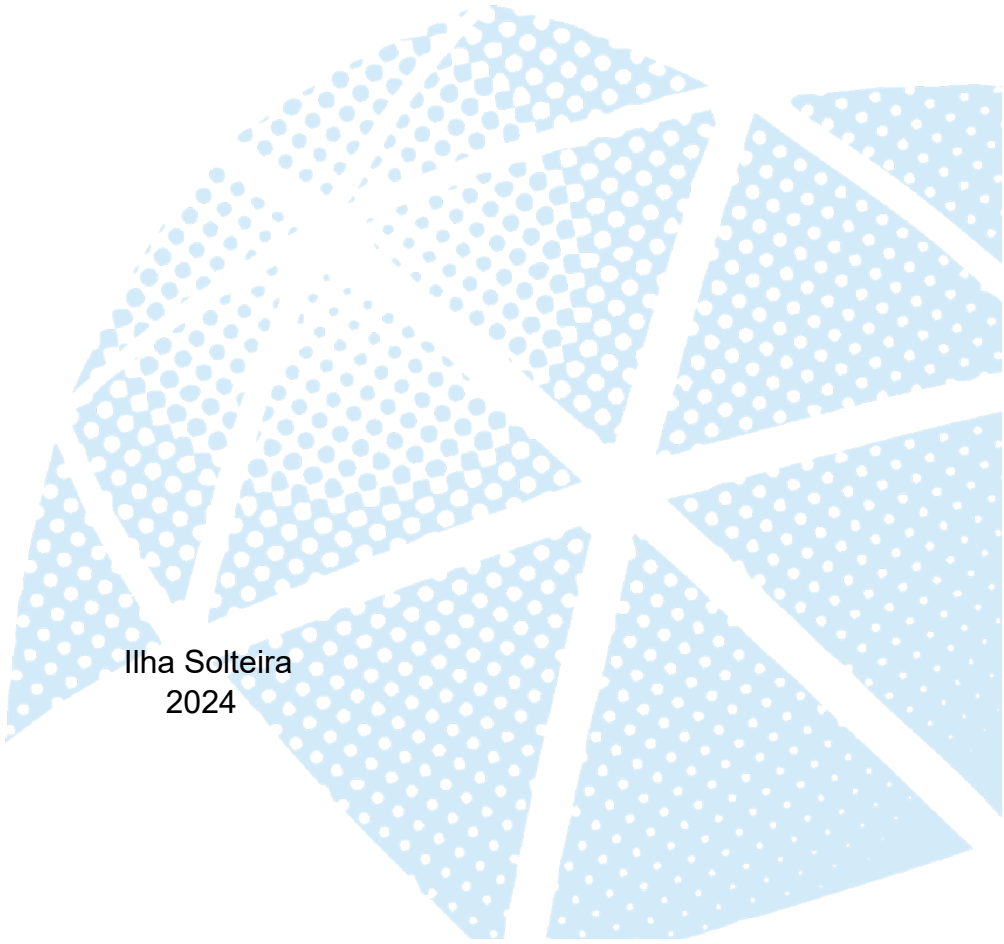


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira

JOÃO VICTOR ALCÂNTARA DE SOUZA

MODELO DE INOVAÇÃO EM UMA FACULDADE DE ENGENHARIA



Ilha Solteira
2024

JOÃO VÍCTOR ALCÂNTARA DE SOUZA

**MODELO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM UMA FACULDADE DE
ENGENHARIA**

TCC apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Domingues Bueno

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729m Souza, João Victor Alcântara de.
Modelo de inovação tecnológica em uma Faculdade de Engenharia / João Victor Alcântara de Souza. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
31 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Douglas Domingues Bueno

Inclui bibliografia

1. Inovação tecnológica. 2. Prontidão tecnológica. 3. Transferência de tecnologia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica

ANEXO 02 MODELO DE ATA DE DEFESA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE GRADUAÇÃO

TÍTULO: Modelo de Inovação em uma Faculdade de Engenharia

ALUNO: João Victor Alcântara de Souza RA: 141051132

Orientador: Douglas Domingues Bueno

Aprovado (X) – Reprovado () pela Comissão Examinadora

Nota obtida: 9,0

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br DOUGLAS DOMINGUES BUENO
Data: 09/01/2025 10:04:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. _____
Presidente (Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br CAMILA GIANINI GONSALEZ BUENO
Data: 08/01/2025 18:31:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. _____
Camila Gianini Gonzalez Bueno, Depto. Matemática FEIS

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO BORGES SANTOS
Data: 11/12/2024 18:02:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. _____
Rodrigo Borges Santos, Depto. Eng. Mecânica, Univ. Fed. da Grande Dourados

DocuSigned by:
joao victor alcantara de souza
D20648C9ED2B492...
Assinatura do Aluno

Ilha Solteira (SP) 22 de Novembro de 2024.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa propõe um modelo de inovação tecnológica voltado às faculdades de engenharia, com impacto potencial nos âmbitos científico, técnico, econômico e educacional. Ao articular conceitos de inovação aberta, escalas de prontidão tecnológica e transferência de tecnologia, o estudo promove a integração entre universidade e setor produtivo, estimulando o empreendedorismo, a formação de startups e o uso eficiente do conhecimento gerado. A proposta favorece o desenvolvimento regional e nacional, alinhando-se a práticas internacionais e aos princípios de sustentabilidade. Sua aplicação contribui para o fortalecimento do ecossistema de inovação e da cultura empreendedora no ensino superior.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research proposes a technological innovation model for engineering schools, with potential scientific, technical, economic, and educational impact. By integrating concepts of open innovation, technology readiness levels, and technology transfer, the study strengthens connections between universities and industry, fostering entrepreneurship, startup creation, and effective knowledge application. The model supports local and national development, aligns with international practices, and promotes sustainable solutions. Its implementation contributes to enhancing the innovation ecosystem and entrepreneurial culture in higher education.

RESUMO

O trabalho apresenta um modelo de inovação tecnológica aplicável a faculdades de engenharia, com foco em startups e transferência de tecnologia. A pesquisa analisa conceitos como inovação aberta e escalas de prontidão tecnológica (TRL/MRL), destacando a importância da cooperação entre universidade e indústria. Propõe-se um processo validado, da pesquisa ao mercado, promovendo aplicação prática do conhecimento. Conclui-se que a adoção desse modelo fortalece o ecossistema de inovação, impulsiona o desenvolvimento sustentável e aproxima o ensino das demandas reais do setor produtivo.

Palavras-chave: inovação tecnológica; prontidão tecnológica; transferência de tecnologia; universidades; startups.

ABSTRACT

This work presents a technological innovation model for engineering schools, focused on startups and technology transfer. The study examines concepts such as open innovation and technology readiness levels (TRL/MRL), emphasizing the relevance of collaboration between universities and industry. A structured process is proposed to validate innovations from research to market. The study concludes that the model enhances the innovation ecosystem, fosters sustainable development, and aligns academic activities with industry demands.

Keywords: technological innovation; technology readiness; technology transfer; universities; startups.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração da Escala de Prontidão Tecnológica	18
Figura 2 – Modelo de Inovação e Transferência de Tecnologia Embrapa	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Inovação Fechada x Inovação Aberta	13
Tabela 2 – Definição dos níveis de maturidade tecnológica	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TRL	Technology Readiness Level
MRL	Manufacturing Readiness Levels
CTR	Coeficiente Tecnológico de Referência
CTA	Coeficiente Tecnológico Analisado
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	DESENVOLVIMENTO	10
2.1	– Inovação	10
2.2	– Fundamentos de Inovação	12
2.2.1	– Inovação Aberta (<i>Open Innovation</i>)	12
2.2.2	– Inovação Distribuída (<i>Distributed Innovation</i>)	14
2.3	– Escalas de Prontidão Tecnológica	15
2.4	– Transferência Tecnológica	21
3	– CONCLUSÃO	27

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar informações relevantes para se estabelecer um modelo de inovação em universidades, ou mesmo em departamentos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico de empresas e centros técnicos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 – Inovação

Desde a introdução da internet em escala global, a sociedade como um todo vivenciou - e tem vivenciado - um período de rápido avanço tecnológico, no qual a velocidade da transmissão de informações, a conectividade e o conhecimento tecnológico resultaram num cenário mais competitivo, em termos de superar desafios científicos e tecnológicos. Diversas dessas mudanças acontecem quase simultaneamente e permeiam as mais diversas áreas.

A sociedade passa por transformações estruturais, e diversas são as implicações. As empresas, por exemplo, precisam acompanhar as mudanças, e comumente precisam inovar como forma de estratégia competitiva, em termos de produtos, processos e serviços, entre outros aspectos.

A busca por inovação é uma maneira de viabilizar a garantia de avanço, a sustentabilidade e perpetuidade aos negócios, sejam eles relacionados a empresas ou até mesmo a soberania de uma nação.

Apesar de a palavra inovação permear práticas das mais diversas culturas organizacionais, é difícil determinar com exatidão o seu significado. Mesmo que o conceito de inovação esteja inserido ao clima organizacional há muito tempo, seja ela pública ou privada, o conceito continua a se renovar.

A inovação é um conceito complexo e desafiador, que exige das empresas uma adaptação constante às mudanças do mercado. Para que o país possa competir de forma eficiente, tanto no cenário nacional quanto no internacional, é necessário criar uma cultura organizacional que estimule e valorize a inovação (Schein, 1992; Machado et al., 2012; Bruno-Faria; Fonseca, 2014; De Paula, 2014, apud Rosa, 2019, p. 24).

Schumpeter (1997) afirma que a inovação impulsiona o desenvolvimento econômico, que se dá por meio de mudanças radicais no mercado provocadas pelos empreendedores. Ele conceitua a inovação como a implementação de uma nova aplicação industrial ou comercial de algo novo, podendo ser um produto, um processo, uma matéria prima, uma estrutura de mercado ou uma nova maneira de aproveitar um recurso natural.

A inovação, segundo Schumpeter (1997), é um processo ativo e criativo, traz riscos e incertezas, mas também oportunidades e recompensas. Portanto, a inovação é o que gera vantagem competitiva e crescimento econômico sustentável.

Partindo da necessidade de se encontrar um modo de avaliar a inovação e iniciativas inovadoras dentro das organizações, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) compilou o Manual de Oslo, que sistematiza dados acerca da inovação tecnológica. No Manual de Oslo (2018), a definição de inovação engloba a execução de um produto, processo, método de marketing ou prática organizacional nova ou consideravelmente melhorada, seja em empresas, organizações ou na sociedade. É esperado que tal execução crie um elemento diferenciado de competitividade referente ao mercado como um todo.

De maneira ampla, a inovação envolve a exploração de ideias inéditas ou a aplicação criativa do conhecimento, o que resulta no desenvolvimento de vantagens competitivas para atender com sucesso às demandas do mercado. Segundo Chesbrough (2006), no padrão convencional de inovação fechada, os programas são embasados na fundação científica e tecnológica da organização. Estes são submetidos a um processo de seleção interna, onde uma parte é descontinuada e os recursos são realocados para a parte mantida, contudo, apenas uma minoria consegue alcançar o mercado. Chesbrough (2006) salienta que esse método é classificado como “fechado” devido ao fato de possuírem apenas uma entrada (ou input, do inglês) - a área de Pesquisa e Desenvolvimento - e uma saída (ou output) - atingir o mercado. Neste padrão, a pesquisa e o desenvolvimento são confinados aos limites da organização em questão.

Chesbrough (2006) postula que as organizações aderem à inovação fechada ancoram-se na ideia de que uma inovação bem-sucedida deve ser controlada. As organizações devem conceber seus próprios conceitos, que são posteriormente desenvolvidos, fabricados, comercializados e protegidos. O objetivo de se posicionar à frente da concorrência é alcançado por meio de investimentos significativos em infraestrutura de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), também ao adquirir conhecimento e o desafio de esforços em conceber conceitos, bem como tempo para desenvolvê-los e atingir uma abordagem inédita.

No contexto de engenharia, diferentes recursos advindos de fábricas comerciais ou governamentais podem ser utilizados para testes e validação de propostas, além de usados como campo de prova para demonstração de conceito.

Em contrapartida, a perícia e experiência dos pesquisadores podem facilitar a utilização de propriedade intelectual e acelerar a inovação, estimular o crescimento econômico e até a formação de novas indústrias com base nestes conhecimentos (Gorschek; Garre; Larsson; Wohlin, 2006).

Diante deste contexto, o presente trabalho de conclusão de curso apresenta uma visão geral dos fundamentos e conceitos envolvidos em processos de inovação tecnológica, com foco na nucleação de projetos e startups de base tecnológica. Para tanto, são apresentadas informações relacionadas ao processo de inovação, tomando-se como principal referência o modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia (2017). Com isso, demonstra-se os principais aspectos norteadores das escalas de prontidão tecnológica. Também, apresenta-se os benefícios e as vantagens da transferência de tecnologia colaborativa como modelo a ser seguido na cooperação entre universidades e empresas. O trabalho contribui principalmente como sendo um texto preliminar para acadêmicos com interesse em inovação e empreendedorismo de base tecnológica.

2.2 – Fundamentos de Inovação

Nesta seção são apresentados os principais conceitos relacionados à inovação, com foco em posicionar o leitor no tema do trabalho, bem como para assegurar a compreensão de fundamentos teóricos envolvidos no tema.

2.2.1 – Inovação Aberta (*Open Innovation*)

Segundo Prahalad e Krishnan (2008), o período de 1980 a 1990 marcou o início da prática empresarial de terceirização, onde componentes críticos começaram a ser fornecidos por terceiros. Muitas empresas se integraram às cadeias de suprimentos globais, aproveitando a expertise e os custos reduzidos de produtores em diversas partes do mundo. Assim, a realização de serviços, habilidades e produtos passaram a se tornar atividades realizadas por múltiplas instituições.

O processo de buscar ideias de fontes externas à uma organização é denominado Open Innovation ou inovação aberta (IA), cujo conceito é descrito por Chesbrough (2006) como a utilização deliberada de informações internas e externas de informação com vistas a agilizar o processo de inovação interna e o aumento de mercado, de modo que as novidades sejam utilizadas externamente.

A inovação aberta sugere que o atingimento dos resultados seja em atividades tais quais a prospecção, apresentação e discussão de possibilidades de inovação baseadas em fontes internas e externas de conhecimento e criatividade., com vistas a atingir o mercado (Chesbrough, 2006). Possibilitando a capacidade da internalização das tecnologias desenvolvidas por outros laboratórios de pesquisa ou empresas. Carvalho et al (2005) elucidam que o padrão de IA orienta as instituições a oportunidades por conta de direcionarem atividades de pesquisa e desenvolvimento de maneira mais conversacional, procurando a combinação de conhecimentos. Este novo método demanda alterações no método de gerir projetos e uma perspectiva atualizada sobre a relevância dos dados disponíveis externamente à empresa. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre as inovações aberta e fechada, para clareza de entendimento.

Tabela 1 - Inovação Fechada x Inovação Aberta

Inovação Fechada	Inovação Aberta
Os profissionais mais capacitados da área estão na organização.	Colabora-se com profissionais talentosos presentes interna e externamente à organização.
Para alcançar o lucro com P&D, deve-se conceber, aprimorar e comercializar de forma autônoma.	P&D externo pode resultar em um aumento expressivo do valor. Em conjunto, o P&D interno é requerido para assimilar para si fração deste valor.
Caso algo seja descoberto, é necessário agilizar ao máximo para levar a descoberta ao mercado o quanto antes.	Não é necessário engendrar uma pesquisa para poder extrair lucro da mesma.
A organização vencedora será a que conseguir entregar primeiro a inovação ao mercado.	Construir melhores modelos de negócio é mais significativo que alcançar antes o mercado.

O sucesso será alcançado caso sejam criadas ideias melhor elaboradas no mercado.	O uso mais adequado das ideias internas e externas resultará no sucesso.
A propriedade intelectual deve ser controlada para que os competidores não se beneficiem com ideias internas.	Outros utilizarem a propriedade intelectual interna será benéfico e tecnologias externas devem ser adquiridas sempre que possam resultar em vantagens internas.

Fonte: Adaptado de Chesbrough (2003b).

2.2.2 – Inovação Distribuída (*Distributed Innovation*)

Diante das alterações na organização que são requeridas pelas características atualizadas do mercado, modelos abertos de negócio possibilitam que empresas criem e absorvam valor de maneira otimizada.

Segundo Johnson e Lundvall (2000), as organizações estão progressivamente encontrando dificuldades para gerar conhecimento interno de forma autônoma. Além disso, observa-se uma tendência de circulação irrestrita de conhecimento entre as fronteiras nacionais.

Nas organizações, a estrutura de dados é cada vez mais essencial para a geração de valor e a sustentação de redes inovadoras. A transição de uma estrutura para outra representa um progresso tecnológico, mas também uma dificuldade de gestão e comando. Além disso, uma dificuldade importante é ser necessário balancear adaptabilidade e consistência no progresso e na expansão de tais estruturas.

Em meio a esse cenário, surge um novo conceito no domínio da inovação aberta, que é a inovação compartilhada. Essa forma de inovação é conduzida em torno de um benefício mútuo, envolvendo a colaboração de um grande número de indivíduos, voluntariamente. Lohr (2009) indica que este tipo de inovação é também descrito como crowdsourcing, ou sabedoria das multidões, além de inteligência coletiva e trabalho colaborativo.

A inovação distribuída se destaca pela realização de pesquisas a partir de múltiplas perspectivas, pelo uso de ciência de open source, por organizações digitais e pelo desenvolvimento de mercadorias inovadoras que incorporam colaboradores externos. O foco principal dessa concepção reside no processo de cooperação entre

peças e empresas, que requer elevado grau de conhecimento, divulgação e de processo de tornar as tecnologias abertas e transparentes. Os incentivos financeiros ficam em segundo plano. Essa cooperação comumente depende da autoseleção dos envolvidos e das demandas de organização do sistema produtivo (Jeppesen; Maskell; Powel, 2008).

Os usuários fornecem insights e conceitos com vistas a aprimorar o produto e, quanto maior o número de participantes, maior o impulso em relação aos produtos. Essa relação é chamada de “efeito de rede”, o que, em termos práticos, quer dizer que o número de participantes é um fator crucial neste cenário.

Diante disso, pode-se afirmar que aspectos da inovação, com base na literatura pertinente sobre a inovação distribuída, são amplificados com o surgimento da tecnologia digital (Berente et al., 2006, apud Trentini et al., 2012, p. 97).

Desde o advento da internet, a sociedade como um todo está conectada, o que implica a facilitação da ocorrência da inovação distribuída. De acordo com Lopes e Teixeira (2009), no mundo surge uma quantidade avassaladora de inovações, sendo elas das mais variadas formas e de algum modo elas se disseminam atingindo cada vez uma maior parcela da população.

2.3 – Escalas de Prontidão Tecnológica

Considerando a aplicação do modelo de inovação aberta ou distribuída, têm-se uma maior complexidade de gestão para possibilitar que o desenvolvimento seja realizado de forma assertiva e direcionada devido ao fato de que há o envolvimento de mais de uma parte para que seja realizado o processo. O que demanda uma ferramenta capaz de quantificar a fase em que o projeto em questão se encontra.

A inovação aberta considera o codesenvolvimento (ou cocriação de tecnologias) como fundamental a utilização de um conceito objetivo para descrever os estágios de desenvolvimento de produtos e processos inovadores (EMBRAPA, 2017). Portanto, pode-se afirmar que a Escala de Prontidão Tecnológica é a ferramenta que possibilita a homogeneização da comunicação e adequação das expectativas das partes interessadas.

Dentro deste âmbito, segundo Mankins (1995), a escala TRL/MRL (do inglês Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels), ou em português “Nível de Prontidão de Tecnologia”, é um “[...] sistema de métrica/medição sistemática que suporta avaliação da maturidade de uma tecnologia específica e a comparação consistente da maturidade entre diferentes tipos de tecnologia” (Mankins, 1995).

A iniciativa da NASA destaca-se por ser utilizada por universidades e institutos de desenvolvimento, órgãos do governo, agências de incentivo, empresas e indústrias nacionais e internacionais. Tal escala oferece uma ferramenta com o objetivo de supervisionar o processo de pesquisa, desenvolvimento e simulação, em conjunto à comparação direta entre diferentes tecnologias. Os TRLs se referem ao *status* de maturidade de um método (Mankins, 1995), e são subdivididos em uma escala de 1 a 9 (ISO, 2013; Mankins, 1995), conforme descrito na Tabela 2. Por outro lado, os MRLs (Manufacturing Readiness Levels) são aplicados com o intuito de indicar os níveis de maturidade de um processo (Mankins, 1995). Tanto TRLs como o MRLs estão subdivididos em uma escala de 1 a 9 (ISO, 2013; Mankins, 1995).

Tabela 2 - Definições dos níveis de maturidade tecnológica.

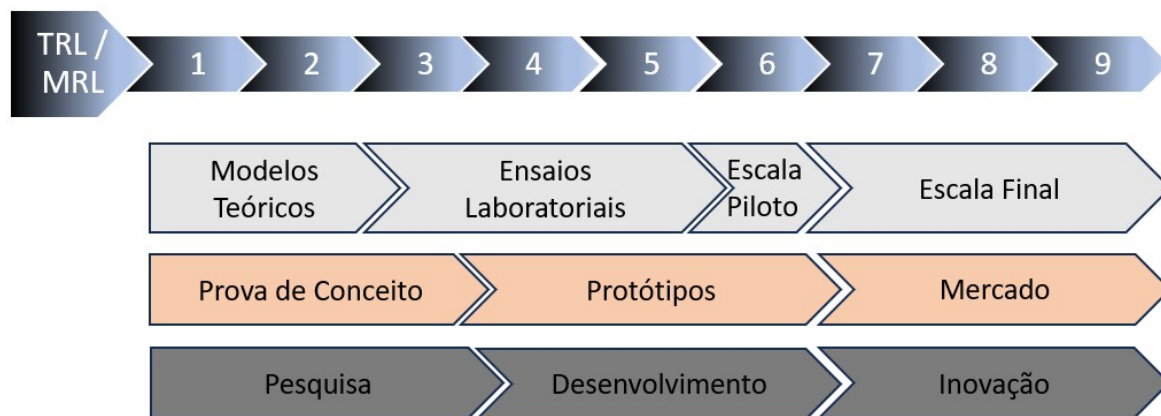
Nível	Indicador	Descrição
1	TRL	Princípios básicos observados e relatados.
	MRL	Princípios básicos observados e relatados.
2	TRL	Conceito e/ou aplicação tecnológica formulados.
	MRL	Conceito de manufatura definido.
3	TRL	Prova de conceito das funções críticas de forma analítica ou experimental.
	MRL	Processo de manufatura demonstrado, funcionando.
4	TRL	Validação de componente e/ou protótipo em ambiente laboratorial.
	MRL	Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente laboratorial, funcionando apropriadamente.

5	<i>TRL</i>	Validação de componente e/ou protótipo em ambiente relevante.
	<i>MRL</i>	Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente de produção significativo.
6	<i>TRL</i>	Demonstração de modelo ou protótipo de sistema/subsistema em um ambiente relevante.
	<i>MRL</i>	Habilidade de fabricar o produto ou seus componentes em um ambiente de produção relevante. Atualmente, a tecnologia está passando por testes, ainda não atingindo a escala final.
7	<i>TRL</i>	Demonstração de protótipo de sistema em ambiente operacional.
	<i>MRL</i>	Capacidade de fabricar o produto ou seus componentes em um ambiente representativo de produção. A tecnologia está em fase de comissionamento inativo, incluindo testes operacionais e de fabricação, realizados por meio de modelos/simuladores inativos compatíveis com o produto final.
8	<i>TRL</i>	Sistema real concluído, testado, qualificado e demonstrado.
	<i>MRL</i>	Avanços na produção visando à eficiência e redução de custos. Tecnologia em fase de comissionamento ativo.
9	<i>TRL</i>	Operação do sistema realizada em todas as condições, extensão e alcance.
	<i>MRL</i>	Utilização do produto em todas as suas aplicações e quantidades previstas. Produção consolidada.

Fonte: TRL - Technology Readiness Level (NASA, 1995).

As escalas de TRL e MRL englobam as fases do desenvolvimento de um produto, processo ou serviço envolvendo inovação, partindo da concepção de modelos teóricos e da prova de conceito, alcançando até a escala final para comercialização no mercado. Uma ilustração da escala é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Ilustração da Escala de Prontidão Tecnológica



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Assim como supracitado, estas escalas são utilizadas em setores diversos. Como, por exemplo, o setor de Agroenergia da Embrapa, que inovou ao adaptar a escala de definição de níveis de maturidade de tecnologia para o setor agrônomo e agroindustrial. Frente a este contexto, elaborou-se uma proposta de aplicação desse sistema de medição aos eixos temáticos que direcionam a programação de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação da Embrapa Agroenergia (Capdeville; Alves; Brasil, 2017, p. 18).

Vale ressaltar que se utilizam dois parâmetros para validar os produtos e processos que se enquadram na escala TRL/MRL, sendo critério de avaliação o atingimento de todos os requisitos/parâmetros estabelecidos para cada nível de maturidade. Os parâmetros são o Coeficiente Técnico de Referência (CTR) e o Coeficiente Técnico Atual (CTA), o primeiro correspondendo a

[...] parâmetro técnico (ou conjunto de parâmetros técnicos), quantitativo (ou seja, que pode ser expresso numericamente), que indica o nível de desempenho (Exemplos: produtividade, rendimento, grau de pureza, etc.) a ser alcançado pelo produto/processo em desenvolvimento para que ele seja competitivo com as tecnologias já disponíveis. O CTR determina, portanto, o alvo a ser superado para que a tecnologia em desenvolvimento possa avançar na escala de maturidade (Capdeville; Alves; Brasil, 2017, p. 18).

O CTR deve ser obtido por meio de avaliações técnico-econômicas de patentes, artigos científicos e relatórios de desempenho de tecnologias similares disponíveis no mercado. Em contrapartida, o CTA se refere ao coeficiente obtido de forma experimental para a tecnologia em desenvolvimento utilizando o mesmo sistema de aferição/parâmetro técnico utilizado para o CTR da tecnologia analisada. Logo, o valor numérico do CTA tende a variar a cada nível de escala TRL/MRL, por conta do fato de que novos experimentos são realizados nas diferentes condições e configurações que cada nível de maturidade tecnológica requer (Capdeville; Alves; Brasil, 2017, p. 18).

A comparação entre os coeficientes CTR e CTA é considerada uma etapa fundamental para a confirmação do progresso na escala TRL/MRL. No estágio TRL/MRL 3, nota-se que o CTA consistentemente apresenta valores inferiores ao CTR. Entretanto, a partir do estágio TRL/MRL 4, é estipulado que o CTA deve igualar-se ou superar o CTR, levando em consideração as condições específicas definidas para cada nível de maturidade (vide Tabela 2).

No Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia (2017), é apresentado um sistema de avaliação utilizado internamente pela própria instituição para avaliar ideias e hipóteses de seu grupo de pesquisa para a concepção de novas soluções e produtos. Este sistema de gestão de pesquisa e desenvolvimento integrado com transferência de tecnologia entre seu instituto e a aplicação dos resultados no mercado alia dois modelos de avaliação. Ele tem como base os TRLs, que servem como índices sobre os quais estágios de desenvolvimento tecnológico são definidos, denominados *Stage-gates*. A ideia fundamental deste modelo é a presença de *gatekeepers* que avaliam interativamente o curso do projeto conforme o nível de maturidade da tecnologia desenvolvida e só deixam o projeto prosseguir ao longo dos estágios, além dos diferentes focos de atividades conforme o estágio ou *Stage-gate* no qual o projeto se encontra. Enquanto a maturidade de tecnologia está dividida em 7 níveis no contexto da Embrapa, há 5 *Stage-gates* para o processo de desenvolvimento. Cada *gate* (ou portão, em tradução livre) engloba um nível TRL de 1 a 7 correspondente a seu número, com exceção do quarto e quinto *gates*, que englobam 4, 5 e 6, 7, respectivamente.

O primeiro estágio de atividades corresponde às atividades relativas ao primeiro nível TRL. Isto é, a observação dos princípios básicos em laboratório. Neste estágio, o comitê técnico interno do Embrapa age como filtro de ideias, sendo que apenas

hipóteses para projetos alinhados às expectativas passam por este estágio após escrutínio e teste teórico.

No segundo estágio, TRL 2, os conceitos estão definidos e a viabilidade tecnológica é avaliada. Aqui são identificadas as tecnologias necessárias para desenvolvimento da solução a ser entregue ao mercado, além de tempo e recursos necessários para tal. O comitê técnico interno, como *gatekeeper*, agora age como filtro de viabilidade de implementação tecnológica, avaliando possibilidade e orçamentos do desenvolvimento e recursos humanos e garantindo que os projetos estejam adequados ao modelo de negócios da agenda do Embrapa.

No índice TRL 3 há a pesquisa e desenvolvimento ativos para a demonstração da viabilidade tecnológica na forma de uma prova de conceito laboratorial. Assim, no terceiro estágio, os grupos de pesquisa e parceiros desenvolvem experimentos em laboratório e os apresentam ao comitê técnico interno para validação. Além disso, o projeto é avaliado quanto às conformidades de propriedade intelectual, questões regulatórias e contratuais pelo comitê local de propriedade intelectual. Sendo assim, há dois órgãos funcionando como *gatekeepers*. A partir deste estágio, a tecnologia que passa pelos *gatekeepers* segue para o desenvolvimento propriamente dito (Capdeville; Alves; Brasil, 2017, p. 33).

No quarto estágio são englobados os níveis TRL 4 e 5, nas quais há a validação conceitual da tecnologia por meio de provas de conceito. No nível TRL 4 a validação é feita em ambiente laboratorial, com arranjos experimentais básicos, e no TRL 5, a aplicação é testada em experimentos em ambientes físicos relevantes ao contexto da configuração da aplicação final do projeto. Assim, análises exploratórias da aplicação dos conceitos na prática já podem ser feitas, incluindo as aplicações comerciais, vantagens competitivas advindas do projeto, o mercado-alvo atingido e potenciais concorrências. Neste portão, então, são avaliadas questões mercadológicas e operacionais que, caso precisem de ajustes, retornam a tecnologia a níveis de maturidade anteriores. Caso contrário, o projeto prossegue para o último estágio.

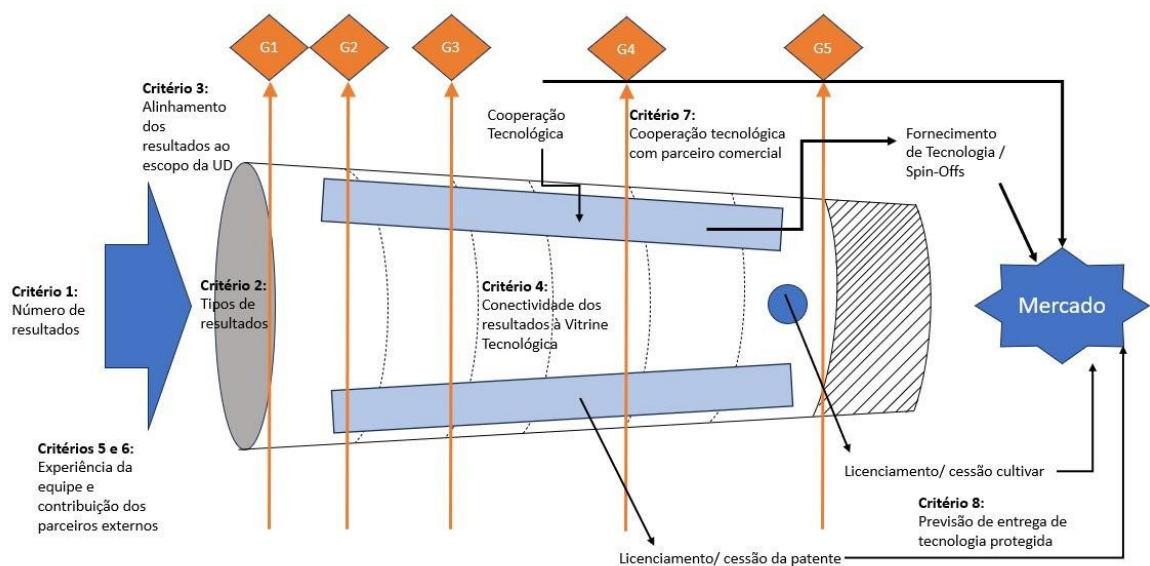
Embora os níveis de maturidade tecnológicas 6 e 7 não sejam os últimos da escala, a Embrapa apenas se propõe a continuar o projeto internamente até estes níveis. Uma vez que a tecnologia ultrapassa esta etapa, ela é lançada ao mercado e não faz mais parte do macroprocesso de inovação interno. Os TRL 6 e 7 fazem parte do quinto estágio, *go to business*. Neste *Stage-gate*, o objetivo é de obter protótipos

avaliados em escala piloto e pré-operacionais, buscando atingir os níveis TRL 6 e 7 (Capdeville; Alves; Brasil, 2017, p. 43).

Durante a fase de experimentação para atingir TRL 6 emprega-se um modelo técnico-econômico para assegurar que a modelagem de componentes técnicos do protótipo ocorra em menor custo e maior lucro, e a análise de viabilidade técnicoeconômica para analisar de forma quantitativa a viabilidade econômica dos produtos, processos e/ou serviços de base tecnológica (Capdeville; Alves; Brasil, 2017, p. 43).

Este processo descrito, e ilustrado na Figura 2, ocorre por meio de profissionais da área de pesquisa relacionados à modelagem do processo/engenharia e por profissionais relacionados à modelagem econômica. Pode-se observar uma ilustração do Modelo de Inovação e Transferência de Tecnologia utilizado pela Embrapa Agroenergia abaixo:

Figura 2: Modelo de Inovação e Transferência de Tecnologia Embrapa



Fonte: Adaptado da referência [7]

Legenda: Ilustração de um funil ilustrando o modelo de inovação e transferência de tecnologia contendo os critérios utilizados e indicando onde cada etapa do processo ocorre até o atingimento do mercado.

2.4 – Transferência Tecnológica

A percepção e a conceituação a respeito da transferência tecnológica são relativamente recentes, e por isso sua definição ainda não está estritamente

delimitada. Bozeman (2000) escreve em sua revisão da pesquisa e teoria de transferência de tecnologia que este processo é difícil de se definir com precisão, pois o termo foi utilizado para descrever uma enorme variedade de interações entre diferentes instituições. Além disso, de acordo com o trabalho de pesquisa, contexto e área de estudo, diferentes definições são mais convenientes.

De um modo geral, pode-se definir a transferência tecnológica como a movimentação de conhecimento, perícia, conhecimento técnico ou tecnologia de um tipo de organização para outro. Esta definição engloba vários contextos, incluindo o ambiente relevante para este trabalho: a transferência de conhecimento gerado nas universidades para aplicação prática e tecnológica para a indústria, governo e sociedade (Bozeman, 2000).

Essa prática é muito benéfica, pois viabiliza que conhecimentos transitem entre diferentes instituições proporcionando um diálogo entre pesquisa e prática, podendo aliar os recursos financeiros e práticos de empresas com políticas públicas e incentivos governamentais junto de perícia, estudo e conhecimento do estado da arte de institutos de pesquisa.

A prática de transferência tecnológica traz benefícios em uma variedade de campos, promovendo inovação, crescimento econômico e progresso social. Segundo Gorschek et al. (2006), isto se dá por meio de uma diversidade de fatores. O primeiro deles são as vantagens da presença de pesquisadores no cenário comercial e industrial. Esta presença ajuda a pesquisa a traçar objetivos baseados em problemas e demandas reais da indústria, trazendo resultados técnicos mais relevantes para a área. Assim, os pesquisadores funcionam como uma ponte entre as demandas, soluções atuais existentes na indústria e o estado da arte estudado na academia. Em contraste, os profissionais praticantes nas empresas verificam as soluções propostas quanto a sua viabilidade a partir da sua experiência prática na área e, posteriormente, validar as soluções (Gorschek; Garre; Larsson; Wohlin, 2006).

Além disso, o esforço de diferentes profissionais e recursos vindos de diferentes áreas, incluindo academia, indústria e governo promovem uma colaboração benéfica. A influência do ambiente profissional ajuda a equipe de pesquisa através da transferência de habilidades e cultura organizacional das empresas a entregarem melhores resultados (Gorschek; Garre; Larsson; Wohlin, 2006).

Existem diferentes modelos de transferência tecnológica propostos, com diferentes contextos, estratégias e áreas de aplicação. Na revisão feita anteriormente,

é possível explorar uma intersecção interessante entre a geração de tecnologia e conhecimento de uma agência de pesquisa governamental imersa na indústria nacional, modelos de transferência de tecnologia, políticas públicas e considerações legais (Capdeville; Alves; Brasil, 2017).

No trabalho de Gorschek et al. (2006) é apresentado um modelo alinhado com o contexto acadêmico, e voltado a práticas para a aplicação de conhecimento e pesquisa de uma universidade na indústria, com o objetivo de apresentar um método com passo-a-passo para um pesquisador interagir com empresas da área. Também, Arenas e González (2018) oferecem uma revisão de artigos da área de colaboração entre universidades e indústria. O trabalho permite traçar uma visão panorâmica da área de transferência de tecnologia, de modo geral, e fornece observações específicas para o contexto acadêmico em universidades.

Arenas e González (2018) revisaram sessenta e seis outros artigos sobre transferência tecnológica, e propuseram uma revisão sistemática e acadêmica da área, resumindo os modelos apresentados, tirando conclusões e descrições sobre os elementos comuns entre eles. Uma das contribuições principais deste artigo é a definição de terminologia comum e de um framework a partir do qual outras estratégias e modelos podem ser descritos, além de servir como um guia para processos de transferência. Além disso, importantes conclusões são tiradas a partir de outras revisões e de artigos que explicam estudos de caso de transferências tecnológicas. O trabalho busca definir transferência tecnológica de maneira genérica e que englobe as diferentes definições de outros artigos estudados. Assim, são definidos os seguintes elementos de uma transferência: objeto, meio de transferência, mecanismo, modalidade, rendimento e estágio de uso da tecnologia.

O objeto é o item transferido do transmissor para o receptor. Pode ser conhecimento científico, técnico ou metodológico, ou até designs e protótipos. O meio de transferência é a forma de apresentação do objeto transferido, enquanto que o mecanismo é a ferramenta que permite o objeto ser transferido. Por exemplo, enquanto que discussões informais, publicação de artigos ou apresentações podem ser meios, mecanismos de transferência podem ser licenças, contratos de venda, spin-offs de empresas criadas por universidades. O artigo também define modalidade de transferência formal, na qual o objetivo é transferir o objeto, e informal, na qual o objeto é apresentado por si só e no processo gera a transferência. O rendimento é o resultado da transferência de tecnologia, por exemplo, a geração de uma nova

empresa ou o uso da tecnologia com restrições legais. O estágio do uso da tecnologia é a fase na qual este conhecimento está sendo utilizado, seja ela a exploração dos conceitos, a validação ou se já estão em uso e tirando proveito de seus resultados.

As considerações de Arenas e González (2018) se dividem em elementos complementares para colaboração, políticas públicas e percepções do próprio método utilizado no estudo. O primeiro dos elementos complementares propostos é a criação de um escritório de transferência tecnológica. Justifica-se a necessidade de um centro de gerenciamento a partir da citação de vários fatores e artigos, como a necessidade de dedicação de tempo para lidar com problemas únicos que não seriam de responsabilidade nem dos pesquisadores nem da indústria receptiva de tecnologia. Por exemplo, traduzir os conteúdos de uma publicação científica em conhecimento acionável, convencer as partes interessadas da indústria, proteger a propriedade intelectual dos pesquisadores, além de divulgar e comercializar pesquisa acadêmica. Todos estes fatores implicam a necessidade de um agente exclusivamente responsável por desafios únicos da transferência tecnológica em si.

Outro elemento de suma importância é a criação de políticas públicas pela Administração Pública, como instrumento de promoção da transferência de tecnologia. O Estado, assim, é claramente identificado como peça fundamental para facilitar a criação de empreendedorismo e inovação na engenharia ao criar o arcabouço legal e políticas para estimular pesquisas de valor tecnológico. O apoio de uma universidade, indústria ou governo é fundamental para empreendimentos baseados em tecnologia gerada nas universidades, e para tanto é necessário o respaldo jurídico, políticas de apoio e investimento para proteger a propriedade intelectual gerada ao mesmo tempo que permita acesso eficiente à tecnologia e sem sacrificar a capacidade de ensino da universidade. Seguindo estas motivações, o trabalho de Gorschek et al. (2006) propõe um guia passo-a-passo para a implementação de uma transferência de tecnologia colaborativa que pode ser seguido na cooperação entre universidades e empresas.

A proposta de Gorschek et al. (2006) consiste em uma sequência com 7 passos. O primeiro é identificar áreas para melhorar baseadas em necessidades da indústria; parte fundamental da transferência tecnológica é justamente a aderência da pesquisa feita na universidade às demandas reais da indústria. Isto deve ser respeitado desde o começo da pesquisa, sendo que os temas e problemas a resolver devem ser observados diretamente da prática. Então, deve-se formular um cronograma e

metodologia de pesquisa. Além disso, neste passo, no processo de determinação do problema e proposta da solução deve-se manter laços próximos com a indústria, entendendo demandas, vocabulário, aprendendo e observando as práticas da empresa.

O terceiro passo é formular uma solução candidata. O artigo propõe a utilização de um modelo de engenharia de requisitos para propor uma solução acadêmica para um problema diagnosticado nos passos anteriores em colaboração com os profissionais da área. É importante a troca bilateral de conhecimento neste passo, já que enquanto os pesquisadores têm melhor conhecimento do estado da arte da tecnologia em questão e detém maior perícia de pesquisa, os funcionários podem verificar a viabilidade da aplicação das soluções propostas na prática.

Uma vez feita a pesquisa, a validação da solução deve ser feita em vários estágios. Primeiro, deve-se validar a solução em laboratório. Esta validação deve ser feita para obter resultados e corrigir erros antes de utilizar e potencialmente desperdiçar recursos da indústria e para apresentar um projeto válido para ser testado. Então, a solução deve ser apresentada à indústria. Durante esta apresentação, partes interessadas como gestores da empresa devem ser consultados e convencidos do valor da proposta, além de fornecer feedback e propor ajustes. Finalmente, a solução é testada na prática num projeto piloto para sua avaliação final e correção dos problemas práticos da implementação do projeto. Após passar por todos os passos de validação, a solução pode ser implementada efetivamente para a empresa.

Com os múltiplos benefícios potenciais ao promover a transferência tecnológica no contexto de aplicação de pesquisas realizadas em universidades para serem aplicadas na indústria e com o algoritmo para sua efetiva aplicação, é interessante o estudo de métricas de avaliação deste processo. Universidades têm recursos finitos, além de que os esforços de um escritório de transferência tecnológica não podem interferir nos outros objetivos da instituição, o ensino e a pesquisa. Avaliar e aplicar técnicas de medição de desempenho é importante para garantir que a transferência está sendo feita de maneira eficiente e impactante nas indústrias.

Anderson, Daim e Lavoie (2007) avaliam escritórios de transferência tecnológica de várias universidades renomadas, a partir de diversas métricas. Um dos fatores analisados são as licenças e patentes geradas a partir de resultados de pesquisas feitas na universidade, porém não é apenas o número de registros que é apontado. As patentes são avaliadas a partir da quantidade de licenças de uso

geradas, além do lucro gerado destas licenças, de modo que o impacto e interesse da indústria nas patentes é melhor considerado.

Além disso, são registradas o número de empresas startup provenientes destas tecnologias e seus lucros. Todos estes valores são comparados com o investimento financeiro em pesquisa da universidade e conclusões sobre a eficiência dos gastos e esforços do escritório de transferência tecnológica podem ser tiradas. Esta metodologia indica que métodos simples como contar a quantidade de patentes depositadas não são suficientes para avaliar corretamente a eficiência destes esforços. Diversas distorções são combatidas pelo uso desta metodologia, como pesquisas que geram startups não necessariamente estarem representadas em número de patentes, ou patentes especialmente lucrativas e impactantes serem subrepresentadas contra um número maior de patentes registradas que não necessariamente são emitidas.

3 – CONCLUSÃO

Este trabalho compilou conceitos fundamentais para a compreensão de um modelo de inovação para empreendimentos de base tecnológica, com foco na estruturação de startups em escolas de engenharia.

Ao revisitar os benefícios da transferência tecnológica, fica claro que esse processo não apenas impulsiona a inovação, mas também desempenha um papel vital no avanço econômico e social. Os resultados deste estudo ressaltam que a transferência efetiva de tecnologia contribui para a criação de novos produtos, bem como para o fortalecimento de setores industriais. A sinergia entre instituições de pesquisa, indústrias e o governo, como evidenciada pelos casos analisados, destaca a importância de estratégias eficazes de transferência tecnológica.

Verifica-se que a implementação de um escritório de transferência de tecnologia é uma iniciativa estratégica para estimular o potencial impacto industrial inexplorado de nossas instituições de pesquisa. Este órgão pode agir como um facilitador central, conectando pesquisadores a potenciais parceiros industriais, gerenciando eficientemente a propriedade intelectual e promovendo uma cultura empreendedora.

A criação de um escritório de transferência de tecnologia pode fortalecer os laços entre a universidade e a indústria, e também pode estimular a formação de novas empresas e a geração de receitas por meio de acordos de licenciamento, impulsionando a inovação e o desenvolvimento econômico sustentável. Além disso, ao centralizar os esforços deste tipo de iniciativa em um escritório dedicado, é possível auxiliar pesquisadores e profissionais da indústria na gestão dos desafios desta cooperação.

O estudo das propostas de algoritmos para a transferência tecnológica efetiva nos artigos revisados evidencia as lições aprendidas no passo-a-passo analisado. Este algoritmo pode ser seguido como guia nas futuras interações entre universidade e empresas parceiras. Primeiramente, destaca-se a importância do contato próximo entre pesquisadores acadêmicos e profissionais da indústria, ressaltando a necessidade de uma colaboração efetiva para garantir a relevância prática das soluções propostas. Além disso, as soluções provenientes da academia devem atender demandas reais da indústria, visando sua viabilidade aplicada.

Por fim, a validação escalonada das soluções, começando com testes laboratoriais, seguidos de apresentação à empresa parceira e somente então a

implementação em um teste piloto. Essas lições oferecem uma visão holística da transferência de tecnologia, enfatizando a interconexão entre pesquisa acadêmica e aplicação prática, com processo de validação iterativo para garantir eficácia e sucesso na implementação.

A análise das métricas de avaliação de escritórios de transferência tecnológica, incluindo patentes registradas, o sucesso de startups originadas de pesquisas e acordos de licenciamento, em relação ao investimento em pesquisa, destaca a necessidade de uma abordagem mais holística na medição de sua eficiência. Enquanto essas métricas oferecem indicadores tangíveis, a ênfase deve ser colocada não apenas na quantidade, mas na qualidade e na influência real no mercado e na sociedade. Propõe-se, portanto, que o modelo de avaliação a ser utilizado seja mais abrangente, levando em consideração não apenas os resultados financeiros, mas também o impacto social, a capacidade de inovação contínua e a sustentabilidade a longo prazo.

4 –

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T, DAIM, T., LAVOIE, F. **Measuring the efficiency of university technology transfer**. Technovation, v 27, Issue 5, p 306-318, 2007.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção de conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2007.

ARAÚJO-JORGE, T.; CONDE. M. **Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde**. Ciência & Saúde Coletiva, v.8, n.3 pp. 727-741, 2003.

ARENAS J., GONZÁLEZ D. **Technology Transfer Models and Elements in the University-Industry Collaboration**. Administrative Sciences, 2018.

BOZEMAN, B. **Technology transfer and public policy: a review of research and theory**. Research Policy, v. 29, n. 4–5, 2000, pp. 627-655. 2000.

BRUNO-FARIA, M.; FONSECA, M. Cultura de Inovação: conceitos e modelos teóricos. **RAC Revista de Administração Contemporânea**, vol. 18, n. 4, pp. 372-396, 2014.

CAPDEVILLE, G. de; ALVES, A. A.; BRASIL, BSAF. **Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia: gestão estratégica integrada de P&D e TT**. 2017.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI JR, R.; DE PAULA PESSÔA, M. S.; LAURINDO, F. J. B. **Equivalência e completeza: análise de dois modelos de maturidade em gestão de projetos**. Revista de Administração-RAUSP, São Paulo, v. 40, n. 3, pp. 289-300, 2005.

CHESBROUGH, Henry. VANHAVERBEKE, Wim. WEST, Joel and eds. **Open Innovation: Researching a New Paradigm**. Oxford: Oxford University Press, 2006.

DE PAULA, C. **Análise do Grau de Inovação das Micro e Pequenas Empresas do Segmento Alimentício Atendidas pelo Programa Agentes Locais de Inovação na Região Oeste do Estado de Goiás**. 2014. Dissertação (Mestrado em Administração) Faculdade Alves Faria, 2014.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance**. Londres: Pinter Publishers London and New York, 1987.

FREEMAN, C. **The economics of industrial innovation**. Cambridge: The MIT Press, 1982.

GORSCHKE, T., GARRE, P., LARSSON S., WOHLIN C. **A Model for Technology Transfer in Practice**. IEEE Software, v 23, no. 6, pp. 88-95, Nov.-Dec. 2006.

JEPPESEN, Lars B.; MASKELL, Peter; POWEL, Woody. **Distributed Innovation. Stanford University**, March 27 – 28, 2008. Disponível em: http://www.druid.dk/fileadmin/images/dokumenter/SCANCOR_DRUID_5.pdf . Acesso em: 20 mai. 2024.

JOHSON, B. e LUNDVALL, B. A. “Promoting innovation systems as a response to the globalising learning economy”. **International Seminar on Local Productive Clusters and Innovation Systems and New Industrial and Technological Policies**. Universidade do Rio de Janeiro, set. 2000.

LOHR, Steve. **Modelos de inovação aberta exigem planejamento**, The New York Times. Disponível em: <https://www.terra.com.br/busca/?q=interna/html&curl=http://tecnologia.terra.com.br/interna/html#gsc.tab=0&gsc.q=interna%2Fhtml&gsc.page=1> . Acesso em: 19 abr. 2024.

LOPES M., TEIXEIRA A. A.C. Open Innovation in Firms Located in an Intermediate Technology Developed Country. **Institute for systems and computer engineering of Porto**, n.4, mar. 2009. Disponível em: < <http://metasetix.insecporto.pt/RePec/pdf> >. Acesso em: 20 mai. 2024.

MACHADO, D.; DE CARVALHO, L.; HEINZMANN, L. M. Ambiente favorável ao desenvolvimento de inovações e cultura organizacional: integração de duas perspectivas de análise. **Revista de Administração**, vol. 47, n. 4, pp. 715-729, 2012.

MANKINS, J. C. **Technology Readiness Levels**. ARTEMIS INNOVATION, 1995. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004Edited.pdf . Acesso em: 03 mai. de 2024.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE), **Main Science and Technology Indicators, 2011/2 e Brasil**: Coordenação Geral de Indicadores (CGIN) – ASVAC/SEXEC – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Disponível em <http://www.MCTI.gov.br/index.php/content/view/336607.html>. Acesso em 17 out. 2023.

PRAHALAD, C. K.; KRISHNAN, M. S. **A Nova Era da Inovação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

ROSA, Adriano Carlos Moraes. **Modelo de referência para inovação aberta em empresas de base tecnológica**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, 2019.

SCHEIN, E. **Organizational Culture and Leadership**. 2ª. ed. San Francisco EUA: JosseyBass, 1992

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

TRENTINI, A; FURTADO, I; DERGINT, D; REIS, D; CARVALHO, H. Inovação Aberta e Inovação Distribuída, Modelos diferentes de Inovação. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 5, n. 1, pp. 88-109, 2012.