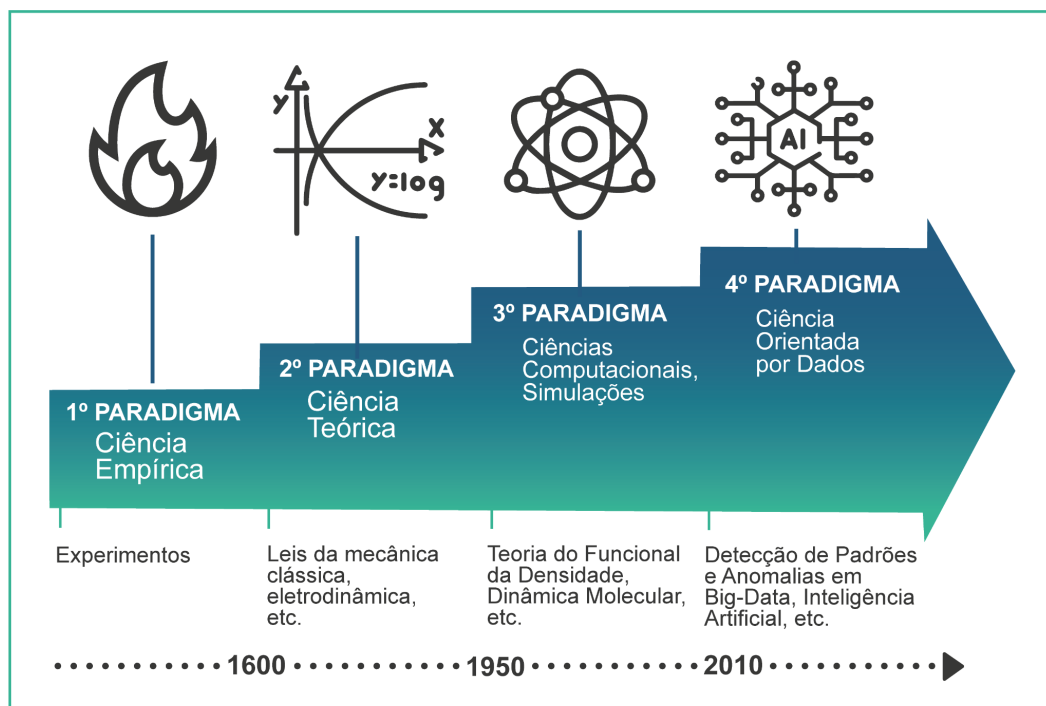


Figura 6 - Os paradigmas da ciência dos materiais. Fonte: Adaptado de Draxl e Scheffler (2018).



Dessa forma, apesar do constante progresso obtido ao longo dos últimos anos em ciência e engenharia de materiais, existem vários desafios científico-tecnológicos, como o desenvolvimento de materiais mais sofisticados e especializados por um custo cada vez menor (CALLISTER, 2008).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 AMBIENTES DE INOVAÇÃO ABERTA PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS MATERIAIS**

A inovação aberta pode ser uma forma de transferir e aplicar o conhecimento da área de materiais em projetos para a promoção da inovação (GOLDBECK *et al.*, 2022). Nesta seção será discorrido sobre *cases* de programas e instituições que permitem a criação, gestão e aplicação de conhecimento em ciência e tecnologia dos materiais que se beneficiaram de um ambiente de inovação aberta de alguma forma.

Para Bujor *et al.* (2019), a inovação aberta representa um importante impulsionador para o desenvolvimento organizacional, especialmente para organizações que participam de algum ecossistema específico como o do programa Horizon 2020 (KOWI, 2021).

A ciência dos materiais é o fator predominante para as inovações nas sociedades industrializadas. Assim, acelerar o desenvolvimento de novas descobertas e tecnologias, além de maximizar seu impacto, garantindo a disponibilidade de pesquisa científica de materiais de forma aberta e replicável é de vital importância, assim como abraçar as oportunidades fornecidas por campos interdisciplinares emergentes (BROOK *et al.*, 2022). O compartilhamento aberto em pesquisas de materiais e o compartilhamento de dados pode incentivar uma maior exploração, melhorando a colaboração entre os pesquisadores e, em última análise, acelerar a descoberta, projeto e distribuição de novos materiais, bem como de novos modelos de negócios (HIMANEN *et al.*, 2019).

#### **4.1.1 Horizon 2020**

#### 4.1.1.1 Programa Horizon 2020

O programa Horizon 2020 (H2020) foi uma iniciativa da União Europeia destinada a apoiar e incentivar projetos de pesquisa utilizando fundos privados e que esteve em vigor entre 2014 e 2020. Foi o maior programa de incentivo à pesquisa e inovação do continente europeu que contou com um financiamento de 80 milhões de euros (EUROPEAN COMMISSION, 2020a). Em maio de 2016, a Comissão Europeia projetou para a Europa uma mudança de paradigma sobre como o continente desenvolveria as temáticas ligadas à inovação. Assim, foi desenvolvido os 3Os, em referência a *open science, open innovation and open to the world* (ciência aberta, inovação aberta e aberta para o mundo) (EUROPEAN COMMISSION, 2016; EUROPEAN COMMISSION, 2018).

- "*Open Science*" refere-se às possibilidades e implicações das tecnologias digitais no processo de pesquisa com o objetivo de transformar todo o processo de investigação para o tornar mais aberto, replicável e reutilizável. Este desenvolvimento oferece novas possibilidades para a produção e aplicação do conhecimento científico na própria pesquisa, bem como nas empresas e na sociedade, à medida que os resultados da investigação se tornam reprodutíveis e acessíveis para os processos de inovação (KOWI, 2021).
- "*Open Innovation*", nesse caso, refere-se a uma abertura específica e estratégica dos processos de inovação: produtores de conhecimento, organismos de financiamento e utilizadores trabalham em conjunto para desenvolver novos produtos e serviços. O ponto de partida da estratégia da inovação aberta para o programa Horizon 2020 foi a constatação de que existia uma disparidade entre a ótima pesquisa e produção científica europeia em contraste ao baixo nível de inovação. Um ambiente regulamentar que dificulta os processos de inovação e o difícil acesso ao capital de risco são algumas das razões (KOWI, 2021).
- "*Open to the world*" faz referência à necessidade de cooperação internacional que não pode estar limitada a barreiras geográficas. Dessa forma, garantindo

um fluxo de conhecimento entre a União Europeia e outros polos de pesquisa ao redor do mundo (KOWI, 2021).

Dessa forma, a H2020 está promovendo colaborações científicas que são facilitadas pela diplomacia entre os países europeus. Além disso, está apoiando a colaboração na ciência e tecnologia, levando ao estabelecimento de conexões formais para o desenvolvimento na ciência, tecnologia e no planejamento de futuras políticas públicas voltadas para as áreas do conhecimento (EUROPEAN COMMISSION, 2016; KOWI, 2021).

#### *4.1.1.2 H2020 e a Inovação Aberta para a Indústria dos Materiais*

Dentro dos diversos temas relacionados à inovação e tecnologia, o programa criou uma subdivisão chamada NMBP (Nanotecnologias, Materiais Avançados, Biotecnologia e Manufatura e Processamento Avançado). Essa seção da H2020 aborda a pesquisa e o desenvolvimento de materiais e novos processos de produção, que desenvolvem por meio de desafios a promoção de novas tecnologias, como por exemplo (EUROPEAN COMMISSION, 2020b):

- Bancadas de Teste de Inovação Aberta para Caracterização de Materiais;
- Tecnologias de nanocaracterização em tempo real;
- Aceleração da incorporação de softwares de modelagem de materiais;
- Modelagem de materiais para inovação nos processos de fabricação;
- Plataforma de inovação aberta para modelagem de materiais;
- Nanofabricação sustentável.

Observa-se, ainda, que a inovação aberta está presente em muitas outras subprojetos do H2020 e pode ser usada sistematicamente para criar novos ecossistemas e ambientes de inovação aberta, pois o objetivo do programa é que haja uma mudança de paradigma que permita a interação entre os projetos e os atores nos ecossistemas, criando uma nova cultura cocriativa (SALMELIN, 2013).

#### **4.1.2 Royal DSM**

A Royal DSM é uma empresa multinacional que possui foco em saúde, nutrição e materiais. Fundada em 1902 pelo governo holandês, a empresa possuía inicialmente foco em mineração, diversificando seu foco ao longo dos anos. Desde 1996, ano em que a empresa foi privatizada, a DSM substituiu seus investimentos em *commodities* para se tornar uma organização global de base científica focada em inovação (DSM, 2022a).

No segmento de materiais, a DSM trabalha com produtos de alto desempenho para a engenharia. Líder mundial na produção de termoplásticos, a empresa desenvolve soluções para as indústrias automotiva, construção civil, médica, eletrônica, elétrica, entre outros segmentos (DSM, 2022b).

#### 4.1.2.1 DSM e a Abertura do Processo de Inovação

Na década de 1990, a DSM criou uma unidade corporativa de desenvolvimento de novos negócios, que por meio de ideias de seus próprios colaboradores desenvolveu uma série de novos projetos e otimizou projetos já existentes. Dessa forma, a empresa desenvolveu um portfólio de atividades relacionadas a polímeros e aditivos de polímeros. Assim, a DSM criou duas novas empresas: DSM Solutech e DSM Melapur (KIRSCHBAUM, 2005).

Em 2001 foi criada a DSM Venturing & Business Development (DV&BD), que foi um grupo empresarial focado em buscar novas oportunidades de mercado e se comunicar com outros polos de pesquisa. Assim, a DV&BD buscou captar a participação de *startups* focadas em ciência e tecnologia de materiais para posteriormente serem integradas à Royal DSM, fornecendo suas expertises (KIRSCHBAUM, 2005).

O modelo de inovação aberta adotada pela DV&BD envolve uma avaliação contínua de novas ideias, projetos e negócios que devem ser aprovados, modificados ou rejeitados, conforme a Figura 7, que demonstra o processo de geração de novos negócios transformados em projetos, estabelecendo-se como *startups* e, enfim, se tornando uma empresa madura (*grown-up*). Isso ocorre com um fluxo constante de recursos e informações sendo trocados com o mundo exterior (KIRSCHBAUM, 2005).

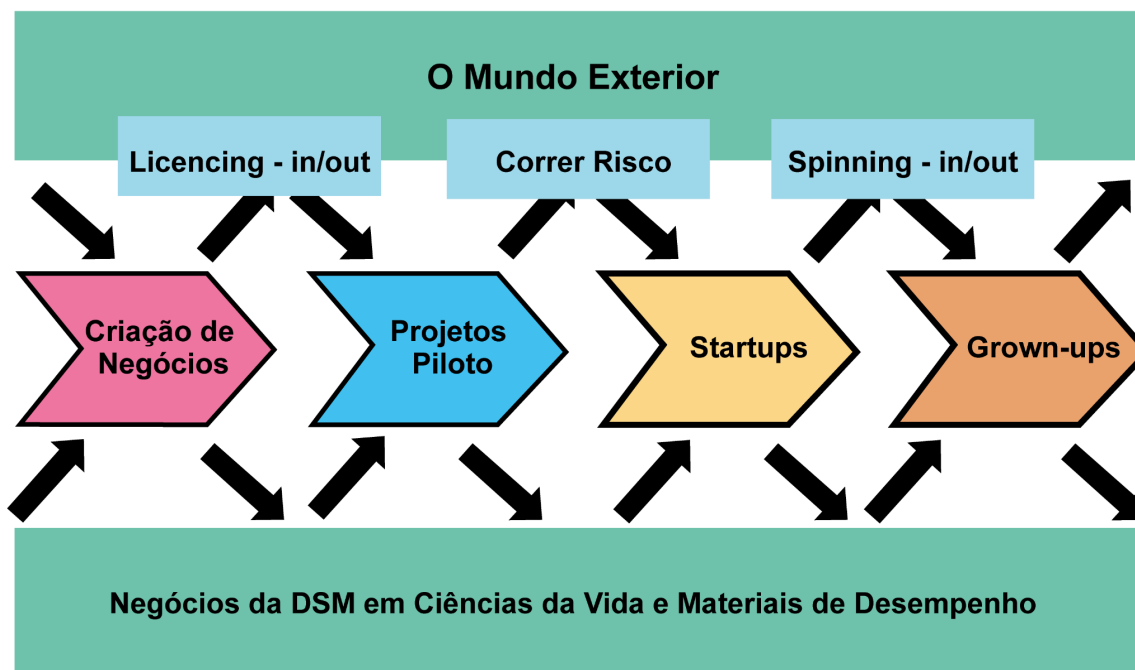


Figura 7 - Modelo de inovação aberta adotado pela DSM Venturing & Business Development. Fonte: Kirschbaum (2005)

Outra estratégia corporativa, chamada de *Corporate Strategy Dialogues* (CSD), permitia que houvesse consulta periódica, de baixo para cima, das empresas que compunham a DSM. Trata-se de um processo que pode ser considerado como uma discussão estratégica aberta com todos os segmentos corporativos com a finalidade de identificar vantagens estratégicas, durante a aplicação da CSD, para alocação de futuros recursos (VANHAVERBEKE *et al.*, 2017).

#### 4.1.2.2 Modelo de desenvolvimento de negócios

De acordo com Kirschbaum (2005), abrir a empresa permitiu a implementação de um modelo de desenvolvimento de negócios para auxiliar na prospecção de ideias inovadoras para o desenvolvimento de ciência e tecnologia dos materiais dentro da empresa por meio da busca por soluções em *startups* para compor o grupo DSM. Assim, adotou-se uma metodologia conforme a Figura 8.

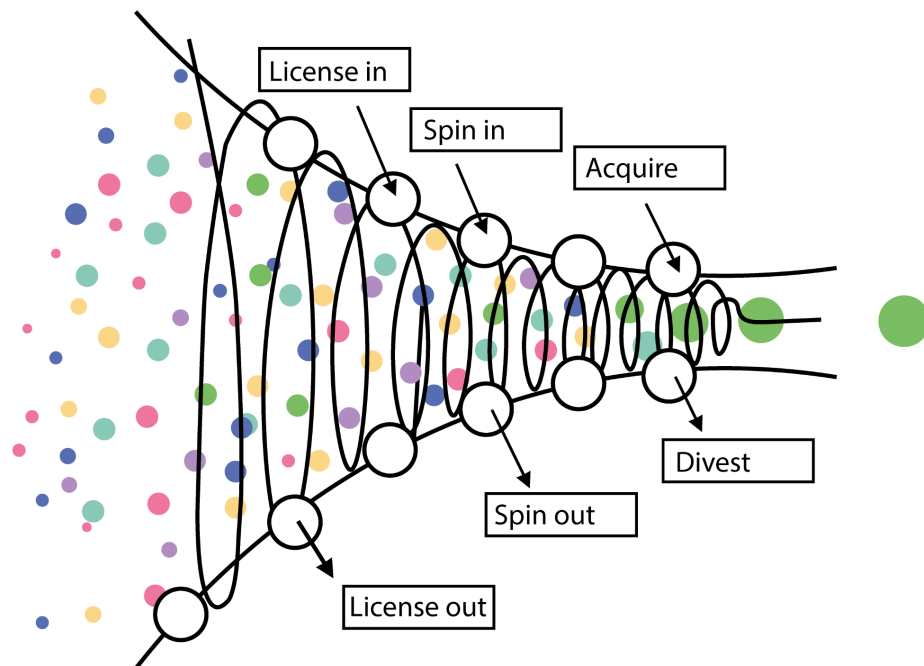


Figura 8 - Funil horizontal de desenvolvimento de novos negócios adotado pela DSM. Fonte: Adaptado de Kirschbaum (2005).

As ideias inovadoras, representadas na Figura 8 pelos círculos menores, vêm simultaneamente de dentro e fora da empresa. Elas podem vir de universidades, outras empresas, institutos de pesquisa, etc (CHESBROUGH, 2003; KIRSCHBAUM, 2005).

As ideias mais promissoras são escolhidas e se transformam em projetos no formato de *startups*, que podem ser licenciadas de duas formas. *License in*, que consiste em trazer a propriedade intelectual de fora da empresa para produção de um produto ou serviço, geralmente trazida pela própria *startup*. Ou *licence out*, que é o caminho inverso, disponibilizando a propriedade intelectual da própria instituição para o desenvolvimento do projeto (KIRSCHBAUM, 2005; ÖBERG, 2021).

Observa-se, ainda, que as *startups* podem ser criadas no formato *spin-in*, na qual a DSM não é a proprietária da empresa emergente criada, mas tão somente uma investidora. Ou no formato *spin out*, no qual a *startup* é propriedade da companhia que a criou, podendo em algum momento ter um realinhamento corporativo envolvendo a separação de uma divisão para formar uma nova corporação independente (ÖBERG, 2021).

Por fim, a DSM decide se o projeto será incorporado e, no caso das *startups* no formato *spin-in*, adquirido (*acquire*). Ou se não haverá interesse em manter

aquela solução, levando a um desinvestimento (*divest*). Apenas os projetos que chegam até o final do funil e passam por todas essas etapas possuem suas tecnologias efetivamente implementadas (CHESBROUGH, 2003; KIRSCHBAUM, 2005; VANHAVERBEKE *et al.*, 2017).

#### 4.1.3 JFE Steel Corporation

A JFE Steel, grupo de empresas formado pela fusão das predecessoras NKK e Kawasaki Steel, é hoje a segunda maior fabricante de aço do Japão. A companhia que era inicialmente focada em metalurgia começou a diversificar seus negócios, abrangendo materiais poliméricos e cerâmicos. Para responder às necessidades industriais japonesas que exigiam alta qualidade e rapidez nas inovações, além de enfrentar os crescentes custos relacionados às operações de P&D, fez-se necessário adotar uma estratégia diferente. (MATSUZAKI, 2022; HISAMITSU, 2022).

Assim, em outubro de 2017, a JFE Steel criou um departamento de pesquisa de materiais para campos de pesquisa ainda emergentes (*Functional Material Research Department*) utilizando métodos de inovação colaborativos. Esse departamento possui a política de encorajar em seus laboratórios pesquisas exploratórias, promovendo como procedimento técnico a verificação, tentativa e erro (MATSUZAKI, 2022).

Além disso, é possível aos colaboradores a exploração livre de ideias para novas tecnologias. Entretanto, o resultado desse tipo de metodologia de desenvolvimento gerou uma grande quantidade de produtos que não sobreviveram a todas as etapas até o mercado (MATSUZAKI, 2022).

Apesar de todo o investimento para disseminar a inovação dentro da JFE Steel e promover a mudança de paradigma nas equipes de colaboradores, os gestores notaram que as tecnologias desenvolvidas dentro dos laboratórios dessa forma não alcançavam a celeridade e qualidade esperadas para se tornarem produtos comercializáveis (MATSUZAKI, 2022).

Assim, a abertura do grupo JFE Steel foi aplicada como alternativa ao que vinha sendo feito anteriormente. Essa metodologia, que é ilustrada na Figura 9, mostra a interação entre grupos de pesquisa externos, universidades e o departamento de pesquisa de desenvolvimento. Dessa forma, os materiais

desenvolvidos por essa metodologia permeiam outros setores da JFE Steel, fabricantes e clientes (MATSUZAKI, 2022).

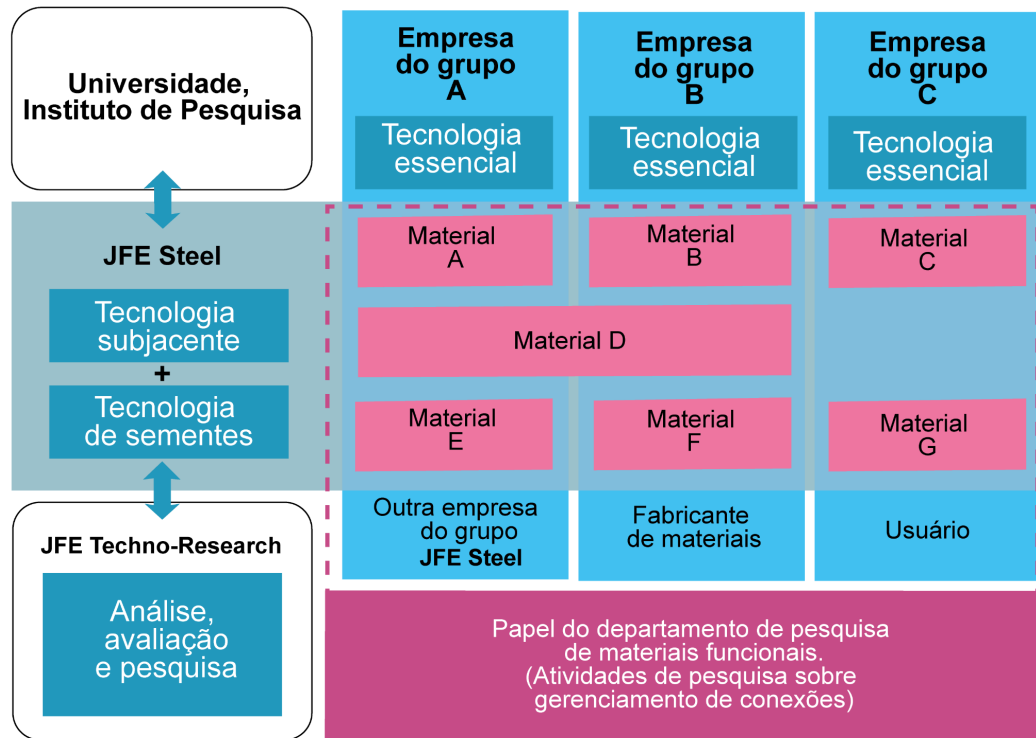


Figura 9 - Papel do *Funcional Material Research Dept.* Fonte: Adaptado de Matsuzaki (2022).

Desse modo, a empresa foi conduzida a novos mercados por meio da introdução de recursos externos, dividindo seus próprios recursos e cooperando com organizações externas (MATSUZAKI, 2022).

#### 4.1.4 Materials Innovation Institute

O *Materials Innovation Institute* (M2i) é um facilitador de inovação em materiais, sediado na Holanda. Essa instituição possui como objetivo o apoio à indústria visando soluções que envolvam materiais para desenvolvimento de produtos e processos de produção. A M2i é uma organização em rede, especializada em pesquisa de materiais, que possui uma política de inovação aberta que conecta o instituto com a indústria, com a academia e com outros atores. Dessa forma, criando o que a própria M2i chama de ecossistema de materiais (M2i, 2022).



“Ecossistema de materiais: Chamamos assim porque envolve todos os atores da indústria e da academia, organizações e indivíduos, na verdade toda a rede que permite a inovação de materiais. Especialistas, pesquisadores, gerentes e empreendedores orientados – em institutos estabelecidos, academias, grandes indústrias e startups inteligentes. A M2i se conecta com os participantes do ecossistema de materiais para permitir a inovação de materiais na Holanda e internacionalmente (M2I, 2022)”

Além disso, a M2i proporciona financiamento para apoiar a pesquisa e inovação de materiais por meio de um consórcio de parceiros industriais para dividir os custos. Para manter o instituto, também são solicitados fundos dos muitos instrumentos de financiamento disponíveis na Holanda e na Europa, inclusive com a utilização do programa H2020 (M2I, 2022).

#### **4.1.5 Oyster Project**

O Projeto OYSTER é um ambiente aberto de caracterização e modelagem de materiais para impulsionar a inovação em interfaces avançadas nano-arquitetadas e bio-inspiradas na Europa. Foi um projeto financiado inicialmente pelo H2020 que reuniu laboratórios para levar as tecnologias de caracterização em nanoescala existentes para uma utilização generalizada na otimização de processos e validação de modelos para engenharia de materiais (EUROPEAN COMMISSION, 2022). Assim, foi utilizado o compartilhamento de metadados em um ambiente de inovação aberta, no qual novas metodologias em contato mecânico multiescalar são validados em materiais (OYSTER, 2018).

Com base no triângulo fabricação/caracterização/modelagem (Figura 10) para a criação de um ambiente de inovação aberta, o projeto OYSTER permitiu a otimização de modelos, produtos e processos relacionados a superfícies de nanoengenharia.

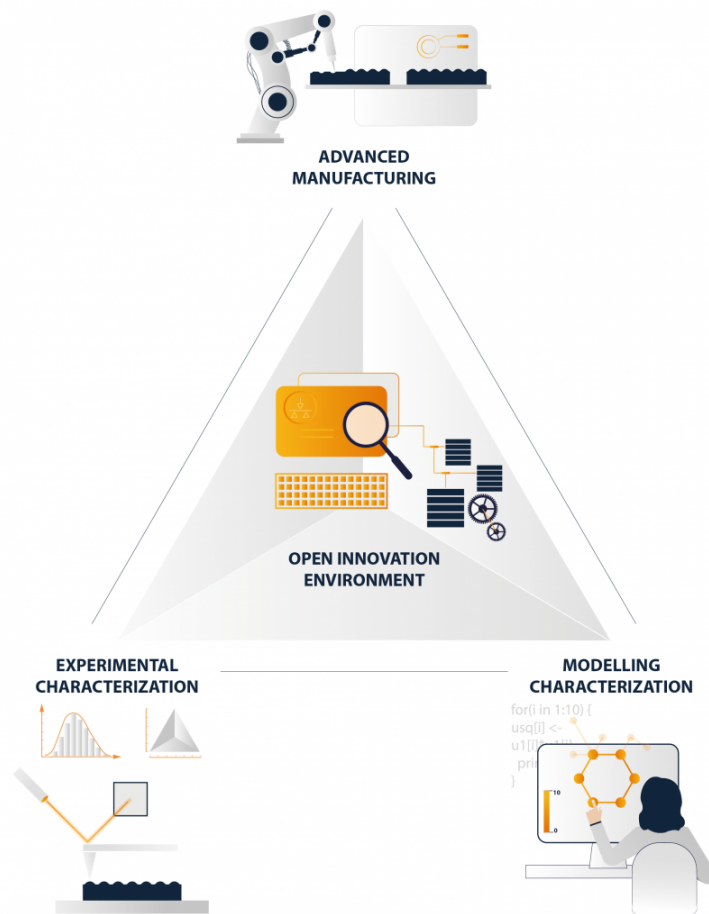


Figura 10 - Triângulo fabricação/caracterização/modelagem para o ambiente de inovação aberta proposto pelo projeto OYSTER. Fonte: Oyster (2018).

Além disso, foram desenvolvidos métodos avançados de caracterização e de mecânica de contato em nanoescala, como nanoindentação e microscopia de força atômica (AFM). O projeto foi importante para criar padrões internacionais e materiais de referência para análise de força de adesão em micro/nanoescala e fenômenos interfaciais (OYSTER, 2018; EUROPEAN COMMISSION, 2022). O projeto foi encerrado de forma programada em 31 de março de 2022 (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Diante do exposto, são destacados os *cases* de ambientes de inovação aberta para a ciência e tecnologia dos materiais por meio do Quadro 4. Para fim de comparação, estão listadas as contribuições para o setor de materiais, a natureza e o local de origem de cada iniciativa. Destaca-se nesse caso o continente Europeu, que possui um maior volume de informações públicas sobre o tema.

Nome	Contribuição para o setor de materiais	Natureza da iniciativa	Local
Horizon 2020	Materiais avançados; Caracterização de materiais; Inovação em processos.	Programa	Europa
Royal DSM	Materiais Avançados; Biomateriais; Inovação em processos.	Empresa	Europa
JFE Steel	Materiais Avançados; Metais; Inovação em Processos.	Empresa	Ásia
Materials Innovation Institute	Materiais Avançados; Metais; Polímeros; Inovação em processos.	Instituição público-privada	Europa
Oyster Project	Materiais avançados; Caracterização em Materiais.	Instituição público-privada	Europa

Quadro 4 - Quadro comparativo de cases de ambientes de inovação aberta para a ciência e tecnologia dos materiais. Fonte: Desenvolvido pelo autor.

#### 4.2 CIÊNCIA ABERTA PARA PESQUISAS EM MATERIAIS E SUAS APLICAÇÕES

“Ciência aberta, inovação aberta e abertos para o mundo” (EUROPEAN COMMISSION, 2016), é assim que a União Europeia vislumbra o futuro do seu conhecimento técnico-científico desde o início da última década, apontando a abertura do conhecimento como um processo natural e apostando nisso para o melhor aproveitamento dos recursos privados e principalmente públicos investidos em ciência e tecnologia no ecossistema de inovação europeu (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

A próxima geração de produtos advindos da ciência dos materiais exigirá novos avanços no desenvolvimento e caracterização dos materiais. Isso pode ser alcançado por meio da inovação em técnicas de instrumentação, que são exigências inovativas das indústrias e dos centros de pesquisa. A caracterização dos materiais determina as propriedades, a estrutura e o desempenho dos materiais, fundamental tanto para a pesquisa quanto para o desenvolvimento, fabricação e aplicação de materiais (CALLISTER, 2008; GOLDBECK *et al.*, 2022).

Segundo a Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, 2020b), a caracterização e modelagem computacional de materiais deve se tornar parte integrante das ferramentas de P&D das indústrias nos próximos anos, conduzindo a processos novos, mais seguros e que garantem um controle de qualidade eficaz. Isto requer apoio para a coordenação de uma ampla gama de atores que utilizam dos princípios da ciência e inovação aberta (EUROPEAN COMMISSION, 2020b).

A dependência de dados digitais compartilhados em atividades científicas está se tornando mais comum na comunidade de ciência e engenharia de materiais. Ao mesmo tempo, as políticas governamentais em todo o mundo estão adotando um modelo de ciência aberta que estabelece o compartilhamento de informações como requisito para dados científicos gerados a partir de pesquisas com financiamento público (WARD *et al.*, 2014).

Assim, é vantajoso desenvolver um ecossistema de inovação aberta com o objetivo de atrair talentos, recursos financeiros e ideias a serem experimentadas e prototipadas no mundo real, criando um cenário propício para o compartilhamento e abertura da inovação (SALMELIN, 2013). Dessa forma, os ecossistemas de inovação aberta criam uma forte interdependência entre atores e gera impulso para fazer as coisas acontecerem (CURLEY; SALMELIN, 2013; SALMELIN, 2013).

Nessa seção, serão apresentados alguns cases que demonstram a abertura da ciência que tangencia a área de pesquisa dos materiais.

#### **4.2.1 The European Organization For Nuclear Research**

Fundada em 1954, a Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN, do original em francês, *Organisation européenne pour la recherche nucléaire*) é o resultado de um esforço coletivo dos países europeus para construir a liderança mundial centro de pesquisa em física de partículas para abordar questões científicas fundamentais sobre o estrutura do universo. O CERN hospeda o maior acelerador de partículas do mundo, um colisor de hádron de 27 quilômetros de comprimento que colide prótons ou íons de chumbo próximos da velocidade da luz (SALMI, 2015; CERN, 2022a).

O CERN é uma das primeiras iniciativas internacionais para a ciência da Europa, reunindo 21 países membros e mais de 600 institutos e universidades em todo o mundo, que estão atualmente utilizando suas instalações. Cerca de dez mil

cientistas visitantes de mais de 113 países utilizam as instalações da CERN, representando metade dos físicos de partículas do mundo. Essa instituição é relevante para o desenvolvimento da pesquisa aberta, pois compartilha seus conhecimentos desde 1991. Isso foi possível porque a CERN, com o apoio do cientista britânico Tim Berners-Lee, criou o primeiro site do mundo (SALMI, 2015).

Vários grandes projetos de colaboração nasceram no CERN, sendo o mais conhecido a colaboração Atlas, que reuniu três mil físicos de mais de 174 institutos em 38 países nos cinco continentes. Sendo o maior e mais complexo dos seis experimentos de detecção de partículas desenvolvidos no CERN, o experimento ATLAS é um exemplo arquetípico de colaboração na ciência. O projeto levantou inúmeros desafios em muitas disciplinas especializadas e exigiu esforços incomuns de compreensão e colaboração interdisciplinar (SALMI, 2015; CERN, 2022a).

Na área científica de materiais, o CERN contribuiu com diversos avanços, possuindo expertises no desenvolvimento e avaliação de materiais e revestimentos operando em ambientes extremos, desenvolvimento de procedimentos de caracterização e análise avançada de materiais, criação de revestimentos de filme fino para aplicações de alto desempenho, entre outras tecnologias envolvendo materiais avançados (CERN, 2022b).

#### **4.2.2 Data-Driven para Ciência dos Materiais**

*Data-driven* (orientado por dados) se refere a processos organizacionais orientados a dados, ou seja, quando a empresa baseia a tomada de decisão e o planejamento estratégico na coleta e na análise de dados concretos. Dessa forma, é uma metodologia que permite às organizações terem uma ideia mais precisa do seu campo de atuação, melhorando a capacidade de aproveitamento de melhores oportunidades, antecipando tendências e prognosticando problemas (NEOWAY, 2021; DISTRITO, 2022).

As ferramentas utilizadas em empresas que utilizam a metodologia *data-driven* coletam dados de diversas fontes, tanto internas quanto externas. Elas cruzam informações de modo a oferecer um panorama mais claro de organizações externas e da própria organização, para que os gestores possam agir (NEOWAY, 2021). *Data-driven* invoca associações com os conceitos de *big data*, gerenciamento de dados, dados abertos e inteligência artificial (por exemplo, *machine learning*) para

orientar e garantir padronização e confiança em temas cada vez mais complexos (HIMANEN *et al.* 2019). Outro ponto a ser destacado é o desenvolvimento de *softwares* de código aberto, que foi importante para o desenvolvimento da ciência aberta. Hoje é possível encontrar uma grande variedade de *softwares* disponíveis gratuitamente em domínio público como parte de grandes colaborações acadêmicas e corporativas (LEVINE; PRIETULA, 2013; HIMANEN *et al.*, 2019).

Atualmente, tecnologias como *big-data* e inteligência artificial revolucionam muitas áreas e a ciência dos materiais não é uma exceção (DRAXL; SCHEFFLER, 2018). As capacidades crescentes da ciência computacional em geral tem despertado o interesse dos pesquisadores de materiais por novos caminhos baseados em computadores para a descoberta de materiais e projetos cada vez melhores, mais rápidos e com menos custo (HIMANEN *et al.*, 2019). O Quadro 5 destaca as principais estruturas de dados em materiais disponíveis e com livre acesso. Neste sentido, é importante destacar que o campo da ciência dos materiais orientada por dados ainda está em construção (HIMANEN *et al.*, 2019).

Ref.	Nome	Endereço	Visão Geral
1	AFLOW	<a href="http://aflowlib.org">aflowlib.org</a>	Possui foco em estruturas cristalinas inorgânicas.
2	Computational Materials Repository	<a href="http://cmr.fysik.dtu.dk">cmr.fysik.dtu.dk</a>	Criação e análise de dados com o Ambiente de Simulação Atômica (ASE)
3	Crystallography Open Database	<a href="http://crystallography.net">crystallography.net</a>	Acesso aberto a estruturas cristalinas de materiais orgânicos, inorgânicos, compostos metal-orgânicos e minerais, excluindo os biopolímeros.
4	HTEM	<a href="http://hitem.nrel.gov">hitem.nrel.gov</a>	Propriedades de filmes finos sintetizados usando métodos combinatórios.
5	Khazana	<a href="http://khazana.gatech.edu">khazana.gatech.edu</a>	Plataforma para armazenar dados de estruturas e propriedades criados por simulações atomísticas.
6	MARVEL NCCR	<a href="http://nccr-marvel.ch">nccr-marvel.ch</a>	Plataforma informatizada de materiais para simulações quânticas de alta performance com base em dados.
7	Materials Data	<a href="http://materialsdatafacil">materialsdatafacil</a>	Rede de publicação de dados para

	Facility (MDF)	ity.org	dados computacionais e experimentais.
8	Materials Project	materialsproject.org	Plataforma on-line para exploração de materiais contendo dados de compostos inorgânicos, moléculas e materiais nanoporosos. Desenvolve várias bibliotecas de software de código-fonte aberto.
9	MatNavi/NIMS	mits.nims.go.jp	Um sistema integrado de banco de dados de materiais composto por dez bancos de dados, quatro sistemas de aplicação.
10	NOMAD CoE	nomad-coe.eu	Fornecer um banco de dados aberto para códigos computacionais para a ciência dos materiais.
11	Organic Materials Database	omdb.mathub.io	Banco de dados de estrutura eletrônica de acesso aberto para Cristais orgânicos tridimensionais.
12	Open Quantum Materials Database	oqmd.org	Base de dados de cálculo sobre propriedades termodinâmicas e estruturais com foco em estruturas de cristal inorgânico utilizando DFT.
13	Open Materials Database	openmaterialsdb.se	Base de dados computacional baseada principalmente em cristalografia.
14	SUNCAT	suncat.stanford.edu	Desenho de catalisadores em escala atômica. Coleção de ferramentas digitais e banco de dados de resultados computacionais.

Quadro 5 - Lista das principais infra-estruturas de dados de materiais atuais com acesso aberto. Fonte: Himanen *et al.* (2019).

A qualidade dos dados disponíveis está relacionada à padronização na geração das informações. Dessa forma, o aumento da variedade das informações é mais um desafio para que ocorra essa padronização e gere um maior grau de confiança nos dados (HIMANEN *et al.*, 2019).

#### 4.2.3 Institute Of Materials, Minerals And Mining

O Institute of Materials, Minerals and Mining (IOM3) é uma instituição de engenharia britânica cujas atividades abrangem todo o ciclo dos materiais, desde a exploração e extração, passando pela caracterização, processamento, conformação, acabamento e aplicação, até a reciclagem de produtos e reutilização da terra proveniente da extração de minério. Ela existe para promover e desenvolver todos os aspectos da ciência e engenharia de materiais, geologia, mineração e tecnologias associadas (IOM3, 2022).

A IOM3 atua como ator na ciência aberta, apoiando o compartilhamento de informações técnico-científicas. Dessa forma, o modelo de pesquisa aberta na área de ciência e tecnologia dos materiais fornece aos membros da instituição uma forma rápida e eficiente de trocar informações e publicar suas pesquisas de forma colaborativa. A IOM3 tem como regra o apoio à transparência e reprodutibilidade de suas pesquisas, gerando confiança em seus resultados e facilitando a aplicação em tecnologias inovadoras (BROOK, 2022).

Eventos e conferências associadas à IOM3 também podem se beneficiar da capacidade de publicar todos os tipos de resultados de suas reuniões, de pesquisa revisada por pares até relatórios técnicos, cartazes, e plataformas deslizantes (BROOK, 2022).

#### **4.2.4 OntoTrans**

O projeto OntoTrans visa trazer rapidamente para a prática esses avanços na padronização e tradução da modelagem de materiais. A indústria está em constante mudança e precisa de sistemas de manufatura adaptáveis e eficientes que possam se ajustar às mudanças nos materiais e processos de produção. Tendo este desafio em mente, o projeto visa introduzir um ambiente de tradução aberta baseado em ontologia. Utilizando inteligência artificial, o projeto OntoTrans permite aos seus usuários que representem seus processos de fabricação em uma forma ontológica padrão. Também permitirá que eles conectem seus dados com fontes de informações relevantes e soluções de modelagem de materiais (ONTOTRANS, 2020c).

Ontologia é uma descrição formal que define a organização do conhecimento, entendida como um conjunto de conceitos dentro de um domínio juntamente com as relações que mantêm entre eles. Para possibilitar tal descrição, é



preciso especificar formalmente componentes como indivíduos (instâncias de objetos), classes, atributos e relações, assim como restrições, regras e axiomas. Uma ontologia, portanto, define efetivamente um vocabulário comum para pesquisadores que precisam compartilhar informações dentro de um determinado domínio. Como resultado, as ontologias não apenas introduzem uma representação de conhecimento compartilhável e reutilizável do domínio, mas também podem adicionar novos conhecimentos sobre o próprio domínio (EMMC, 2022c).

Isso é possível por meio da formalização da Ontologia Europeia de Modelagem de Materiais (EMMO). Ela é um framework ontológico criado pelo Conselho Europeu de Modelagem de Materiais (EMMC) para organizar uma estrutura padrão de ontologia representacional baseada no conhecimento atual de modelagem e caracterização de materiais (EMMC, 2022c). De um modo geral, o EMMO tem como objetivo tornar-se uma ferramenta prática para alcançar a interoperabilidade nas áreas de descrição, processamento, caracterização e modelagem de materiais e de suas propriedades (ONTOTRANS, 2020c; EMMC, 2022c).

#### **4.2.5 NanoMECommons**

A NanoMECommons é um projeto iniciado em 2021 que deverá ter duração de quatro anos, liderado pela Universidade Técnica Nacional de Atenas. O objetivo é estabelecer uma rede de pesquisa e inovação de forma aberta, transnacional e multidisciplinar para enfrentar o problema da caracterização de materiais nano mecânicos em várias indústrias. Além disso, o projeto também deverá empregar procedimentos inovadores de teste mecânico em nanoescala em ambientes industriais reais, desenvolvendo métodos de caracterização harmonizados e amplamente aceitos, com discrepância de medição reduzida e melhor interoperabilidade e rastreabilidade de dados (NANOMECOMMONS, 2021c).

Para atingir esse objetivo, a NanoMECommons oferecerá protocolos para caracterizações multi-técnicas e multi-escala de propriedades mecânicas em uma gama de setores industrialmente relevantes, juntamente com novas ferramentas para compartilhamento de dados. É mais um projeto que utiliza do financiamento do programa H2020 para manter sua viabilidade (NANOMECOMMONS, 2021c).

Diante do exposto, são destacados os *cases* apresentados que evidenciam a ciência aberta para a ciência dos materiais por meio do Quadro 6. Para fim de comparação, estão listadas as contribuições para o setor de materiais, a natureza e o local de origem de cada iniciativa. Destaca-se novamente o continente Europeu, que possui um maior volume de informações públicas, fruto do programa de financiamento Horizon 2020.

Nome	Foco em materiais	Natureza	Local
CERN	Materiais avançados.	Instituição	Europa
Data-Driven para ciência dos Materiais	Caracterização de materiais; Materiais avançados; Metais; Polímeros; Cerâmicos;	Metodologia	Não aplicável
Institute of Materials, Minerals and Mining	Materiais avançados; Metais; Polímeros; Cerâmicos;	Instituição público-privada	Europa
OntoTrans	Caracterização de materiais; Polímeros.	<i>Framework</i>	Europa
NanoMECommons	Materiais Avançados.	Instituição público-privada	Europa

Quadro 6 - Quadro comparativo de *cases* que promovem a ciência aberta para a ciência dos materiais. Fonte: Desenvolvido pelo autor.

#### 4.3 O ECOSISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E EMPRESAS INOVADORAS NO SETOR DE MATERIAIS

*Startups* são empresas que nascem a partir de um modelo de negócio ágil e enxuto, capaz de gerar valor para seu cliente resolvendo um problema real, do mundo real, oferecendo uma solução escalável para o mercado, e, para isso, utiliza a tecnologia como ferramenta central (ABSTARTUPS, 2020). Segundo Hartmann (2013) o movimento de *startup* mostra-se como uma tendência em grande

crescimento, principalmente pelo empreendedor iniciante e, segundo Lemos (2012), pelos universitários (LEMOS, 2012; HARTMANN, 2013; GASPAR; TEIXEIRA, 2016).

As *startups* desempenham um papel fundamental nos processos de inovação (DAVILA *et al.*, 2003; COLOMBO; PIVA, 2008; MUSTAR *et al.*, 2008). Segundo Blank (2010), *startups* são empresas, sociedades ou organizações temporárias projetadas para buscar um modelo de negócios repetível e escalável. Por meio da fase inicial, novas ideias são trazidas ao mercado e transformadas em empresas economicamente sustentáveis. Inclusive, pesquisas existentes indicam que a formação de relações com parceiros externos é uma prioridade para o sucesso de *startups* (TEECE, 2010; PANGARKAR; WU, 2012; KASK; LINTON, 2013; SPENDER *et al.*, 2017).

Contudo, devido às suas limitações, as *startups* sofrem uma falta estrutural de recursos (WYMER; REGAN, 2005). A escassez de recursos financeiros e humanos dificulta o desenvolvimento de novos processos de inovação. A adoção de práticas de inovação aberta é uma necessidade de iniciar atividades, a fim de superar essas barreiras (BOGERS, 2011; SPENDER *et al.*, 2017). Dessa forma, do ponto de vista científico, o fenômeno das *startups* e a inovação aberta estão intimamente relacionados (SPENDER *et al.*, 2017).

A Associação Brasileira de Startups realiza um levantamento anual sobre startups brasileiras. A última publicação, que foi realizada em em 2020, fez o levantamento do perfil de 2486 *startups* em 314 diferentes cidades (ABSTARTUPS, 2020). A Figura 11 demonstra como estão posicionadas geograficamente as empresas emergentes mapeadas, demonstrando uma grande concentração de *startups* na região sudeste, seguido pela região sul.

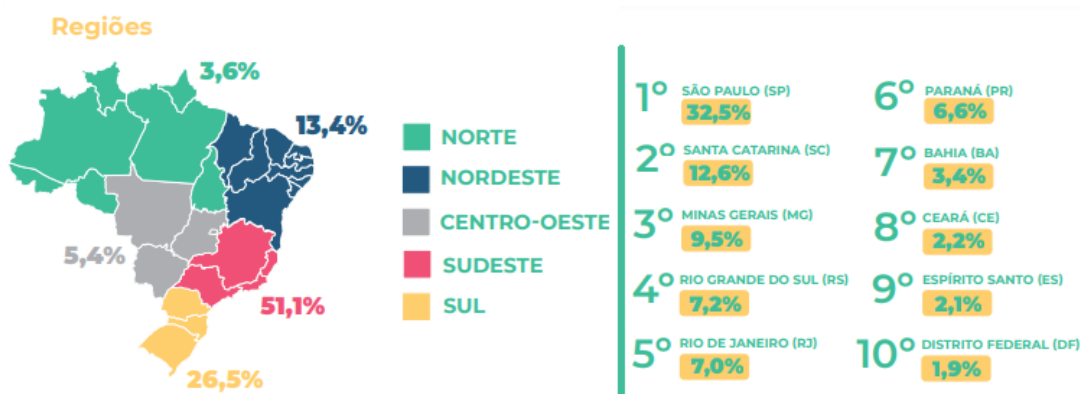


Figura 11 - Distribuição Geográfica de Startups no Brasil. Fonte: Adaptado de Abstartups (2020).

O Estado de Santa Catarina constava, na data da publicação do mapeamento, com 12,6% de todas as *startups* nacionais, sendo o segundo Estado brasileiro com o maior número, atrás apenas de São Paulo (ABSTARTUPS, 2020).

#### 4.3.1 Startups na Área de Ciência e Tecnologia Dos Materiais

Santa Catarina é um dos melhores locais para a criação e desenvolvimento de *startups* no país. Isso é devido ao avanço da tecnologia e a criação de uma rede de apoio às iniciativas inovadoras (ABSTARTUPS, 2020; FIEC, 2021). Atualmente, existem polos e hubs de inovação em todas as regiões, colocando cidades como Blumenau, Joinville e Chapecó no destino de muitos empreendedores (STARTUPSC, 2022).

Para identificar *startups* ativas na área de ciência e tecnologia dos materiais no Estado de Santa Catarina, foi utilizada a plataforma StartupBase, constituída de um banco de dados sobre *startups* desenvolvido pela Associação Brasileira de Startups (STARTUPBASE, 2022). Além disso, foram utilizadas outras fontes secundárias para identificar empresas emergentes que não estavam listadas na StartupBase (ACATE, [s/d]; INATEC, 2019; ACE, 2020; NIDUS, 2022). O Quadro 7 destaca os resultados obtidos:

Nome	Resumo	Município	Materiais
Alkimat	Start-up de Manufatura Aditiva de metais no Brasil. Pioneiros no desenvolvimento de impressoras 3D de metal.	São José	Metais
Biocelltis	A Biocelltis é uma empresa brasileira de biotecnologia, especializada em engenharia de células e tecidos humanos para	Florianópolis	Materiais Avançados

	aplicação nos setores médico, biomédico, farmacêutico e dermocosmético.		
Closin	A Closin trabalha com manufatura aditiva com base na sustentabilidade	Chapecó	Polímeros
DBM Engenharia e Desenvolvimento Científico	A DBM atua na comercialização de máquinas de eletrospinning (eletrospinning) para fabricação de membranas com fibras em escala nanométrica a micrométricas.	Joinville	Materiais Avançados
GreenB Biological Solutions	A GreenB desenvolve tecnologias e processos para obtenção de matéria prima orgânica (biopolímero) de origem agroindustrial.	Criciúma	Polímeros
Nanoscoping	A NanoScoping é uma empresa de inovação, com enfoque em nanotecnologia que atua no desenvolvimento e produção de insumos com foco no setor agro-veterinário.	Florianópolis	Materiais Avançados
Nanovetores	Nanovetores Group é uma empresa	Florianópolis	Materiais Avançados

	inovadora brasileira conhecida pelo desenvolvimento de ingredientes ativos nano e micro encapsulados.		
Nório Nanotecnologia	A Nório Nanotecnologia é focada no desenvolvimento de nanotecnologia para o setor do agronegócio. Nossas soluções são para amenizar custos e melhora a produtividade do produtor rural	Joinville	Materiais Avançados
S3nano	A S3nano desenvolve e produz aditivos industriais inteligentes para fornecimento em grande quantidade. Nossa linha de produtos inclui antivirais, antimicrobianos, anti-UV, entre outros.	Florianópolis	Materiais Avançados
Supergrafeno	A SuperGrafeno é uma empresa voltada à nanotecnologia e foi criada com o objetivo de desenvolver pesquisa na produção e aplicação do grafeno e outros	Palhoça	Materiais Avançados

	nanocompostos de Carbono como nanotubos, óxido de grafeno, etc.		
TSN Nanotecnologia	Desenvolvimento e pesquisa ligado à nanotecnologia. Focada em tecnologia química para indústria.	Florianópolis	Materiais Avançados

Quadro 7 - Lista de startups encontradas com soluções para ciência e tecnologia dos materiais.

Elaborado pelo autor.

No cenário brasileiro, é possível entender o desenvolvimento da inovação utilizando a plataforma *100 Open Startups* (100 OPEN STARTUPS, 2022), que utiliza critérios objetivos, ligados às relações comerciais estabelecidas entre startups e as grandes empresas para ranquear as empresas emergentes com maior abertura no mercado. Em 2016, quando a primeira lista foi publicada, o estudo tinha mapeado 82 grandes empresas ativas, 108 startups e 859 relações de inovação aberta. No ano de 2020, o estudo incluiu 1635 empresas ativas e 2018 startups que se propuseram a adotar metodologias de inovação aberta no país e que geraram 12.436 interações de inovação aberta entre empresas. Esses números demonstram uma tendência de crescimento no interesse das grandes empresas e *startups* de se conectarem para inovarem e crescerem (100 OPEN STARTUPS, 2022; STARTUPBASE, 2022).

No cenário catarinense, constam 946 *startups* no banco de dados StartupBase (STARTUPBASE, 2022), porém apenas cinco dessas empresas emergentes estavam associadas à ciência e tecnologia dos materiais, além de sete outras que foram encontradas fora desse banco de dados. Isso evidencia que apesar de Santa Catarina ser o segundo Estado que mais inova, segundo o índice FIEC (FIEC, 2021), o desenvolvimento de novos materiais com o apoio de *startups* ainda é incipiente, talvez resultado da utilização da cultura da inovação tradicional pelas grandes empresas do setor que se encontram pelo Estado.

Em relação às classificações de materiais que as *startups* catarinenses atuam, a Figura 12 ilustra uma tendência por iniciativas voltadas para materiais

avançados, que possuem características para aplicações inovadoras e maior valor agregado (CALLISTER, 2008).

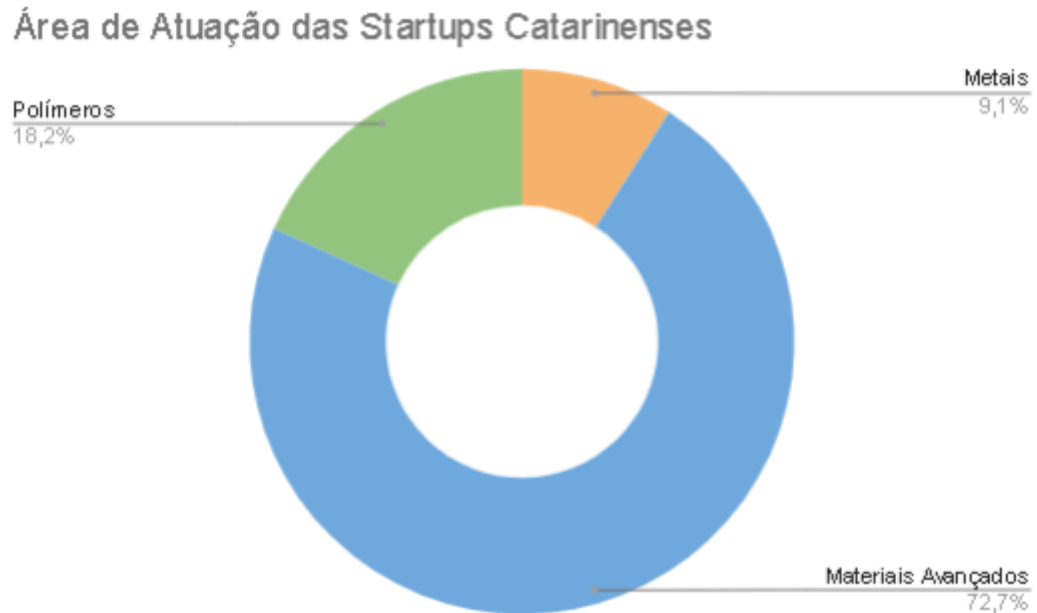


Figura 12 - Divisão de nicho das startups catarinenses que atuam no setor tecnológico de materiais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As *startups* representam um papel importante na inovação aberta, impactando diretamente no ecossistema de inovação de forma a permear informação e conhecimento. Entretanto, as empresas emergentes associadas ao desenvolvimento de materiais ainda estão incipientes dentro do contexto brasileiro. Dentre as 100 *startups* mais abertas do Brasil, segundo a plataforma 100 *Open Startups*, não existe nenhuma representante do setor (100 OPEN STARTUPS, 2022).

É possível identificar a participação das *startups* dentro do ecossistema de inovação e em sintonia com a premissa da inovação aberta. Por exemplo, a S3Nano, participou de um desafio de inovação aberta proposto pela Schulz, empresa sediada em Joinville que veio a se tornar a maior fabricante de compressores de ar da América Latina (SCHULZ, 2022c; NIDUS, 2022). Bem como a Alkimat, que foi selecionada com projeto que busca investigar o potencial da manufatura aditiva para a indústria aeroespacial pela empresa sueca Vinnova, referência mundial em inovação aberta (INVESTESP, 2017).



Outro exemplo é a NanoScoping, que foi aprovada para participar do Innovation Leaders Summit 2022, maior evento dedicado à inovação aberta da Ásia (NANOSCOPING, 2022). Da mesma forma, a Closin, foi finalista do programa Conecta Startup Brasil, um programa que fomenta o empreendedorismo e estimula a inovação aberta por meio de uma ação integrada de conexão, capacitação e investimento (CONNECTA STARTUP BRASIL, 2020).

Diante do exposto, é possível perceber que as *startups* permeiam os ambientes e programas relacionados à inovação aberta, corroborando com Spender *et al.* (2017), que atribui relação entre os fenômenos das *startups* com a abertura dos processos de inovação.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar a inovação aberta e a ciência aberta como ferramentas para o desenvolvimento da ciência e tecnologia dos materiais, apresentar *cases* e reunir as informações existentes na literatura, buscando esclarecer como a temática é tratada nos ecossistemas de inovação.

Para cumprir o primeiro objetivo específico foi necessário compilar informações sobre diversos trabalhos publicados para formar um referencial bibliográfico e proporcionar a compreensão do leitor sobre as temáticas desenvolvidas no estudo. Realizada a pesquisa, foi possível perceber que o conceito de inovação está sempre em transformação, sendo os conceitos de inovação aberta e ecossistema de inovação um reflexo de seu desenvolvimento. Da mesma forma, a ciência e tecnologia de materiais também se desenvolvem à medida que novas demandas são necessárias, garantindo que seu fundamento técnico-científico seja favorecido pelo desenvolvimento de novos paradigmas da inovação. Portanto, são temas que se relacionam e até se complementam.

Para cumprir o segundo objetivo específico foram apresentados *cases* de ambientes e programas que promovem ou que em algum momento promoveram a inovação aberta para o setor de materiais, com destaque para o programa Horizon 2020 como o *case* mais significativo apresentado no presente trabalho, estando presente como financiadora ou apoiadora de todos os outros *cases* apresentados, com exceção da Royal DSM, por possuir estrutura própria e da JFE Steel, que não se encontra em território europeu.

Além disso, com os *cases* de abertura da Royal DSM e da JFE Steel, foi possível entender como a reinvenção de um modelo de inovação pode ser uma alternativa para a sobrevivência de uma empresa. Gavetti *et al.* (2005) destacaram em sua pesquisa o estudo de caso da empresa Kodak, que ignorou a reinvenção do mercado fotográfico ao priorizar as fontes de inovação internas que não identificaram as mudanças de paradigma desse setor, conseqüentemente perdendo mercado.

Para cumprir o terceiro objetivo específico, foi feito um destaque à ciência aberta, trazendo *cases* específicos para a promoção da ciência. Apesar disso, têm-se como resultado uma forte correlação entre ciência aberta e inovação aberta nos artigos e *cases* encontrados. É possível que isso aconteça devido à natureza do

estudo dos materiais, que possui forte viés tecnológico, como percebeu-se no *case* da CERN, que apesar de ser um instituto puramente científico, desenvolve materiais que podem em algum momento serem aplicados em soluções inovadoras para indústrias que tangem nosso cotidiano, como, por exemplo, a indústria aeronáutica.

Da mesma forma, processos orientados por dados, citados no compilado de *cases* de *data-driven* para engenharia de materiais, demonstram um ponto de inflexão da ciência dos materiais em seu quarto paradigma e evidenciam a inovação aberta como ferramenta importante para a caracterização de materiais, garantindo acesso rápido e eficiente por qualquer pessoa a vários bancos de dados que garantem padronização e confiança nos dados obtidos e compartilhados.

Outro resultado importante foi obtido ao apresentar a OntoTrans, projeto que trouxe ao estudo a importância da ontologia no compartilhamento da ciência dos materiais, evitando dualidade estabelecendo categorias fundamentais de coisas e conceitos.

Para cumprir o quarto objetivo específico, foram recuperadas *startups*, atores fundamentais da inovação aberta, trazendo o recorte do Estado de Santa Catarina com enfoque para empresas emergentes que desenvolvem produtos e soluções que tangenciam a ciência e tecnologia dos materiais. Como resultado, houveram dificuldades para identificar *startups* catarinenses que se adequassem à temática de desenvolvimento de materiais. Muitas das bases de dados encontram-se defasadas, exigindo uma busca por meio de portais de notícia e *hubs* de inovação. Dentro das *startups* identificadas, constatou-se um forte viés para materiais avançados, que possuem características para aplicações inovadoras e maior valor agregado.

Além disso, apesar de ter cumprido de forma razoável o objetivo geral e os objetivos específicos, houveram algumas limitações no trabalho que não foram superadas. Primeiramente, a literatura sobre os conceitos de ciência aberta e inovação aberta são extensas, porém carecem de informações quando há um recorte em ciência e tecnologia dos materiais, demonstrando que esse enfoque ainda necessita de melhor desenvolvimento.

Outro ponto importante a ser levantado é que a pesquisa revelou uma discrepância sobre o volume de informações disponíveis sobre a temática no continente europeu em relação a outras áreas, muito em função do financiamento fruto do programa Horizon 2020, que ainda possui muitos subprogramas em atividade.

Assim, sugere-se para trabalhos futuros que o tema continue sendo explorado, buscando a ampliação do seu recorte, englobando também outras regiões do país para posterior estudo. Recomenda-se também que sejam feitas entrevistas com os gestores das empresas, para que possam ser captadas mais informações qualitativas de forma que agreguem e enriqueçam o estudo e as conclusões da pesquisa. Além disso, recomenda-se aprofundamento no tema da relação entre *startups*, ciência aberta e inovação aberta dentro dos ecossistemas.

Por fim, a inovação aberta, assim como a ciência e a tecnologia estão em constante mudança, e o presente trabalho com foco em ciência e tecnologia dos materiais é apenas um pequeno recorte desse ecossistema. O trabalho desenvolvido analisou conceitos da inovação, inovação aberta e ciência tecnologia dos materiais, fazendo uma “fotografia” do contexto que tange os tópicos.

## REFERÊNCIAS

100 OPEN STARTUPS. **Página Inicial**. 2022c. Disponível em: <[www.openstartups.net](http://www.openstartups.net)> Acesso em 29 de Agosto de 2022.

ABSTARTUPS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE STARTUPS. **MAPEAMENTO DO ECOSISTEMA BRASILEIRO DE STARTUPS**. 2020. <Disponível em: <https://abstartups.com.br/mapeamento-de-comunidades>>. Acesso em 26 de Agosto de 2022.

ACATE - ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE TECNOLOGIA. **Página Principal**. [s/d] Disponível em: <<https://www.acate.com.br/>>. Acesso em 29 de Agosto de 2022.

ACE - ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE ENGENHEIROS. **Página Principal**. 2020c. Disponível em: <https://www.ace-sc.com.br/home>. Acesso em 29 de Agosto de 2022.

ADNER, R. **Match your innovation strategy to your innovation ecosystem**. *Harv Bus Rev*, v.84, n.4, p.98, 2006.

ADNER, R; KAPOOR, R. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, v. 31, n.3, p. 306– 333, 2010.

AFUAH, A. **Innovation Management: Strategies, Implementation and Profits**. New York: Oxford University Press, 2003.

ANDER-EGG, Ezequiel. **Introducción a las técnicas de investigación social: para trabajadores sociales**. 7 ed. Buenos Aires: Humanitas, 1978.

ASHEIM, B.; GRILLITSCH, M.; TRIPPL, M. Regional Innovation Systems: Past - Presence - Future. Circle. *Papers in Innovation Studies*, Oslo, v. 36, n. 2015, set. 2015.

ASHEIM, B.; SMITH, H. L.; OUGHTON, C. Regional Innovation Systems: Theory, Empirics and Policy. **Regional Studies**, [s.l.], v. 45, n. 7, p.875-891, jul. 2011.

BASSIS, N. F.; ARMELLINI F. **Systems of innovation and innovation ecosystems: a literature review in search of complementarities**. Journal of Evolutionary Economics, v.28, p. 1053–1080, 2018.

BECK, S.; BERGENHOLTZ, C.; BOGERS, M; BRASSEUR, T. M. CONRADSEN, M. L; MARCO. D. The Open Innovation in Science research field: a collaborative conceptualisation approach. **Industry and Innovation**, 2020.

BLANK, S. **Why startups are agile and opportunistic – pivoting the business model**. 2010. Disponível em: <<https://steveblank.com/2010/04/12/why-startups-are-agile-and-opportunistic-%E2%80%93-pivoting-the-business-model>>. Acesso em 26 de Agosto de 2022.

BOSCHMA, R. Competitiveness of regions from an evolutionary perspective. **Regional Studies**, v. 38, n.9, p.1001–1014, 2004.

BOGERS, M. The open innovation paradox: knowledge sharing and protection in R&D collaborations. **European Journal of Innovation Management**, v. 14 n. 1, p. 93-117. 2011.

Bontems, V. K. What does Innovation stand for? Review of a watchword in research policies. **Journal of Innovation Economics & Management**, v.15, n.39-57, 2014.

BROOK, J.; WRIGHT, G.; BARTOLO, L.; WARREN, J. A.; WEHRSPORN, R. **Leading an open future for materials science research: Introducing Materials Open Research**. Editorial. 2022.

BUJOR, A.; AVASILCAI, S.; HUTU, C. A.; AVRAM, E. **The impact of open innovation on product development: innovation versus creative ecosystems**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019.

CALLISTER Jr., W.D., **Ciência e Engenharia dos Materiais, uma Introdução**, 7ª Edição, Ed. Guanabara, 2008.

CERN, Organisation européenne pour la recherche nucléaire. **Seeking answers to questions about the universe**. 2022a. Disponível em: <<https://home.cern/about/what-we-do/fundamental-research>> Acesso em: 30 de Agosto de 2022.

CERN, Organisation européenne pour la recherche nucléaire. **Material Science: Novel fabrication methods and analysis procedures for materials operating at the extremes of precision and endurance**. 2022b. Disponível em : <<https://knowledgetransfer.web.cern.ch/competences/material-science>>. Acesso em 10 de Setembro de 2022.

CHESBROUGH, H.W. **Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology**. Boston: Harvard Business School Press, 2003.

CHESBROUGH, H.W. Open innovation: a new paradigm for understanding. **R&D Management**, v.36, n.3, p.229–236, 2006.

CHESBROUGH, H.W. **Open Innovation and Intellectual Property**. 2014.

CONECTA STARTUP BRASIL. **Chamada Pública para Equipes Empreendedoras e Startups Conecta Startup Brasil**. 2020. Disponível em: <[https://conectastartupbrasil.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Comunicado-20\\_Resultado-Final-das-Startups-na-F1-Fase-de-Conceitua%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://conectastartupbrasil.org.br/wp-content/uploads/2020/07/Comunicado-20_Resultado-Final-das-Startups-na-F1-Fase-de-Conceitua%C3%A7%C3%A3o.pdf)> Acesso em 21 de setembro de 2020.

COLOMBO, M.G.; PIVA, E. Strengths and weaknesses of academic start-ups: a conceptual model. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.55, n.1, p. 37-49, 2008.

CURLEY, M.; SALMELIN, B. **Open Innovation 2.0: A New Paradigm**. European Commission. 2013. Disponível em:

24-oispgopeninnovation20anewparadigm-whitepaper.pdf. Acesso em 12 de Agosto de 2022.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DAVILA, A.; FOSTER, G.; GUPTA, M. Venture capital financing and the growth of start-up firms. **Journal of Business Venturing**, v. 18, n. 6, p. 689-709, 2003.

DESCHAMPS, I., G.; MACEDO, M.; EVE-LEVESQUE, C. University-SME collaboration and open innovation: Intellectual-property management tools and the roles of intermediaries. **Technology Innovation Management Review**, 2013, v.3, p. 33-41, 2013.

DISTRITO. **Inovação Aberta: Data driven: o que é e porque é essencial para a sua estratégia de inovação**. 21 de Junho de 2022. Disponível em: <<https://distrito.me/blog/data-driven/>>. Acesso em 31 de Agosto de 2022.

DRAXL, C.; SCHEFFLER, M. **NOMAD: The FAIR Concept for Big-Data-Driven Materials Science**. Cambridge University Press, 2018.

DRUCKER P. F. **Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles**. New York: Harper & Row, 1985.

DSM. **Long History: An evolution of successful transformations**. 2022a. Disponível em: <[https://www.dsm.com/engineering-materials/en\\_US/connect/long-history.html](https://www.dsm.com/engineering-materials/en_US/connect/long-history.html)>. Acesso em 17 de agosto de 2022.

DSM. **DSM Engineering Materials: High performance for all**. 2022b. Disponível em: <<https://www.dsm.com/corporate/about/businesses/dsm-engineering-materials.html>>. Acesso em 17 de agosto de 2022.



DURST, S.; POUTANEN, P. **Success factors of innovation ecosystems: Initial insights from a literature review**. CO-CREATE, 2013: The Boundary-Crossing Conference on Co-Design in Innovation, Aalto University. 2013.

ECN. EINSTEIN CENTER FOR NEUROSCIENCES BERLIN. **Open Science & Innovation**. 2022c. Disponível em: <<https://www.ecn-berlin.de/open-innovation-153/open-science-innovation.html>> Acesso em 24 de Agosto de 2022.

EDQUIST, C. **The systems of innovation approach and innovation policy: An account of the state of the art**. Paper presented at the DRUID Conference, Aalborg (pp. 12–15), 2001.

EMMC. The European Materials Modelling Council. **EMMO: an Ontology for Applied Sciences**. 2022c. Disponível em: <<https://emmc.info/emmo-info/>>. Acesso em 10 de setembro de 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Europe's future : open innovation, open science, open to the world : reflections of the Research, Innovation and Science Policy Experts (RISE) High Level Group**. Directorate-General for Research and Innovation Publications Office. 2018.

EUROPEAN COMMISSION. **Horizon 2020: Details of the EU funding programme which ended in 2020 and links to further information**. 2020a. Disponível em: <[https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en)>. Acesso em 16 de Agosto de 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Horizon 2020: Work Program 2018-2020: Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing**. 2020b. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-leit-nmp\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-leit-nmp_en.pdf)> Acesso em 5 de Setembro de 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Open characterisation and modelling environment to drive innovation in advanced nano-architected and bio-inspired hard/soft interfaces.** 2022. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/760827/reporting>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

EUROPEAN COMMISSION. **Open innovation, open science, open to the world : a vision for Europe.** Directorate-General for Research and Innovation Publications Office. 2016.

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **Comunicação de Informação: Ciência Aberta na Fiocruz.** [s.d.]. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/ciencia-aberta>> Acesso em 24 de Agosto de 2022.

FIEC. **Índice FIEC de Inovação dos Estados.** 2021. Acesso em: [https://arquivos.sfiec.org.br/nucleoeconomia/files/files/Indice-FIEC-Inovacao\\_2021.pdf](https://arquivos.sfiec.org.br/nucleoeconomia/files/files/Indice-FIEC-Inovacao_2021.pdf)

FREEMAN, C. **Technology, policy, and economic performance : lessons from Japan.** In: London. Pinter Publishers, New York, 1987.

GASPAR, J. V.; TEIXEIRA, C. S. **Startup: Alinhamento conceitual** Florianópolis: Perse, 18p. : il. 2016. Disponível em: < <http://via.ufsc.br/> >. Acesso em 26 de Agosto de 2022.

GASSMANN, O.; ENKEL, E.. **Towards a Theory of Open Innovation: Three Core Process Archetypes.** University of St.Gallen, 2003.

GASTALDI, Luca; APPIO, Francesco; MARTINI, Antonela; CORSO, Mariano. Academics as orchestrators of continuous innovation ecosystems: towards a fourth generation of CI initiatives. **International Journal of Technology Management**, 2015.

GAVETTI, Giovanni; Simona, GIORGI; Rebecca, HENDERSON. **Kodak and the digital Revolution**. Harvard Business School, 2005.

GAWER, A; CUSUMANO, M. Industry platforms and ecosystem innovation. **Journal Product Innovation Management**, v.31, n.3, p.417, 2014.

GAWER, A. Bridging differing perspectives on technological platforms: toward an integrative framework. **Res Policy**, v.43, n.7, p.1239–1249, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GILBERT, Steven W. Model Building and a Definition Of Science. **Journal of Research In Science Teaching**, v. 28, n. 1, pp. 73-79. 1991.

GODIN, B. Innovation: A Conceptual History of an Anonymous Concept. **Project on the Intellectual History of Innovation**, Quebec, v. 21, n. 1, p.1-36, jan. 2015.

GOLDBACK, G.; SIMPERLER, A.; BOSKOVIC, B. O.; ALEKSIC, J. **Open Innovation Environments and their Importance in Materials Modelling and Materials Characterisation**. Zenodo, 2022.

GOMES, L. A. V.; FACIN, A. L. F.; SALERNO, M. S.; IKENAMI, R. K. Unpacking the innovation ecosystem construct: evolution, gaps and trends. **Technological Forecasting Social Change**, 2016.

Hall, B.H. **Open Innovation & Intellectual Property Rights: The Two-Edged Sword**. Japan Spotlight: Economy, Culture & History, jan/feb, 18 - 19. Japan Economic Foundation. ISSN 1348-9216, 2010.

HARTMANN, V. H. P. **Startup: uma nova forma de empreender**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de empresas) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013.

HIMANEN, L.; GEURTS, A.; FOSTER, A. S.; RINKE, P. **Data-Driven Materials Science: Status, Challenges, and Perspectives**. Published by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, 2019.

HISAMITSU, Matsuo. **JFE Technical Report No.27: Foreword**. 2022. Disponível em: <<https://www.jfe-steel.co.jp/en/research/report/027/>>. Acesso em 20 de Agosto de 2022.

OVERHOLM, H. Collectively created opportunities in emerging ecosystems: the case of solar service ventures. **Technovation**, v.39, p.14–25, 2015.

IANSTITI, M.; LEVIEN, R. **The keystone advantage : what the new dynamics of business ecosystems mean for strategy, innovation, and sustainability**. Harvard Business School Press, Boston, Mass, 2004.

INAITEC – Instituto de Apoio à Inovação, Ciência e Tecnologia. **Página Inicial**. 2019c. Disponível em: <<https://inaitec.com.br/index> >. Acesso em: 29 de Agosto de 2022.

IOM3. **The Institute of Materials, Minerals and Mining: About IOM3**. 2022c. Disponível em: <<https://www.iom3.org/about-us.html>>. Acesso em 24 de Agosto de 2022.

JING, G. A. **The innovative university library: Strategic Choice, construction practices and development ideas**. *Library Management*, p. 295-308. 2009.

KAPOOR R.; LEE, J. M. Coordinating and competing in ecosystems: how organizational forms shape new technology investments. **Strateg Manag J**, v.34, n.3, p. 274–296, 2013.

KASK, J.;LINTON, G. Business mating: when start-ups get it right. **Journal of Small Business & Entrepreneurship**, v. 26, n. 5, pp. 511-536, 2013.

KATZ, R.; ALLEN, T. **Investigating the Not Invented Here (NIH) syndrome: a look at performance, tenure and communication patterns of 50 R&D projects groups**, v12, n. 1, p. 7-19, 1982.

KIRSCHBAUM, Robert. Open Innovation In Practice: New businesses get built from a culture of change at the Dutch specialty materials company DSM. **ResearchTechnology Management**, v.48, n.4, p.24-28. 2005.

KOWI, Kooperationsstelle EU der Wissenschaftsorganisationen. **Open Science - Open Innovation - Open to the world**. 2021. Disponível em: <<https://www.kowi.de/kowi/archiv/forschungspolitik/3-Os/open-access-open-innovation-open-science.aspx/>> Acesso em: 17 de Agosto de 2022.

LEMONS, Paulo. **Universidades e ecossistemas de empreendedorismo**. Campinas. Editora UNICAMP, 2012.

LEVINE, S. S.; PRIETULA, M. J. Open Collaboration for Innovation: Principles and Performance. *Organization Science*, v.25, n.5, p.1414–1433, 2013.

LONGO, W. P. **Tecnologia e transferência de tecnologia**. A Defesa Nacional, p. 55, n. 678, Rio de Janeiro, 1978.

LONGO, W. P. **O desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil e suas perspectivas frente aos desafios do mundo moderno**. Coleção Brasil: 500 anos, Vol II. Belém: Editora da Universidade da Amazônia. 2000.

M2I. **Materials Innovation Institute**. c2022. Página inicial. Disponível em: <<https://www.m2i.nl/>> Acesso em 24 de Agosto de 2022.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MATSUZAKI, A. **Materials and Technologies for EV and Open Innovation Strategy in JFE Group**. JFE TECHNICAL REPORT No. 27. 2022.

METCALFE, S. The economic foundations of technology policy. **Handbook of the economics of innovation and technological change**, p.409–512, 1995.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOORE, J. Predators and prey - a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, v.71, n.3, p.75–86, 1993.

MOORE, J. **The death of competition : leadership and strategy in the age of business ecosystems**. 1st edn. HarperBusiness, New York. 1996.

MORTARA, L.; MINSHALL, T. How do large multinational companies implement open innovation? **Technovation**, v. 31, p. 586-597, 2011.

MUSTAR, P.; WRIGHT, M.; CLARYSSE, B. University spin-off firms: lessons from ten years of experience in Europe. **Science and Public Policy**, v. 35, n.2, pp. 67-80, 2008.

NAMBISAN, S.; BARON, R. A. Entrepreneurship in innovation ecosystems: entrepreneurs' self-regulatory processes and their implications for new venture success. **Enterp Theory Pract**, v.37, n.5, p.1071–1097, 2013.

NANOMECOMMONS. **Overview**. 2021c. Disponível em: <<https://www.nanomecommons.net/overview/>>. Acesso em 10 de setembro de 2022.

NANOSCOPING. **Blog**. 2022. Disponível em <<https://www.nanoscoping.com.br/blog>> Acesso em 21 de setembro de 2022.

NEOWAY. **Data driven: quais as vantagens e como aplicar**. 23 de Fevereiro de 2021. Disponível em: <<https://blog.neoway.com.br/data-driven/>>. Acesso em 31 de Agosto de 2022.

NIDUS - Laboratório de Inovação do Governo de Santa Catarina. **Página Inicial**. 2022. Disponível em: <https://nidus.sea.sc.gov.br/>. Acesso em 29 de Agosto de 2022.

OECD. **Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation**. 4<sup>a</sup> ed. 2018.

ONTOTRANS. **Concept**. 2020c. Disponível em: <<https://ontotrans.eu/project/concept/>> Acesso em 10 de setembro de 2022.

OYSTER. **Open characterisation and modelling environment to drive innovation in advanced nano-architected and bio-inspired hard/soft interfaces**. 2018. Disponível em: <<https://www.oyster-project.eu/wp-content/uploads/2019/06/Oyster-A0-size-poster-v1.2.pdf>> Acesso em: 10 de setembro de 2022.

PANGARKAR, N.; WU, J. Industry globalization and the performance of emerging market firms: evidence from China. **International Business Review**, v. 21, n. 2, pp. 196-209. 2012.

PELTONIEMI, M; VUORI, E. Business ecosystem as the new approach to complex adaptive business environments. **Paper presented at the Proceedings of eBusiness Research Forum**, 2004.

PELTONIEMI, M.; VUORI, E.; Laihonon, H. **Business ecosystem as a tool for the conceptualisation of the external diversity of an organization**, 2005.

RAMÍREZ-MONTOYA, M. S.; GARCÍA-PEÑALVO, F. J. Co-creation and open innovation: Systematic literature review. **Comunicar**, v.26, n.54, 2018.

RANDHAWA, K., WILDEN, R., & HOHBERGER, J. A bibliometric review of open innovation: Setting a research agenda. **Journal of Product Innovation Management**, v.33, n.6, p.750-772, 2016.

ROOS, J.; OLIVER, D. From Fitness Landscapes to Knowledge Landscapes. **Systemic Practice and Action Research**, v. 12, 279–293, 1999.

SALMELIN, B. The Horizon 2020 framework and Open Innovation Ecosystems. **Journal of Innovation Management**, v.2, p.4-9, 2013.

SALMI, J. **Study on Open Science Impact, Implications and Policy Options**. European Commission, 2015.

SCHULZ. **História**. 2022. Disponível em: <<https://www.schulz.com.br/historia/>>. Acesso em 21 de setembro de 2022.

SCHUMPETER, J. A. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico** Rio de Janeiro: Nova Cultural, 1982.

SCIENCE-ATLAS. **Why Do Companies Prefer Closed Innovation**. 1 de Outubro de 2021. Disponível em: <<https://science-atlas.com/faq/why-do-companies-prefer-closed-innovation/>>. Acesso em 2 de Setembro de 2022.

SILVA, Luciana Mara. **Repositório Institucional e o Ecossistema da Ciência Aberta**. 2020. Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação em Ciência da Informação. Florianópolis, 2020.

SOETE, L.; VERSPAGEN, B.; WEEL, B. **Systems of innovation**. United Nations University, Maastricht, 2009.

SPENDER, J. C.; CORVELLO, V.; GRIMALDI, M; RIPPA, P. Startups and open innovation: a review of the literature. **European Journal of Innovation Management**, v. 20, n.1, p.4-30, 2017.



STARTUPBASE. **Página Inicial.** 2022. Disponível em:<<https://startupbase.com.br/home>>. Acesso em 28 de Agosto de 2022.

STARTUPSC. **Conheça a força das startups em Santa Catarina e de todo o ecossistema construído.** 01 de Fevereiro de 2022. Disponível em: <<https://www.startupsc.com.br/startups-em-santa-catarina/>>. Acesso em 30 de Agosto de 2022.

TEECE, D.J. Business models, business strategy and innovation. **Long Range Planning**, v. 43, n.2-3, pp. 172-194. 2010.

VANHAVERBEKE, W.; ROIJAKKERS, N.; LORENZ, A.; CHESBROUGH, H. The Importance of Connecting Open Innovation to Strategy. In: **Pfeffermann, N., Gould, J. (org) Strategy and Communication for Innovation.** 2017. Springer, Cham. 2017.

WARD, C. H.; WARREN, J. A.; HANISCH, R. J. Making materials science and engineering data more valuable research products. **Integrating Materials and Manufacturing Innovation**, 2014.

WHITEHEAD, Alfred N. **The concept of Nature: Tarner Lectures.** Cambridge: Cambridge University Press, 1920.

WYMER, S. AND REGAN, E. Factors influencing e-commerce adoption and use by small and medium businesses. **Electronic Markets**, v. 15, n. 4, p.438-453. 2005.

ZAHRA SA, NAMBISAN S. Entrepreneurship and strategic thinking in business ecosystems. **Business Horizon**, v.55, n.3, p.219-229, 2012.