

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES
Mestrado em Ciências Ambientais

TAINÁ TAVARES DE CARVALHO



**A complexidade ecossistêmica em *startups deep tech*:
Interdependências, barreiras e estratégias**

Programa de Pós-Graduação
em Ambientes Litorâneos
e Insulares - UNESPAR

Paranaguá

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES
Mestrado em Ciências Ambientais

TAINÁ TAVARES DE CARVALHO

**A complexidade ecossistêmica em *startups deep tech*: Interdependências,
barreiras e estratégias**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares – PALI – da Universidade Estadual do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Henrique Lermen

Coorientadora: Prof^a. Dr^a Sânia da Costa Fernandes

Paranaguá

2026

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNESPAR e Núcleo de Tecnologia de Informação da UNESPAR, com Créditos para o ICMC/USP e dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Tavares de Carvalho, Tainá
A complexidade ecossistêmica em startups deep tech: Interdependências, barreiras e estratégias / Tainá Tavares de Carvalho. -- Paranaguá-PR, 2026.
101 f.: il.

Orientador: Fernando Henrique Lermen.
Coorientador: Sânia da Costa Fernandes.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Ambientes Litorâneos e Insulares) -- Universidade Estadual do Paraná, 2026.

1. Ecossistemas deep tech. 2. Sustentabilidade. 3. Orquestração de ecossistema. 4. Nested. 5. Ecossistemas aninhados. I - Lermen, Fernando Henrique (orient). II - da Costa Fernandes, Sânia (coorient). III - Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ

Campus de Paranaguá

Credenciado pelo Decreto Estadual nº. 5.029/2016 - DOE 15/09/2016
Rua Comendador Correa Junior - CEP: 83203-560
PARANAGUÁ - PR

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa da Dissertação intitulada **A complexidade ecossistêmica em startups deep tech: Interdependências, barreiras e estratégias**, sob orientação de FERNANDO HENRIQUE LERMEN e coorientação de SÂNIA DA COSTA FERNANDES, apresentada pela discente **Tainá Tavares de Carvalho (20251PNG.PALI.20200036)** do Curso **MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES (Paranaguá)**. Os trabalhos foram iniciados às 09h pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Fernando Henrique Lermen** (Presidente e orientador)
- **Sânia da Costa Fernandes** (Coorientadora)
- **Sandro Valdecir Deretti Lemes** (Examinador Interno)
- **Paola Graciano De Souza** (Examinadora Externa)
- **Valderice Herth Junkes** (Examinadora Externa)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da Dissertação, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pela discente, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado

Reprovado


Nota (quando exigido): _____

Observação / Apreciações:


O trabalho recebeu sugestões referentes a introdução geral, para ajustar o alinhamento com o PALI, adaptações no método de trabalho e relação com sustentabilidade. Dentro dos artigos 1 e 2, sugestões de melhorias foram propostas. E na conclusão, relação com o PALI. O orientador, a coorientadora e a mestranda, propuseram-se a concluir os ajustes em 30 dias.

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu, **FERNANDO HENRIQUE LERMEN** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.


Paranaguá / PR, 13/03/2026

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO HENRIQUE LERMEN**
Data: 30/04/2026 11:23:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Fernando Henrique Lermen

Documento assinado digitalmente
 **SANDRO VALDECIR DERETTI LEMES**
Data: 30/04/2026 13:54:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Sandro Valdecir Deretti Lemes

Documento assinado digitalmente
 **SANIA DA COSTA FERNANDES**
Data: 30/04/2026 11:17:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Sânia da Costa Fernandes

Documento assinado digitalmente
 **PAOLA GRACIANO DE SOUZA**
Data: 30/04/2026 11:52:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Paola Graciano De Souza

Documento assinado digitalmente
 **TAINA TAVARES DE CARVALHO**
Data: 30/04/2026 14:03:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tainá Tavares de Carvalho

Documento assinado digitalmente
 **VALDERICE HERTH JUNKES**
Data: 30/04/2026 11:28:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Valderice Herth Junkes

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe, que esteve todo o tempo ao meu lado e é meu exemplo de bravura e honestidade. E ao meu orientador, que foi incansável em me auxiliar durante todo o processo.

"Pois, desde que Deus criou o mundo, as suas qualidades invisíveis, isto é, o seu poder eterno e a sua natureza divina, têm sido vistas claramente. Os seres humanos podem ver tudo isso nas coisas que Deus tem feito e, portanto, eles não têm desculpa nenhuma."

Romanos 1:20

AGRADECIMENTOS

O trabalho foi extenso e agradecer àqueles que me ajudaram em todo o processo faz-se mais do que necessário. Nesses dois anos de estudo e pesquisa estive envolvida com dezenas de pessoas e gostaria de mencioná-las em forma de gratidão.

Primeiramente sou grata à Deus pelo dom da vida, pela força e sabedoria que me fizeram chegar até aqui. Sua presença ao longo do caminho me fortaleceu a fé e a confiança de que conseguiria.

À minha família que esteve ao meu lado me apoiando. À minha mãe Márcia que não deixou a peteca cair por nenhum momento e esteve presente comigo, literalmente, em todo esse tempo. À minha avó Nazareth, por todo o cuidado, apoio e sabedoria compartilhados ao longo da minha vida, que foram essenciais para a realização deste trabalho. Ao meu pai Ney e irmão Tiago que, mesmo distante, me amaram e contribuíram para que isso fosse possível. Ao meu namorado Rodrigo por me motivar nas horas difíceis e se fazer presente, mesmo que de outro estado, obrigada pelo carinho e amor que dedicas à mim.

Ao meu orientador Prof. Fernando Henrique Lermen. Essas linhas são poucas para dizer o quanto você é especial e como acreditou em mim, mesmo quando eu não acreditava. Obrigada por ser presente, constante e tão dedicado. Seu ensino se perpetuará através dos anos em cada aluno que terá o privilégio de ser seu orientado. Obrigada por tanto!

À minha coorientadora Prof^ª. Sânia da Costa Fernandes que contribuiu para que este trabalho evoluísse o tanto que evoluiu. À sua sabedoria e disponibilidade em me auxiliar sempre que necessário.

Às minhas amigas e bolsistas de Iniciação Científica, Ana Roberta, Joyce e Katheryn, pelo belíssimo trabalho que realizaram, a dedicação de vocês foi fundamental para a construção deste estudo. Vocês tem um lindo caminho pela frente pois são incríveis e resilientes.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares, PALI, pela oportunidade de realizar esta pesquisa e a todos os professores que ministraram as matérias necessárias à minha formação.

À Universidade Estadual do Paraná campus Paranaguá, pela concessão da bolsa de mestrado.

À equipe VRS (Vocações Regionais Sustentáveis) que me trouxe grande aprendizado e também boas amizades como a Prof^ª Mônica, Ana, Azu, Larissa, Larissa P e o Prof Fernando que nos orientou e esteve conosco nas comunidades ribeirinhas do Litoral do Paraná.

À *startup* GoGenetic, por nos receber e pela disponibilidade em colaborar com esta pesquisa, possibilitando o acesso às informações e às entrevistas que tornaram este estudo possível. Aos atores do seu ecossistema, pela abertura, confiança e colaboração durante a realização das entrevistas.

Aos meus colegas do PALI que estiveram comigo nesses dois anos: Ana, André R, André T, Azu, Brenda, Felipe, Jéssica, Juliane, Larissa, Lidia, Luciane, Maressa, Milena, Nathamy, Rafael, Vanessa sem vocês não teria a menor graça.

Por fim, mas não menos importante à banca, que se dispôs em ler e melhorar este trabalho. Obrigada Prof^ª Paola, Prof Sandro e Prof^ª Valderice.

RESUMO

Startups deep tech são empresas baseadas em ciência avançada, com alto risco e grande potencial de impacto, fundamentadas em avanços científicos complexos em longos ciclos de maturação, o que as torna dependentes de ecossistemas colaborativos robustos. Embora a literatura sobre ecossistemas de inovação e *deep tech* tenha avançado nos últimos anos, ainda são limitados os estudos empíricos que examinam como essas organizações enfrentam barreiras estruturais, mobilizam estratégias e aninham e transitam entre diferentes ecossistemas. Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: Como uma startup deep tech do setor genético identifica barreiras, seleciona estratégias e orquestra suas relações em múltiplos ecossistemas interdependentes ao longo de sua trajetória? Esta pesquisa teve como objetivo identificar e inter-relacionar as barreiras e estratégias temporais que influenciam o desenvolvimento de uma *startup deep tech* brasileira do setor genético, e analisar como ela orquestra e transita entre diferentes camadas de ecossistemas ao longo de sua trajetória. A metodologia de abordagem qualitativa inclui: (i) Revisão Sistemática da Literatura; (ii) Entrevistas semiestruturadas; (iii) análise de conteúdo; (iv) Modelagem Estrutural Interpretativa; e (v) análise *Fuzzy* MICMAC. Os resultados revelaram que as barreiras estruturantes (raízes) do sistema são a falta de regulamentação específica, a alta burocracia e a baixa maturidade organizacional, as quais condicionam gargalos operacionais e resultam em altos custos de pesquisa e desenvolvimento e necessidade de elevado investimento em capital humano. Para mitigá-los, a *startup* utiliza um núcleo estratégico focado em governança colaborativa, parcerias estratégicas e posicionamento técnico. No que tange à orquestração entre diferentes tipos de ecossistemas, o estudo demonstra que a *startup* não opera em um único ambiente, mas em configurações aninhadas de ecossistemas de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios. Identificou-se uma "transição cumulativa", na qual a *startup* avança comercialmente sem abandonar suas bases científicas, atuando como orquestradora por meio de uma governança híbrida (centralização estratégica e descentralização operacional). Conclui-se que o sucesso das *startups deep tech* reside na capacidade de modular e recombinar recursos em múltiplas camadas, garantindo vantagem competitiva em ambientes de alta incerteza e o estudo contribui ao integrar barreiras e estratégias e propor um modelo de ecossistemas aninhados que explica a dinâmica de desenvolvimento de uma *startup deep tech*.

Palavras-chave: ecossistemas de inovação; orquestração de ecossistemas; *nested*.

ABSTRACT

Deep tech startups have emerged as engines of high-impact innovation, grounded in complex scientific advances and characterized by long maturation cycles, which make them highly dependent on robust collaborative ecosystems. Although the literature on innovation ecosystems and deep tech has advanced in recent years, empirical studies examining how these organizations confront structural barriers, mobilize strategies, and embed and transition across different ecosystems remain limited. This study aimed to identify and interrelate the barriers and temporal strategies that influence the development of a Brazilian deep tech startup in the genetics sector, and to analyze how it orchestrates and transitions among different ecosystem layers throughout its trajectory. The methodology followed the Design Research Methodology, employing a qualitative and multimethod approach that included: (i) a Systematic Literature Review; (ii) 44 semi-structured interviews with various ecosystem actors; (iii) content analysis; (iv) Interpretive Structural Modeling; and (v) Fuzzy MICMAC analysis. The results reveal that the system's foundational (root) barriers are the lack of specific regulation, high bureaucratic burden, and low organizational maturity, which condition operational bottlenecks and result in high research and development costs and the need for substantial investment in human capital. To mitigate these challenges, the startup employs a strategic core focused on collaborative governance, strategic partnerships, and technical positioning. Regarding orchestration across different ecosystem types, the study demonstrates that deep tech startups do not operate within a single environment but rather within nested configurations of knowledge, entrepreneurial, innovation, and business ecosystems. A "cumulative transition" was identified, in which the startup advances commercially without abandoning its scientific foundations, acting as an orchestrator through hybrid governance (strategic centralization combined with operational decentralization). The findings indicate that the success of deep tech startups lies in their ability to modulate and recombine resources across multiple ecosystem layers, ensuring sustainability and competitive advantage in highly uncertain environments.

Keywords: Deep tech startups; innovation ecosystems; barriers; strategies; ecosystem orchestration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. TEMA.....	17
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.3. JUSTIFICATIVA	18
1.4. METODOLOGIA	19
1.4.1. Escopo da pesquisa.....	20
1.4.2. Método de pesquisa.....	21
1.4.3. DRM.....	21
1.5. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	24
1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
2. ARTIGO 1: BARREIRAS E RESPOSTAS ESTRATÉGICAS EM ECOSISTEMAS DE INOVAÇÃO DEEP TECH: EVIDÊNCIAS DO SETOR DE BIOTECNOLOGIA	26
2.1. INTRODUÇÃO.....	26
2.2. MÉTODO.....	28
2.2.1. Revisão sistemática da literatura	29
2.2.2. Entrevistas semiestruturadas.....	31
2.2.3. Aplicação do ISM e MICMAC	32
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
2.3.1. Barreiras.....	35
2.3.2. Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM).....	42
2.3.3. <i>Fuzzy</i> MICMAC	46
2.3.4. Estratégias.....	47
2.4. IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS	52
2.5. CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO 2.....	55
3. ARTIGO 2: ANINHAMENTO ECOSISTÊMICO PARA INOVAÇÃO DEEP TECH: UMA ANÁLISE MULTINÍVEL NO SETOR DE BIOTECNOLOGIA.....	59
3.1. INTRODUÇÃO.....	60
3.2. ECOSISTEMAS MULTICAMADAS E ORQUESTRAÇÃO EM CONTEXTOS DEEP TECH.....	62
3.2.1. Fundamentos conceituais da pesquisa de ecossistemas	62
3.2.2. Tipologias de Ecossistemas: Uma Perspectiva em Camadas	63
3.2.2.1. Ecossistemas de Conhecimento	64
3.2.2.2. Ecossistemas Empreendedores	65
3.2.2.3. Ecossistemas de Inovação	66
3.2.2.4. Ecossistemas de Negócios.....	67
3.2.3. Orquestração de ecossistemas em contextos de tecnologia avançada.....	68
3.2.3.1. Especificidades de <i>startups deep tech</i>	68
3.2.3.2. Desafios de Orquestração	70
3.2.3.3. Capacidades de Orquestração.....	71
3.3. METODOLOGIA.....	72

3.3.1. Coleta de Dados	72
3.3.2. Análise de Conteúdo	75
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
3.4.1. Ecossistema de conhecimento	80
3.4.2. Ecossistema de empreendedor	81
3.4.3. Ecossistema de inovação	82
3.4.4. Ecossistema de negócios	83
3.4.5. Transição entre ecossistemas	84
3.5. IMPLICAÇÕES E CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO 3	89
4. CONCLUSÃO	92
4.1. RELAÇÃO DO TRABALHO COM A SUSTENTABILIDADE	93
4.1.1 Percepção geral dos atores	93
4.1.2. Práticas adotadas, prioridades e metas compartilhadas	94
4.1.3. A sustentabilidade nas barreiras e estratégias	95
4.1.4. A sustentabilidade nos ecossistemas	96
4.1.5. Fechamento: A sustentabilidade no caso estudado	96
4.2. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS	97
4.3. CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS	97
4.4 LIMITAÇÕES	98
4.5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	99
REFERÊNCIAS DOS CAPÍTULOS 1 e 4	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - DRM Framework: Meios básicos, estágios e principais saídas.....	22
Figura 2 - Estágios e atividades da pesquisa	24
Figura 3 - Estrutura da dissertação	25
Figura 4 - Fluxograma metodológico	28
Figura 5 - Diagrama de fluxo do protocolo PRISMA	30
Figura 6 - Barreiras organizadas por nível	45
Figura 7 - Gráfico da aplicação Fuzzy MICMAC	46
Figura 8 - Barreiras, estratégias ex-ante, ex-post e híbridas, e seus respectivos níveis.	50
Figura 9 - Intensidade de relacionamento da orquestradora com os ecossistemas.....	79
Figura 10 - Framework de aninhamento ecossistêmico em startups deep tech.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Priorização das barreiras.	39
Tabela 2 - Matriz de conectividade.	42
Tabela 3 - Matriz de acessibilidade inicial.	43
Tabela 4 - Matriz de acessibilidade final.	43
Tabela 5 - Cálculo dos índices de dependência e autonomia das barreiras.	44
Tabela 6 - Interações de particionamento de matriz de níveis.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Questionário Gestores GoGenetic.....	32
Quadro 2 - Barreiras identificadas na literatura e nas entrevistas.	36
Quadro 3 - Estratégias identificadas na literatura e nas entrevistas.	48
Quadro 4 - Informações das entrevistas.	73
Quadro 5 - Questionário para coleta de dados.....	75

LISTA DE ABREVIACÕES

DRM: *Design Research Methodology*

DTS: *Startup Deep Tech*

IE: *Innovation Ecosystem*

ISM: *Interpretive Structural Modeling*

MICMAC: Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicação Aplicada a uma Classificação

P&D: Pesquisa & Desenvolvimento

PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RSL: Revisão Sistemática da Literatura

WoS: *Web of Science*

1. INTRODUÇÃO

A inovação *deep tech* (tecnologia de ponta) configura-se como uma nova onda de inovações de alto impacto, baseada em avanços científicos e tecnológicos substanciais, com potencial para impulsionar transformações econômicas e sociais por meio da criação de soluções capazes de ampliar as fronteiras tecnológicas e gerar valor socioeconômico (Dionisio et al., 2023; Kruachottikul et al., 2023). Diferentemente das inovações digitais, a *deep tech* se destaca por ser baseada em avanços tecnológicos ou científicos únicos, de alto valor e difíceis de reproduzir, buscando aprimorar as fronteiras tecnológicas (Brayboy & Quaas, 2023, Kruachottikul et al., 2023). O termo *deep tech* refere-se à resolução de problemas fundamentais que apresentam desafios de engenharia substanciais, como ilustrado pela automação e robótica em tecnologias de reprodução assistida (Brayboy & Quaas, 2023).

As inovações *deep tech*, se materializam, usualmente, através de *startups deep tech* (DTS). Tendo origem frequentemente em descobertas científicas e em ambientes acadêmicos, as DTS são, por natureza, empreendimentos intensivos em pesquisa e capital, o que as associa a altos níveis de risco e incerteza no mercado (Kruachottikul et al., 2023; Hopmans, 2024). Com o foco em inovações para grandes desafios globais, como a sustentabilidade e a mudança climática, ressalta a importância de ecossistemas de inovação especificamente adaptados para suportar e acelerar a comercialização de inovações *deep tech* por essas startups (Dionisio et al., 2023; Hopmans, 2024).

O sucesso dessas inovações complexas está intrinsecamente ligado à qualidade e estrutura dos ecossistemas de inovação (IE). Um IE é definido como o conjunto evolutivo de atores, atividades e artefatos, e as instituições e relações, incluindo relações complementares, que são importantes para o desempenho inovador de um ator ou de uma população de atores (Granstrand & Holgersson, 2020; Klimas & Czakon, 2022). Essa definição inclui uma rede de interdependências que é crucial para a criação de valor, significando que o sucesso de uma inovação focal depende da capacidade dos parceiros externos (como fornecedores, clientes e complementadores) de superarem seus próprios desafios de inovação (Adner & Kapoor, 2010; Ritala et al., 2013). As empresas que operam nesses ambientes devem definir estratégias deliberadas para alinhamento e posicionamento, buscando assegurar e avançar seu papel dentro do ecossistema (Visscher et al., 2021; Adner, 2006). A dinâmica de valor dentro do ecossistema de inovação envolve tanto a colaboração quanto a competição e a substituição (coopetição), elementos que devem ser considerados para garantir a criação e captura de valor por todos os envolvidos (Granstrand & Holgersson, 2020; Ritala et al., 2013).

As inovações *deep tech* transcendem os limites tradicionais do Ecossistema de Inovação (IE), estabelecendo interfaces cruciais com outros tipos de ambientes para sua plena viabilização. No ecossistema de conhecimento, o foco reside na exploração colaborativa e na geração de novas bases científicas e tecnologias, sendo um espaço geralmente liderado por universidades e institutos de pesquisa que atuam como instituições âncoras (Järvi et al., 2018; Clarysse et al., 2014). Por sua vez, o ecossistema empreendedor funciona como uma estrutura que facilita a criação e o escalonamento de novas empresas por meio de recursos institucionais e do compartilhamento de conhecimentos específicos sobre o processo de empreender e inovar em modelos de negócio (Stam, 2015; Autio et al., 2018). Complementarmente, o ecossistema de negócios caracteriza-se como uma comunidade econômica de organizações interdependentes que coevoluem suas capacidades para produzir e entregar valor aos clientes, muitas vezes orbitando uma plataforma ou empresa focal (Moore, 1993; Scaringella & Radziwon 2018; Cobben et al., 2022).

Devido à sua natureza de alto risco e longo ciclo de desenvolvimento, as *startups deep tech* demandam a conexão com múltiplos ambientes através de ecossistemas aninhados (*nested ecosystems*), onde as fronteiras entre os sistemas de conhecimento, empreendedorismo e inovação se sobrepõem e se tornam funcionalmente interdependentes (Ceci et al., 2026). Essa configuração é fundamental para inovações complexas, pois permite que as *startups* operem em camadas integradas, transformando descobertas laboratoriais em valor comercial através de uma transição acumulativa de competências e relações entre os diferentes tipos de ecossistemas (Borini et al., 2024; Ceci et al., 2026).

No Brasil, as DTS desempenham um papel fundamental ao transformarem o conhecimento científico de ponta em soluções de mercado, sendo que cerca de 56% dessas *startups* nascem como *spin-offs* acadêmicas, o que posiciona a universidade como o grande motor de inovação do país. Atualmente, o ecossistema brasileiro conta com 952 DTS que buscam resolver desafios complexos, concentrando-se majoritariamente nos setores estratégicos de Saúde & Bem-estar (36%) e Agro & Alimentos (27%) (Emerge Brasil, 2025a). Nesse cenário, o setor de genética, inserido na tendência tecnológica de biotecnologia (que lidera o ecossistema com 433 empresas), destaca-se por utilizar ferramentas como edição gênica e sequenciamento genômico para criar produtos disruptivos, desde biodefensivos de alta eficiência até terapias baseadas na biodiversidade. O fortalecimento desse setor é decisivo para a soberania tecnológica nacional e para a competitividade global do Brasil, permitindo que o país converta sua vasta riqueza natural em inovações de alto valor agregado (Emerge Brasil, 2025b).

Apesar do seu grande potencial, ecossistemas estruturados em torno das DTS, aqui chamados por ecossistemas *deep tech*, enfrentam desafios notáveis, frequentemente localizados em pontos críticos da cadeia de valor. Um desafio fundamental é a assimetria de riscos que surge da interdependência tecnológica, o que faz com que os riscos não sejam iguais para todos os envolvidos. Problemas no desenvolvimento de componentes anteriores à solução final podem comprometer a produção, enquanto dificuldades nos elementos posteriores, ligados ao mercado e ao uso, podem limitar a aceitação e a adoção da solução pelos clientes (Adner, 2006; Adner & Kapoor, 2010). Outro obstáculo crítico nas DTS que se originam na academia é a divergência de interesses; enquanto as instituições de pesquisa priorizam a pesquisa e a publicação, os empreendedores devem focar em negócios e comercialização, o que cria uma lacuna de conhecimento e habilidades (Kruachottikul et al., 2023; Hopmans, 2024). A dificuldade em encontrar o ajuste entre o produto e o mercado é particularmente difícil, pois as inovações *deep tech* são altamente complexas e podem estar à frente das necessidades e tendências atuais do mercado (Hopmans, 2024).

Para navegar por essa paisagem complexa e superar os desafios de comercialização, as DTS precisam de estratégias e orquestrações eficazes. A gestão do ecossistema deve se basear em mecanismos tangíveis (como contratos e gestão de IPRs - *Intellectual Property Rights*) e mecanismos intangíveis (como a criação de confiança e uma visão comum) para garantir a criação e a captura de valor para todos os participantes (Visscher et al., 2021; Ritala et al., 2013). Além disso, a sustentabilidade do empreendimento das DTS depende da garantia de condições necessárias no ecossistema, sendo o ambiente político e de negócios considerado o fator mais crucial para impulsionar essa atividade (Dionisio et al., 2023). A mobilização de capital humano especializado, incluindo competências técnicas, comerciais e legais, por meio de uma rede de profissionais, é vista como um fator que aumenta a viabilidade das DTS (Hopmans, 2024).

Apesar do avanço da literatura sobre ecossistemas de inovação e startups *deep tech*, ainda são escassos estudos empíricos que integrem, de forma estruturada, as barreiras, estratégias e a dinâmica de atuação dessas organizações em múltiplos ecossistemas interdependentes, especialmente em contextos de países emergentes. Diante dessa lacuna, este estudo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: como uma startup *deep tech* do setor genético enfrenta barreiras, mobiliza estratégias e orquestra suas relações em diferentes ecossistemas ao longo de sua trajetória? Assim, o objetivo geral consiste em analisar como uma startup *deep tech* configura e exerce a orquestração de suas relações em ecossistemas de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios, considerando as barreiras e

estratégias ao longo do tempo. Justifica-se a relevância deste estudo pela necessidade de aprofundar a compreensão das dinâmicas ecossistêmicas em inovações de base científica, contribuindo tanto para o avanço teórico quanto para a prática de gestores e formuladores de políticas. Metodologicamente, a pesquisa adota uma abordagem qualitativa e multimétodos, baseada na Design Research Methodology (DRM), combinando revisão sistemática da literatura, entrevistas semiestruturadas, grupo focal, análise de conteúdo, ISM e Fuzzy MICMAC. Por fim, a dissertação está estruturada em quatro capítulos, incluindo a introdução, dois artigos científicos e as conclusões, permitindo uma análise integrada das barreiras, estratégias e do aninhamento dos ecossistemas.

Este estudo se alinha à linha de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares ao contribuir para a compreensão de dinâmicas inovativas que impactam, direta ou indiretamente a sustentabilidade. No contexto analisado, a atuação de uma startup *deep tech* no setor genético, especialmente na validação de bioinsumos e no monitoramento microbiológico, apresenta potencial para promover práticas mais sustentáveis no agronegócio e em sistemas ambientais sensíveis, como os encontrados em regiões litorâneas. Ainda que a sustentabilidade não se configure como eixo central estruturante no ecossistema estudado, sua presença nas interações entre atores evidencia caminhos para a redução de impactos ambientais, uso mais eficiente de recursos naturais e apoio à tomada de decisão baseada em evidências científicas. Dessa forma, o trabalho contribui para o campo ao conectar inovação tecnológica, governança de ecossistemas e sustentabilidade aplicada a contextos territoriais complexos, como os ambientes litorâneos e insulares.

1.1. TEMA

Esta dissertação aborda a dinâmica dos ecossistemas *deep tech* sob duas perspectivas complementares: (i) a identificação de barreiras e estratégias em ecossistemas de inovação *deep tech*, e (ii) a compreensão do papel de uma DTS como orquestradora e atuante, simultaneamente, em múltiplos ecossistemas, com vistas a identificar as interdependências entre atores e as transições entre ecossistemas de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios.

As *deep techs* representam um novo paradigma de inovação, pautado pela intensiva produção de conhecimento e pela longa maturação tecnológica, o que as torna dependentes de redes colaborativas envolvendo universidades, empresas, investidores e órgãos públicos (Kask & Linton, 2023; Hopmans, 2024). Nesse contexto, emergem desafios relacionados à regulação, financiamento, coordenação institucional e governança, exigindo estratégias articuladas que

favoreçam a cooperação, a inovação aberta e a consolidação de parcerias estratégicas (Adner & Kapoor, 2010; Granstrand & Holgersson, 2020). Além de compreender as barreiras que limitam o avanço dessas *startups* e as estratégias para mitigá-las em uma perspectiva temporal, é essencial analisar como os diferentes ecossistemas interagem e compartilham recursos tangíveis e intangíveis, configurando fluxos de valor que sustentam a evolução da DTS e no seu relacionamento entre atores de diferentes tipos de ecossistemas.

1.2. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo analisar como uma startup deep tech do setor genético configura e exerce a orquestração de suas relações em diferentes tipos de ecossistemas interdependentes (de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios), ampliando o conhecimento a respeito das DTS, por meio de uma RSL e um estudo de caso. Para atingir este objetivo, o trabalho foi dividido em quatro objetivos específicos:

- 1) Identificar as principais barreiras enfrentadas por *startups deep tech* em ecossistemas de inovação, visando compreender os desafios estruturais e quais estratégias preventivas (ex-ante) e de mitigação (ex-post) podem ser implementadas ao longo do tempo.
- 2) Relacionar e distinguir as barreiras e estratégias temporais específicas vivenciadas pela *startup* analisada e seus *stakeholders*, como universidades, investidores, empresas parceiras e órgãos reguladores, de modo a compreender suas interdependências.
- 3) Analisar como os diferentes tipos de ecossistema coexistem, se sobrepõem e evoluem ao longo da trajetória da DTS.
- 4) Examinar o papel de uma DTS como orquestradora na articulação de atores e fluxos de valor em múltiplas camadas de ecossistemas (de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios), considerando as transições entre lógicas científico-tecnológicas e orientadas ao mercado.

1.3. JUSTIFICATIVA

O avanço das tecnologias de base científica e o surgimento de DTS têm redefinido os modelos de inovação contemporâneos, ao promover a conversão direta do conhecimento científico em soluções de alto impacto socioeconômico (Kask & Linton, 2023; Hopmans, 2024). No entanto, essas *startups* enfrentam condições desafiadoras de desenvolvimento, caracterizadas por ciclos longos de maturação, alta incerteza tecnológica e forte dependência de ecossistemas colaborativos capazes de prover recursos, legitimidade e infraestrutura de apoio

(Adner & Kapoor, 2010; Granstrand & Holgersson, 2020).

Apesar do crescente interesse pelo tema, a literatura ainda carece de estudos empíricos que integrem barreiras, estratégias e sustentabilidade em ecossistemas de inovação *deep tech*, especialmente em países emergentes, onde a consolidação desses ambientes é recente e marcada por lacunas institucionais (Dionisio et al., 2023). Nesse contexto, compreender como *startups* de base científica articulam-se com universidades, investidores, laboratórios, órgãos públicos e empresas parceiras torna-se fundamental para identificar os fatores que dificultam e os que favorecem sua trajetória de desenvolvimento e inserção de mercado.

A literatura de ecossistemas aninhados (*nested ecosystems*) é fundamental para superar a visão de sistemas isolados, permitindo compreender como os ecossistemas empreendedor e de inovação, por exemplo, coexistem e interagem como camadas funcionais e interdependentes (Ceci et al., 2026). No contexto da inovação *deep tech*, essa abordagem é crucial para mapear a transição acumulativa das *startups*, que operam em múltiplos níveis integrados, desde a geração de conhecimento científico até a entrega de valor comercial, para lidar com a alta complexidade e incerteza inerentes a essas tecnologias (Borini et al., 2024; Ceci et al., 2026).

O setor de biotecnologia é fundamental para justificar este campo por ser a tendência tecnológica predominante no ecossistema de *deep tech*, servindo como o principal modelo para inovações que demandam alto risco tecnológico e longos ciclos de maturação baseados em ciência de fronteira (Apodaca et al., 2023; Emerge Brasil, 2025b). Adicionalmente, a biotecnologia ilustra perfeitamente a integração entre ecossistemas, uma vez que a criação de valor e a viabilidade comercial das *startups* dependem da conversão de propriedade intelectual acadêmica em alianças estratégicas de mercado (Clarysse et al., 2014; Emerge Brasil, 2025a). A escolha da GoGenetic como estudo de caso se justifica por representar um exemplo singular de *deep tech* brasileira atuante no setor genético, que combina pesquisa científica avançada com inovação aplicada. Ao analisar suas relações com os diferentes atores do ecossistema, este estudo contribui para aprofundar o entendimento das dinâmicas colaborativas e dos fluxos de valor que sustentam o desenvolvimento de *deep techs*.

1.4. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta dissertação foi delineada para assegurar rigor científico e coerência entre os objetivos propostos e os métodos empregados, considerando a complexidade dos ecossistemas *deep tech* e a natureza interdisciplinar de seus desafios. Diante do caráter exploratório e aplicado da pesquisa, optou-se por uma abordagem qualitativa e multimétodos, fundamentada na *Design Research Methodology* (DRM) de Blessing e Chakrabarti (2009), que

orienta a investigação desde a compreensão do problema até a validação prática das soluções. Essa estrutura metodológica permitiu combinar Revisão Sistemática da Literatura (RSL) seguindo o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Moher et al., 2015), entrevistas semiestruturadas, grupo focal, análise de conteúdo, Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM) e Análise da Matriz de Multiplicação de Impacto Cruzado Aplicada à Classificação (MICMAC), resultando em um processo analítico integrado e interativo. Assim, a metodologia buscou compreender, de forma sistemática e empírica, como barreiras, estratégias temporais e interações entre atores se articulam na consolidação de um ecossistema de inovação *deep tech*, tomando como estudo de caso a *startup* GoGenetic.

Esta dissertação está estruturada no formato de artigos científicos e é composta por dois estudos complementares. O primeiro artigo analisa as barreiras e estratégias que influenciam o desenvolvimento de uma startup deep tech do setor de genética. O segundo artigo investiga os diferentes tipos de ecossistemas (de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios) e analisa como eles se relacionam e se articulam ao longo da trajetória da empresa. Essa abordagem permite compreender a dinâmica de aninhamento e interação entre os ecossistemas. Cada artigo mobilizou diferentes dimensões do instrumento de coleta, conforme seus respectivos objetivos analíticos. A dimensão da sustentabilidade, em razão da menor densidade empírica, foi incorporada à discussão conclusiva da dissertação (Seção 4.1).

1.4.1. Escopo da pesquisa

A GoGenetic é uma *startup* de biotecnologia reconhecida por atuar na fronteira da inovação, especialmente no uso de tecnologias de sequenciamento genético aplicadas aos setores de agronegócio, ambiental e de saúde humana. Com uma forte base científica, a empresa desenvolve métodos moleculares, quantificação de microrganismos e análise de microbiota, oferecendo soluções que aumentam a assertividade na tomada de decisão e promovam impactos sustentáveis. Um dos principais focos da GoGenetic está na validação de bioinsumos (produtos que reduzem o uso de agrotóxicos), contribuindo para práticas mais seguras e ambientalmente responsáveis. Sua atuação é reconhecida pela competência técnica, agilidade, confiabilidade e pela capacidade de fornecer dados genéticos interpretados com aplicabilidade prática.

Fundada a partir de um grupo de mestrandos, doutorandos e técnicos administrativos da UFPR, a GoGenetic iniciou suas atividades em 2018 e atualmente pertence ao Ecossistema de Inovação da Hotmilk da PUCPR (Curitiba/PR) e PwC Agtech Innovation (Piracicaba/SP), ainda mantendo uma relação próxima com o ambiente acadêmico. Com o tempo, consolidou-se como uma *deep tech* de referência, dando origem a novos negócios, como a GoSolos (voltada

à análise de solo) e a GoGenetic You (voltada à saúde humana). A empresa se destaca por seu papel como articuladora de conexões dentro do ecossistema de inovação, promovendo desenvolvimento conjunto, capacitações, e soluções personalizadas em parceria com instituições e empresas. Mais do que prestar serviços laboratoriais, a GoGenetic entrega conhecimento aplicado, fortalecendo a integração entre ciência, mercado e sustentabilidade.

1.4.2. Método de pesquisa

A dissertação adota uma abordagem qualitativa e multimétodos, fundamentada na Design Research Methodology (DRM), integrando revisão sistemática da literatura, entrevistas, grupo focal, análise de conteúdo, ISM e Fuzzy MICMAC para compreender as dinâmicas dos ecossistemas de inovação deep tech e suas implicações para a sustentabilidade. Essa combinação permitiu triangular os dados e construir um modelo analítico que reflete tanto o arcabouço teórico quanto às evidências práticas de um ecossistema de inovação *deep tech*.

As entrevistas semiestruturadas foram realizadas uma única vez com cada ator, cujos dados subsidiaram a elaboração dos dois artigos que compõem este trabalho. O roteiro foi estruturado em cinco seções: (i) valor e atores do ecossistema; (ii) interações no ecossistema de inovação e governança; (iii) modelo de negócios, sustentabilidade e digitalização; (iv) barreiras e estratégias; e (v) matriz de representação das intensidades de relacionamento entre os atores.

1.4.3. DRM

Esta pesquisa adota como referência metodológica o DRM, que estabelece um percurso sistemático para conduzir estudos em *design* de engenharia e inovação. Essa abordagem se mostra adequada ao propósito deste trabalho, cujo objetivo é identificar, priorizar e inter-relacionar barreiras e estratégias em ecossistemas de inovação sustentável, tomando como estudo de caso uma *startup deep tech* no setor de genética (GoGenetic).

A DRM busca unir rigor científico e relevância prática, estruturando a investigação em quatro fases interdependentes; nesta pesquisa, serão empregadas as três primeiras fases: (i) elucidação da pesquisa; (ii) estudo descritivo I; e, (iii) estudo prescritivo. Embora essas fases (Figura 1) possam ocorrer de forma iterativa, elas permitem que a pesquisa avance de uma compreensão inicial do problema até a validação prática das soluções propostas, garantindo coerência entre teoria e aplicação.

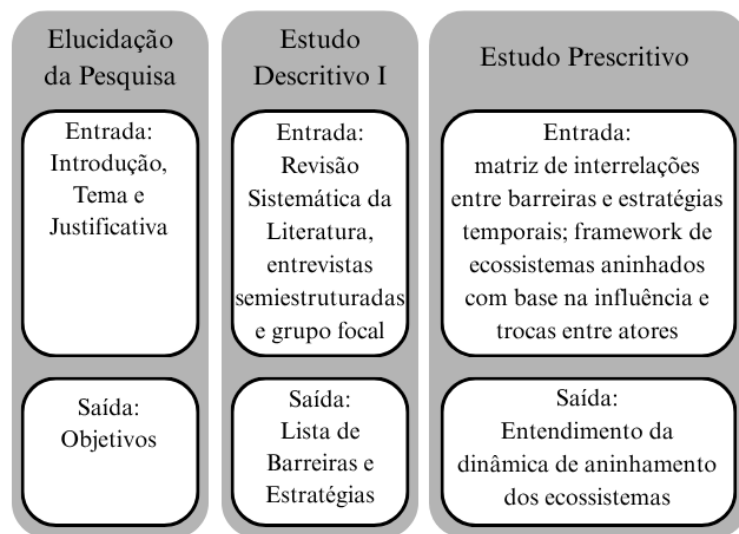


Figura 1 - DRM Framework: Meios básicos, estágios e principais saídas

Fonte: Adaptado de Blessing & Chakrabarti (2009)

(Estágio 1) Elucidação da Pesquisa

Na primeira etapa, foram definidos os critérios de sucesso e os objetivos mensuráveis da pesquisa. Considerando o escopo do trabalho como um todo, o critério principal estabelecido foi a compreensão sobre a estruturação de um ecossistema de inovação no contexto de uma DTS do setor de genética, identificando os fatores que dificultam (barreiras) e os que favorecem (estratégias) sua trajetória ao longo do tempo, bem como o aninhamento entre diferentes tipos de ecossistemas que influenciam o desenvolvimento de uma DTS. Como critério mensurável, adotou-se a clareza e consistência das relações entre barreiras e estratégias, evidenciada pela aplicação de métodos estruturantes (ISM e MICMAC) e pela avaliação empírica por meio de entrevistas e priorizações realizadas junto aos atores do ecossistema. Também, na interação com múltiplos atores do ecossistema deep tech em análise a fim de compreender as dinâmicas de interação e posicionamento entre múltiplas camadas de ecossistemas. Assim, o sucesso da pesquisa está associado à construção de um modelo interpretativo que represente de forma confiável a dinâmica entre as barreiras e estratégias que condicionam a inovação no caso analisado.

(Estágio 2) Estudo descritivo I

Este estágio teve como foco compreender o contexto empírico e identificar os fatores determinantes da estruturação da *startup* analisada e de seu ecossistema. Nessa etapa, foi conduzida uma RSL para mapear barreiras que influenciam o desenvolvimento de DTS no

contexto de ecossistemas de inovação. Paralelamente, realizou-se um estudo qualitativo empírico, composto por 44 entrevistas semiestruturadas com fundadores, gestores, parceiros, clientes, universidades e órgãos de fomento vinculados à GoGenetic, a *DTS* em análise. O resultado da análise de conteúdo, tanto dessas entrevistas quanto da literatura, possibilitou a identificação de vinte e quatro barreiras (B1–B24) e vinte e cinco estratégias (S1–S25), que formaram a base de conhecimento descritiva sobre o funcionamento do ecossistema estudado. Em seguida foi realizado um grupo focal com os 15 principais gestores, priorizando as barreiras de 24 para apenas 11.

(Estágio 3) Estudo Prescritivo

O Estudo Prescritivo teve como propósito propor um modelo que representasse o aninhamento de múltiplas camadas de ecossistemas que influenciam a estruturação do ecossistema deep tech, tendo a GoGenetic como unidade centro desta proposição. Para isto, a pesquisa utilizou duas entradas analíticas principais: (i) a construção de uma matriz de inter-relações entre barreiras e estratégias ao longo do tempo, e (ii) o desenvolvimento de um *framework* de ecossistemas aninhados, fundamentado na análise das influências e trocas estabelecidas entre os diferentes atores do ecossistema investigado. A partir das relações entre barreiras e estratégias identificadas no estágio anterior, aplicou-se o método ISM para determinar as interdependências hierárquicas entre os elementos, e o MICMAC para avaliar os graus de influência e dependência de cada barreira. A matriz permite identificar como determinadas barreiras estruturais condicionam o surgimento de estratégias organizacionais em diferentes momentos da trajetória da *startup*, evidenciando relações de dependência e influência entre fatores tecnológicos, institucionais e organizacionais. A estruturação hierárquica resultante constitui um artefato científico e prático, servindo como guia para gestores, pesquisadores e formuladores de políticas que atuam na promoção de *startups* de base científica e tecnológica.

Paralelamente, o *framework* de ecossistemas aninhados foi elaborado a partir do mapeamento das interações entre atores (incluindo universidade, fornecedores, *hubs* de inovação, mentores, investidores e clientes) captadas por meio das entrevistas e da análise de conteúdo qualitativa. Esse mapeamento possibilitou compreender como recursos, conhecimento, infraestrutura e legitimidade circulam entre os atores do ecossistema *deep tech*, revelando padrões de interdependência que conectam os ecossistemas de conhecimento, empreendedor, inovação e negócios.

Como resultado, a integração dessas duas entradas analíticas conduz à saída conceitual do estudo, que consiste no entendimento da dinâmica de aninhamento dos ecossistemas, demonstrando que esses ambientes não operam de forma isolada ou sequencial, mas coexistem e se sobrepõem ao longo da evolução da *deep tech*, sendo continuamente reconfigurados conforme a empresa ajusta suas estratégias e redistribui suas relações dentro da rede de atores. Com base nas etapas previamente descritas e visando atender ao objetivo geral da dissertação, elaborou-se a Introdução, correspondente ao Estágio 1 do DRM, e dois artigos, que contemplam os Estágios 2 e 3 da DRM, conforme ilustrado na Figura 2.

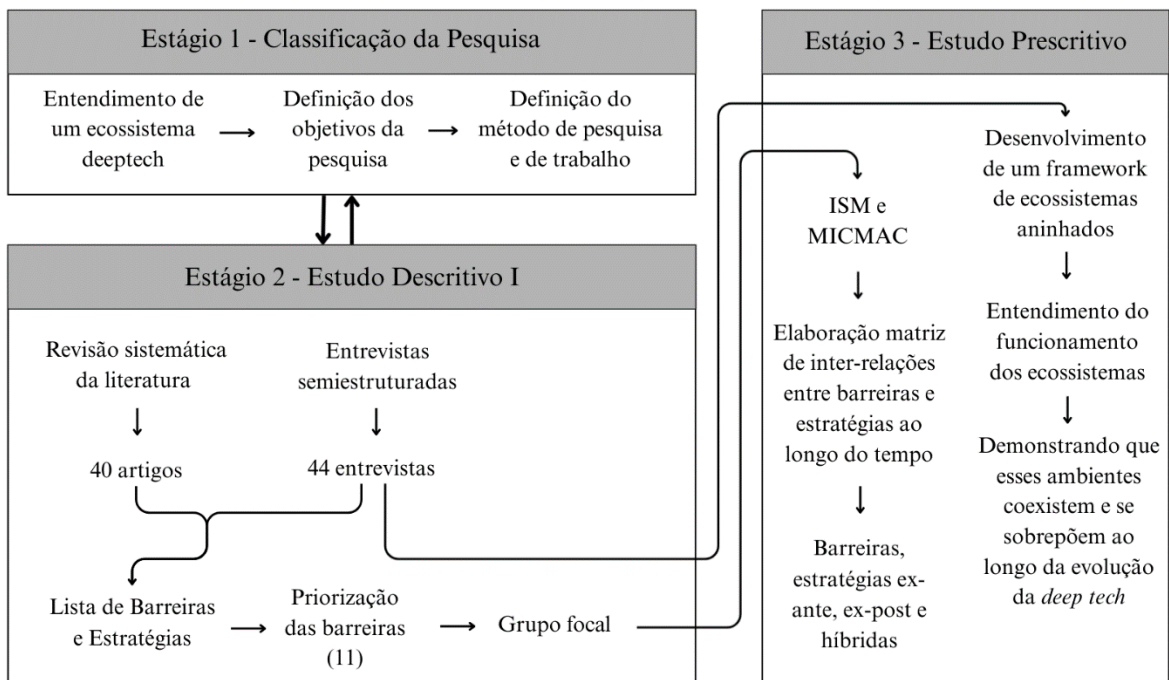


Figura 2 - Estágios e atividades da pesquisa

Fonte: Baseado no DRM de Blessing & Chakrabarti (2009).

Os dois primeiros objetivos específicos correspondem ao primeiro artigo desta dissertação. O segundo artigo proposto tem os dois últimos objetivos apresentados e utiliza um método distinto de pesquisa.

1.5. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa está delimitada a um estudo de caso único, centrado no ecossistema de inovação sustentável da *startup* GoGenetic, referência nacional em soluções genéticas de base científica, localizada no Estado do Paraná. A escolha por um caso único justifica-se pela profundidade necessária para compreender as interações complexas entre atores, fluxos de valor e mecanismos de governança em um ecossistema de inovação *deep tech*. Do ponto de vista temporal, a coleta de dados ocorreu entre setembro de 2024 e março de 2025, período em que

foram realizadas 44 entrevistas semiestruturadas com fundadores, gestores, clientes, universidades, laboratórios e órgãos públicos vinculados ao ecossistema da GoGenetic.

A pesquisa possui delimitação temática clara: concentra-se na análise das barreiras, estratégias e inter-relações entre ecossistemas, não abrangendo aspectos de desempenho econômico ou de mercado específicos das empresas do setor genético. Também não é objetivo comparar diferentes *startups deep tech*, mas compreender de maneira aprofundada o funcionamento interno de um único ecossistema representativo. Os resultados aqui apresentados não possuem caráter de generalização estatística, mas de transferibilidade teórica, oferecendo um modelo analítico e interpretativo que pode ser aplicado em outros contextos de inovação de base científica. Dessa forma, a pesquisa busca oferecer contribuições analíticas e interpretativas para o campo dos ecossistemas de inovação *deep tech*, respeitando os limites metodológicos inerentes ao estudo de caso único.

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos, conforme demonstra a Figura 3.

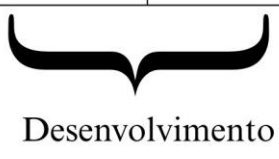
CAPÍTULOS DA DISSERTAÇÃO			
I	II	III	IV
Introdução	Artigo 1	Artigo 2	Considerações finais
Tema e questões de pesquisa; Objetivo; Justificativa; Método; e. Delimitações	 Desenvolvimento		Importância prática e acadêmica; Principais contribuições; e, Limitações e trabalhos futuros

Figura 3 - Estrutura da dissertação
Fonte: Os autores (2026).

O Capítulo 1 apresenta a introdução da dissertação, contemplando o tema, os objetivos, o problema de pesquisa, a justificativa, o método de trabalho e as delimitações do estudo. Em seguida, os Capítulos 2 e 3 reúnem, respectivamente, os artigos que compõem o corpo principal do trabalho. Por fim, o Capítulo 4 reúne a conclusão, as principais contribuições e as considerações finais, além de apresentar sugestões, recomendações e propostas para pesquisas futuras.

2. ARTIGO 1: BARREIRAS E RESPOSTAS ESTRATÉGICAS EM ECOSISTEMAS DE INOVAÇÃO DEEP TECH: EVIDÊNCIAS DO SETOR DE BIOTECNOLOGIA

Resumo: *Startups deep tech* operam em ambientes de alta complexidade científico-tecnológica, dependem de capital humano qualificado e de ecossistemas que envolvem universidades, investidores e empresas. Embora a literatura aborde dependência ecossistêmica, coopetição e governança, ainda carece de integração entre barreiras, estratégias e sustentabilidade. Assim, o estudo teve como objetivo identificar, priorizar e inter-relacionar barreiras enfrentadas por uma startup deep tech de biotecnologia, bem como mapear estratégias de mitigação no ecossistema de inovação. A pesquisa adotou abordagem multimétodos: (i) revisão sistemática (40 artigos); (ii) 44 entrevistas com atores do ecossistema; (iii) priorização de 11 barreiras por 15 decisores; (iv) aplicação de ISM; e (v) análise Fuzzy MICMAC. Os resultados indicam que barreiras estruturantes — falta de regulamentação (B2), alta burocracia (B1) e baixa maturidade organizacional (B5) — condicionam gargalos intermediários. Como consequências, destacam-se o alto investimento em capital humano (B20) e os custos de P&D (B7). As estratégias mais recorrentes envolvem parcerias, digitalização, inteligência de mercado, estruturação de processos e qualificação técnica, formando um núcleo voltado à governança colaborativa e ao fortalecimento institucional. O uso do ISM permitiu compreender a hierarquia das barreiras e orientar ações para ampliar a adaptabilidade e legitimidade das startups em ecossistemas de inovação.

Palavras-chave: Modelagem estrutural interpretativa (ISM); MICMAC; entrevistas semiestruturadas; governança.

2.1. INTRODUÇÃO

As *startups deep tech* emergem como atores centrais em cenários de alta complexidade tecnológica, caracterizando-se pela forte ancoragem em pesquisa científica avançada e pelo desenvolvimento de soluções baseadas em tecnologias de fronteira, como biotecnologia, inteligência artificial e novos materiais (Bagnoli, et al., 2021). Diferentemente das *startups* digitais ou de base tecnológica tradicional, elas apresentam ciclos de desenvolvimento mais longos e de alto risco, com forte dependência de capital humano altamente qualificado (Adner & Kapoor, 2010). Além disso, requerem investimentos robustos e políticas específicas de fomento para garantir sua inserção em mercados estratégicos, o que evidencia seu papel na transformação de setores consolidados e na promoção de soluções a desafios sociais e ambientais globais (Hopmans, 2024).

A compreensão do funcionamento dos ecossistemas de inovação voltados às *deep tech* é fundamental para analisar como essas *startups* conseguem transformar ciência em soluções

de mercado. Diferentemente de modelos tradicionais de inovação, cuja dinâmica tende a ser menos intensiva em pesquisa científica, as *deep tech* dependem de interações complexas entre universidades e centros de pesquisa (Dionisio et al., 2023), investidores de risco e empresas estabelecidas, que juntos compartilham riscos e recursos (Adner, 2006). Dessa forma, o estudo dos ecossistemas permite identificar fluxos de valor, interdependências tecnológicas e condições institucionais que tanto favorecem quanto limitam o desenvolvimento dessas *startups* (Adner, 2006; Dionisio et al., 2023).

O conceito de ecossistemas de inovação (IE) refere-se a um conjunto dinâmico de atores interdependentes, como empresas, instituições de pesquisa, investidores, governo e usuários, que interagem em torno de tecnologias e mercados, buscando criar e capturar valor de forma coletiva (Ritala et al., 2013). Diferente de simples redes de colaboração, os ecossistemas envolvem relações de complementaridade, competição e coevolução, configurando um ambiente no qual a inovação pode ser desenvolvida de modo sustentável. No caso das *deep tech*, essa noção assume relevância singular, pois a complexidade científica e a incerteza tecnológica demandam governança colaborativa e mecanismos de coordenação capazes de viabilizar avanços (Granstrand & Holgersson, 2020).

As *startups deep tech* enfrentam dificuldades estruturais que limitam sua trajetória de crescimento, entre as quais se destacam o elevado custo de capital, a longa duração dos ciclos de P&D e as incertezas inerentes à comercialização de tecnologias altamente disruptivas. Segundo Kask e Linton (2023), essas características resultam em barreiras significativas ao acesso a financiamento, sobretudo em fases iniciais, devido à percepção de risco acentuado e à assimetria de informação entre empreendedores e investidores. Além disso, tais *startups* necessitam mobilizar capital humano altamente qualificado e multidisciplinar, o que reforça a complexidade de sua consolidação. A ausência de redes de parceiros complementares, somada à carência de sistemas de inovação adaptados às suas especificidades, contribui para altas taxas de fracasso, restringindo o impacto potencial dessas empresas em termos econômicos e sociais (Kask & Linton, 2023).

Embora estudos clássicos discutam a dependência de ecossistemas (Adner, 2006; Adner & Kapoor, 2010), a dinâmica da cooperação (Ritala et al., 2013), a governança em ecossistemas de inovação (Granstrand & Holgersson, 2020) e a relevância da sustentabilidade para a inovação (Dionisio et al., 2023), ainda são escassos estudos que integrem simultaneamente barreiras estruturais e estratégias organizacionais no contexto de *startups deep tech*. Pesquisas recentes sobre estratégias em ambientes de incerteza (Kask & Linton, 2023) reforçam a necessidade dessa integração, sobretudo em setores científicos de alta complexidade, como o

da genética.

Diante da relevância das *startups deep tech* no cenário atual, este estudo tem como objetivos identificar e inter-relacionar barreiras que limitam o seu desenvolvimento e as estratégias mobilizadas para superá-las. A compreensão desses aspectos permite não apenas evidenciar os desafios estruturais enfrentados por iniciativas de base científica e tecnológica avançada, mas também contribuir com subsídios práticos e teóricos para a formulação de soluções que favoreçam a mitigação de entraves e o fortalecimento de IE. A metodologia empregou uma abordagem qualitativa e mista, iniciando com uma Revisão Sistemática da Literatura para mapear barreiras e estratégias, seguida por entrevistas semiestruturadas e grupos focais com especialistas para validação e contextualização. O estudo culminou na aplicação da Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM) e da análise *Fuzzy* MICMAC para classificar e inter-relacionar as barreiras identificadas, resultando na proposição de uma estrutura de estratégias de mitigação.

2.2. MÉTODO

A metodologia fundamentou-se em (i) uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar as principais barreiras e estratégias identificadas nos artigos aplicando duas das três etapas segundo Denyer & Tranfield (2009) juntamente com os resultados das entrevistas semiestruturadas, (ii) a Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM) (Watson, 1978) aplicada por meio de grupo focal para organizar e hierarquizar as barreiras, e (iii) a Análise da Matriz de Multiplicação de Impacto Cruzado Aplicada à Classificação (MICMAC) para verificar o grau de influência e de dependência existente entre as barreiras. A Figura 4 sintetiza visualmente o fluxo metodológico adotado no estudo, explicitando as entradas, os procedimentos de análise e as saídas do processo.

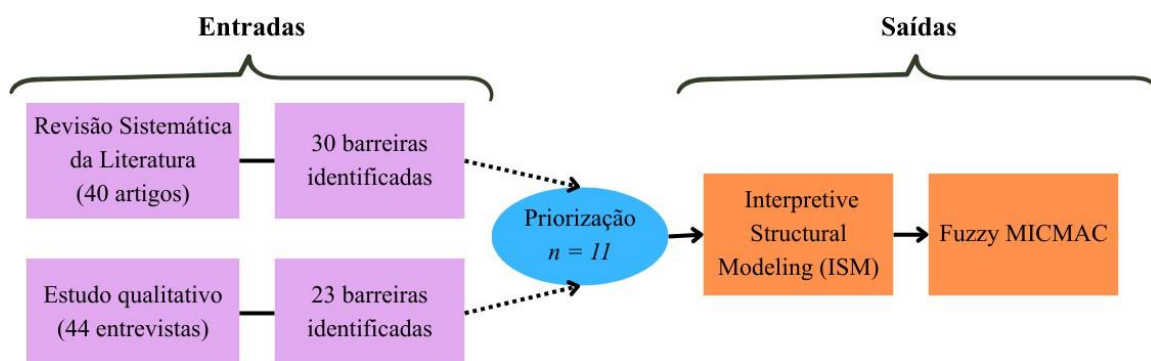


Figura 4 - Fluxograma metodológico

Fonte: Os autores (2026)

As entradas compreendem, de um lado, a Revisão Sistemática da Literatura, que resultou na identificação de 30 barreiras a partir de 40 artigos, e, de outro, o estudo qualitativo baseado em 44 entrevistas semiestruturadas, do qual emergiram 23 barreiras. Esses dois conjuntos foram integrados e submetidos a uma etapa de priorização, realizada por um grupo focal com 15 participantes, com o objetivo de selecionar as barreiras mais relevantes para a análise estrutural, obtendo-se uma amostra final de 11 barreiras. A partir dessa priorização, as barreiras foram organizadas e hierarquizadas por meio do ISM, permitindo compreender as relações estruturais de dependência e influência entre as barreiras. Por fim, como saída analítica complementar, aplicou-se a *Fuzzy* MICMAC, possibilitando classificar as barreiras segundo seus níveis de poder de influência e dependência, reforçando a robustez e a consistência dos resultados obtidos.

2.2.1. Revisão sistemática da literatura

Para iniciar o estudo, realizamos uma RSL que seguiu rigorosamente as diretrizes PRISMA (Moher et al., 2015), visando à identificação das barreiras enfrentadas pelas *startups deep tech* nos IE e das estratégias utilizadas para mitigá-las. A metodologia de revisão foi cuidadosamente estruturada em três etapas principais para garantir a robustez dos resultados: (i) as fases de triagem e de elegibilidade para a seleção dos artigos mais relevantes; (ii) a etapa de leitura de texto completo dos trabalhos selecionados; e (iii) a análise de conteúdo, conforme o método proposto por Elo e Kyngäs (2008), consolidaram a base empírica da pesquisa.

A escolha da *Web of Science* justifica-se por seus elevados padrões de qualidade na indexação, pela confiabilidade dos metadados estruturados e pela ampla cobertura de periódicos de alto impacto nas áreas de gestão e estudos de negócios (Mongeon & Paul-Hus, 2016; Hiebl, 2023). A base é amplamente reconhecida por sua rigorosa curadoria de conteúdo e por seus critérios estritos de revisão por pares, que garantem a inclusão de pesquisas de elevada qualidade e, conseqüentemente, aumentam a robustez e a confiabilidade das revisões sistemáticas da literatura. A *string* de busca utilizada na base de dados foi: "*Deep Tech**" OR "*Deep-Tech**" OR "*knowledge intensive organi*ation**" OR "*new technology venture**" OR "*Scien*-based startup*", a busca inicial resultou em 774 artigos (em título, resumo e palavra-chave). Em seguida, realizou-se a filtragem por tipo de documento, restringindo a amostra a *Article*, *Review article*, *Editorial material* e *Early access*, totalizando 529 estudos. A Figura 5 apresenta, de forma sistemática, a revisão realizada no presente estudo.

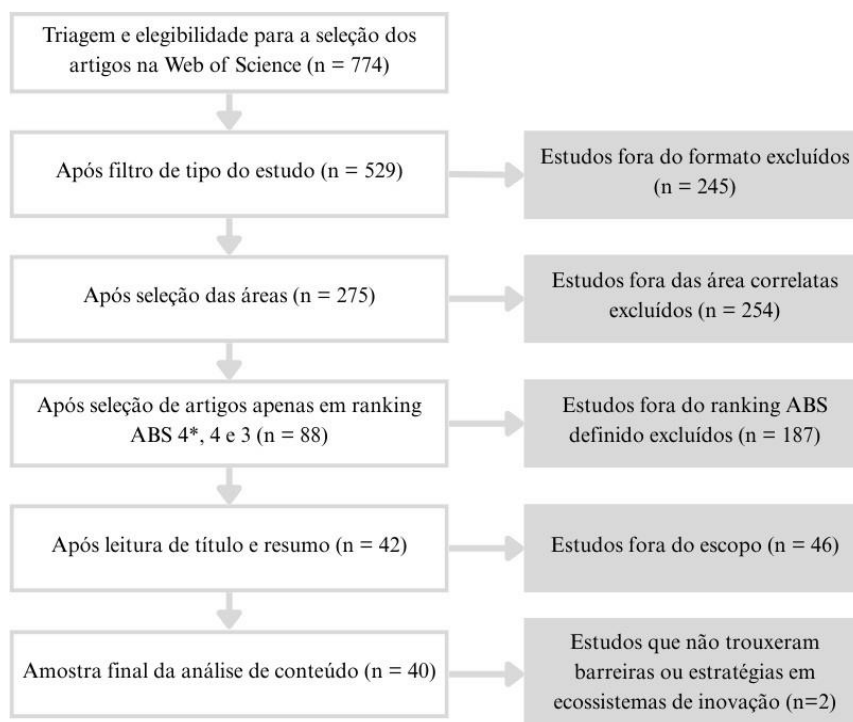


Figura 5 - Diagrama de fluxo do protocolo PRISMA

Fonte: Adaptado de Moher et al. (2015).

O escopo da busca dentro da delimitação temática foi deliberadamente amplo, contemplando estudos nas áreas de gestão e correlatas como *Management, Business, Economics, Operations Research & Management Science e Business Finance*, reduzindo o conjunto a 275 artigos. Não estabelecemos restrições setoriais, focando primariamente em organizações intensivas em conhecimento e/ou *deep techs*, que são o centro da investigação proposta pelo estudo. Na etapa seguinte, aplicou-se o ranking *Academic Journal Guide (ABS)*, que classifica periódicos segundo sua relevância e impacto acadêmico, variando de 1 a 4*, assim optou-se por incluir apenas periódicos de níveis 3, 4 e 4*, considerando “*top journals*”, resultando em 88 artigos.

Ainda seguindo o protocolo PRISMA, a partir da leitura dos títulos e resumos, foram excluídos 46 estudos fora do escopo da pesquisa, a sequência se objetivou a inclusão mediante leitura completa dos textos, que resultou na exclusão de dois artigos por não estarem diretamente trazendo informações referentes a barreiras ou estratégias em ecossistemas de inovação, resultando em um o portfólio final de 40 estudos para análise de conteúdo. Destes estudos da amostra final, foram considerados artigos revisados por pares, que abordassem ecossistemas de inovação e/ou empreendedorismo, com foco em sustentabilidade, tecnologias emergentes ou *deep tech*, e que discutem barreiras, desafios, estratégias,

mecanismos de coordenação ou governança em ecossistemas. Dessa forma, a construção do portfólio bibliográfico garantiu abrangência, rigor metodológico e relevância científica, alinhando-se aos critérios de excelência exigidos para estudos voltados às organizações intensivas em conhecimento e *deep techs*.

A terceira etapa do fluxo metodológico correspondeu à análise de conteúdo, conduzida conforme a sequência proposta por Elo e Kyngäs (2008): codificação aberta, categorização e abstração. Nessas etapas, procedeu-se à identificação de informações relevantes por meio de um processo dedutivo, baseado na codificação sistemática da amostra investigada. Os resultados foram estruturados em duas categorias analíticas: barreiras e estratégias. Finalmente, as relações entre os autores foram discutidas após a apresentação dos dados principais.

2.2.2. Entrevistas semiestruturadas

As entrevistas semiestruturadas que serviram como base para este estudo foram realizadas diante do apoio dos CEOs da empresa investigada, que prontamente forneceram os contatos de todos os potenciais participantes-chave no ecossistema de inovação. O processo de coleta de dados estendeu-se de 26 de setembro de 2024 a 10 de março de 2025, abrangendo inicialmente a seleção de 50 atores relevantes no ecossistema da GoGenetic, o que demonstra o esforço em capturar uma amostra diversificada. Deste grupo inicial, apenas seis indivíduos recusaram o convite ou não puderam comparecer, resultando na conclusão bem-sucedida de 44 entrevistas (15 internos, 13 externos, 7 dos ecossistemas, 5 clientes e 3 fornecedores) que foram efetivamente realizadas, garantindo abrangência da base de informações.

A elaboração do questionário (detalhado no Quadro 1) foi planejado para englobar a diversidade de atores envolvidos no ecossistema, o que assegurou que as perguntas fossem adequadas às distintas experiências e perspectivas de cada entrevistado. As categorias analíticas deste estudo estão ancoradas na literatura de gestão de ecossistemas de inovação, que compreende a interdependência entre *stakeholders*, tecnologia, políticas públicas, sustentabilidade ambiental e incertezas de mercado como dimensões centrais para o desempenho organizacional (Moore, 1993; Autio et al., 2018; Stam & Van de Ven, 2021). Este questionário focou principalmente em identificar as dificuldades (barreiras) em cinco áreas-chave, como gestão de *stakeholders* e incertezas econômicas, e as estratégias utilizadas para mitigá-las, alinhando-se aos objetivos centrais da pesquisa. É importante notar que todas as informações obtidas foram tratadas com estrito sigilo, sendo usadas exclusivamente para

fins acadêmicos e a publicação do artigo científico.

Quadro 1 - Questionário Gestores GoGenetic.

<p>Esta pesquisa tem por objetivo compreender o funcionamento do ecossistema de inovação e identificar quais as barreiras/dificuldades e as possíveis estratégias para solucioná-las dentro do ecossistema de inovação sustentável da GoGenetic. As informações concedidas à entrevista serão sigilosas e serão utilizadas apenas para fins acadêmicos, resultando na publicação de um artigo. Sendo assim, você teria interesse em participar da pesquisa?</p>
<p><i>Pergunta inicial</i></p> <p>Há quanto tempo você trabalha na GoGenetic e qual a sua função? Há quanto tempo trabalha em ambientes de <i>startup</i>?</p>
<p><i>Barreiras e estratégias</i></p> <p>a) Quais as dificuldades enfrentadas quanto à gestão dos <i>stakeholders</i>? E quais estratégias são utilizadas para mitigá-las?</p> <p>b) Quais as dificuldades enfrentadas quanto à sustentabilidade e o meio ambiente? E quais as estratégias utilizadas para mitigá-las?</p> <p>c) Quais as dificuldades enfrentadas quanto a adoção de tecnologias e investimento em P&D? Quais as estratégias para mitigá-las?</p> <p>d) Quais as dificuldades enfrentadas frente às políticas governamentais? Quais as estratégias para mitigá-las?</p> <p>e) Quais as dificuldades enfrentadas quanto às incertezas econômicas e de mercado? Quais as estratégias para mitigá-las?</p>

Fonte: Os autores (2024)

Todas as entrevistas ocorreram de forma remota via *Google Meet*, sendo gravadas após o expresso consentimento de todos os participantes, e apresentaram uma duração média de 45 minutos, possibilitando a obtenção de dados aprofundados e de múltiplas perspectivas. Após a conclusão dos encontros, cada gravação foi transcrita fielmente utilizando o aplicativo *AssemblyAI* para garantir a precisão do material verbal coletado, essencial para a qualidade da análise. Por fim, a análise de conteúdo foi conduzida manualmente, com uma revisão minuciosa de cada transcrição para selecionar, organizar e classificar as informações mais relevantes em relação aos objetivos específicos do estudo.

2.2.3. Aplicação do ISM e MICMAC

A integração das barreiras identificadas tanto na RSL quanto nas entrevistas

semiestruturadas permitiu a consolidação de um quadro inicial composto por 24 dificuldades enfrentadas no ecossistema da GoGenetic, fornecendo uma visão abrangente dos desafios. Em seguida, estas barreiras foram submetidas a um processo de priorização por um painel de tomadores de decisão (n=15), utilizando a média de uma escala *Likert* como critério de hierarquização rigoroso, o que levou à seleção das 11 barreiras mais críticas. Posteriormente, aplicou-se um grupo focal com este mesmo grupo de especialistas, permitindo a validação coletiva das percepções e o aprofundamento na análise das inter-relações entre as barreiras destacadas.

O ponto de partida para a modelagem ISM foi a discussão aprofundada gerada durante o grupo focal, essencial para estabelecer as relações contextuais entre as barreiras selecionadas. A matriz ISM foi, então, elaborada com base na percepção de quinze tomadores de decisão da empresa, incluindo quatro CEOs, sócios e diferentes níveis gerenciais, que avaliaram a interdependência entre os 11 fatores.

Esta avaliação permitiu a construção da Matriz de Autointeração Estrutural (SSIM) proposta por Attri et al (2013) que se seguiu da seguinte forma:

- Matriz de Autointeração Estrutural (SSIM): As relações entre duas barreiras (i e j) e a direção dessa interação foram definidas a partir da premissa de que a barreira B_i conduz à barreira B_j. Para representar essas direções, utilizam-se quatro símbolos: V, quando i leva a j; A, quando j leva a i; X, quando há influência mútua entre i e j; e O, quando não existe relação entre as duas barreiras.

- Matriz de acessibilidade: O SSIM é transformado na matriz de acessibilidade inicial por meio da substituição dos quatro símbolos (V, A, X e O) por valores binários (1 ou 0), seguindo critérios específicos. Quando a entrada (i, j) no SSIM é V, as posições (i, j) e (j, i) recebem, respectivamente, 1 e 0; se for A, recebem 0 e 1; no caso de X, ambas as posições assumem o valor 1; e quando for O, ambas recebem 0. Após essa conversão, a matriz de acessibilidade inicial é verificada quanto à transitividade, princípio fundamental do ISM que estabelece que, se o elemento A se relaciona a B e B a C, então A deve necessariamente estar relacionado a C. Com a aplicação dessa regra, identificam-se os termos estritamente correlacionados acrescentando um * (ou alterando a cor do número) para compor a matriz de acessibilidade final.

- Partições de nível: A partir da matriz de alcançabilidade final, definem-se para cada fator os conjuntos de alcançabilidade e antecedente, cujas interseções permitem estabelecer os níveis hierárquicos no ISM. Os fatores cujo conjunto de alcançabilidade coincide com a interseção ocupam o nível superior e, após sua remoção, o processo é repetido até que todos sejam

hierarquizados, fornecendo a estrutura necessária para a construção do diagrama e do modelo ISM.

- Matriz cônica e diagrama: Os fatores posicionados no mesmo nível são agrupados, e em seguida calculam-se seu poder de condução e poder de dependência. O poder de condução de um fator corresponde à soma das unidades presentes em suas linhas, enquanto o poder de dependência resulta da soma das unidades em suas colunas. Com base nessas relações, constrói-se um diagrama direcionado a partir da matriz de alcançabilidade, no qual os elos transitivos são eliminados.

- Modelo ISM: A conversão para o modelo ISM final ocorre pela organização dos elementos de mesmo nível em conjunto, de acordo com a hierarquia definida nas partições de nível, substituindo-se os nós variáveis por enunciados. Em seguida, o modelo deve ser revisado para identificar possíveis inconsistências conceituais e, se necessário, realizar os ajustes pertinentes.

As barreiras identificadas neste estudo foram classificadas segundo o momento em que se manifestam no processo de desenvolvimento da *startup*, distinguindo-se barreiras ex-ante e ex-post, a partir de uma adaptação da abordagem proposta por Smania et al. (2026). As barreiras ex-ante referem-se a entraves estruturais, institucionais ou organizacionais que se manifestam previamente à materialização de impactos críticos, condicionando de forma preventiva a atuação dos atores e a provisão de serviços. Já as barreiras ex-post correspondem a restrições que emergem ou se intensificam após a ocorrência de eventos adversos, exigindo respostas corretivas para conter seus efeitos negativos. Essa tipologia orientou o processo de análise temática de conteúdo e a codificação dos dados empíricos. Observou-se, contudo, que determinadas barreiras apresentavam caráter transversal, atuando simultaneamente antes e após a ocorrência de eventos críticos. Diante disso, foi incorporada uma categoria adicional de barreiras híbridas, de modo a representar entraves que operam de forma contínua ao longo do ciclo organizacional, permitindo uma interpretação mais precisa da dinâmica de restrições nos ecossistemas de inovação analisados.

Como etapa complementar à construção do modelo, aplicou-se a análise MICMAC, voltada à identificação da dependência entre as barreiras. Esse método, a partir dos valores de poder de condução e dependência obtidos na Matriz Cônica, permite classificar as barreiras em quatro grupos: (I) autônomas, com baixa condução e dependência, geralmente desconectadas do sistema; (II) dependentes, caracterizadas por fraco poder de condução e alta dependência; (III) de ligação, com forte condução e elevada dependência, representando elementos instáveis no sistema; e (IV) condutoras ou independentes, que exercem alto poder de condução sobre as

demais (Yadav & Barve, 2015; Majumdar & Sinha, 2019). Esta classificação é fundamental, pois o grupo de barreiras condutoras representa os elementos-chave do sistema, exigindo a maior atenção dos gestores para promover mudanças estruturais e solucionar os desafios de forma eficiente.

O método MICMAC constitui uma técnica de análise estrutural amplamente utilizada para identificar a força de influência (*driving power*) e a dependência (*dependence power*) entre variáveis que compõem sistemas complexos. Desenvolvido por Godet e Bourse na década de 1980 e difundido em estudos posteriores, o MICMAC é frequentemente aplicado em conjunto com o ISM, servindo como etapa complementar de validação e classificação dos fatores estruturados no modelo hierárquico (Attri, 2013; Attri, 2017).

Segundo Watson (1978), o ISM e suas derivações, como o MICMAC, visam representar graficamente sistemas sociais e tecnológicos, permitindo compreender suas inter-relações e padrões de causalidade. Attri (2017) reforça que o MICMAC fornece uma visão quantitativa do sistema, agrupando os elementos em quatro zonas - independentes (*independent*), de ligação (*linkage*), dependentes (*dependent*) e autônomas (*autonomous*) - de acordo com a intensidade de suas relações. Essa classificação permite identificar variáveis-chave e prever efeitos em cascata dentro do sistema analisado.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Barreiras

O quadro geral das barreiras (Quadro 2) sintetiza, de forma integrada, os principais obstáculos identificados tanto na literatura acadêmica quanto nas entrevistas realizadas com os diferentes atores do IE analisados. Essa sistematização permite visualizar, em um único quadro, as barreiras classificadas e codificadas, acompanhadas dos respectivos autores, bem como dos entrevistados que as mencionaram. Ao reunir essas informações, o Quadro 2 oferece uma base comparativa sólida para compreender quais desafios são amplamente reconhecidos na literatura e quais emergem de forma contextual, a partir da experiência prática dos participantes, servindo como etapa fundamental para a priorização e análise estrutural posterior.

Quadro 2 - Barreiras identificadas na literatura e nas entrevistas.

Código	Barreira	Fonte
B1	Alta burocracia regulatória para estabelecer no mercado como <i>deep tech</i>	Atuahene-Gima et al (2006); Roma et al (2023); Elitzur et al. (2024); Danneels et al (2025); E1; E2; E3; E5; E6; E7; E8; E11; E21; E22; E23; E27; E28; E31; E32; E41
B2	Falta de regulamentação específica para inovações disruptivas <i>deep tech</i>	Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Sardana et al (2025); E2; E3; E7; E8; E10; E11, E14; E18; E22; E27; E30; E32; E38; E42; E44
B3	Alta dependência externa na cadeia de valor (clientes e fornecedores)	Bruno et al (1992); Podoyntsyna et al (2013); Ahmadi & O’Cass (2018); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Sardana et al (2025); E1; E2; E4; E7; E9; E10; E11; E13; E19; E27; E28; E29; E30; E32
B4	Dificuldades de comunicação e estruturação/alinhamento organizacional	Bruno et al (1992); Adamides & Karacapilidis (2006); Song et al (2008); Fuller & Rothaermel (2012); Jean et al. (2014); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Danneels et al (2024); Mauer et al (2024); E2; E5; E6; E11; E18; E27; E34; E38; E40; E44
B5	Baixa maturidade organizacional (ex.: planejamento de tempo, retenção de talentos, etc.)	Fan et al (2006); Souitaris & Maestro (2010); Fuller & Rothaermel (2012); Marvel (2013); Whelan & Teigland (2013); Fisher et al (2017); Ahmadi & O’Cass (2018); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Danneels et al (2024); E3; E5; E7; E11; E20; E27
B6	Dificuldades de acesso a recursos de fomento e investimento	Bruno et al (1992); Li & Atuahene-Gima (2002); Song et al (2006); Zhu & Allee (2008); Fuller & Rothaermel (2012); Amankwah-Amoah et al (2023); Roma et al (2023); Wright et al (2023); Dal Mas et al (2024); Elitzur et al (2024); Raff et al (2024a); Ramge & Vera (2024); Sardana et al (2025); E7; E8; E28; E33; E23; E24
B7	Alto custo e complexidade de alocação de recursos para o P&D	Nerkar & Shane (2003); Song et al. (2006); Gupta et al (2006); Song et al (2008); Zhu & Allee (2008); Jean et al. (2014); Ahmadi & O’Cass. (2018); Forti et al (2020); Wang & Zhou (2022); Roma et al (2023); Dal Mas et al. (2024); Danneels et al (2024); Elitzur (2024); Raff et al. (2024a); Ramge & Vera (2024); Sardana et al (2025); E2; E3; E4; E7; E8; E11; E18; E22, E27; E38; E39
B8	Falta de ambientação empresarial	Iansiti (1995); Song et al (2008); Fuller & Rothaermel (2012); Marvel (2013); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Honig & Samuelsson (2021); Wang & Zhou (2022); Amankwah-Amoah et al (2023); Arora et al (2024); Dal Mas et al (2024); Ramge & Vera (2024); E3; E26; E31; E29; E34
B9	Resistência do cliente a adotar uma inovação <i>deep tech</i>	Nerkar & Shane (2003); Song et al (2008); Ahmadi & O’Cass (2018); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Amankwah-Amoah et al (2023); Roma et al (2023); E23; E30; E39; E40; E42; E43

Código	Barreira	Fonte
B10	Problemas operacionais e logísticos devido a alta complexidade da inovação e dos processos relacionados	Atuahene-Gima et al (2006); Souitaris & Maestro (2010); Amankwah-Amoah (2023); Danneels et al (2024); E5; E8; E12; E16; E17; E18; E19; E30; E40; E41; E42
B11	Resistência em compartilhar tecnologias e informações com outros <i>stakeholders</i> por medo de sabotagem	Fuller & Rothaermel (2012); Amankwah-Amoah et al (2023); Roma et al (2023); Wright et al (2023); Elitzur et al (2024); E18
B12	Falta de engajamento interno para sustentabilidade	E7; E8, E15; E17; E26; E34
B13	Dificuldade para acesso a capital e para posicionamento no mercado como uma <i>deep tech</i> sustentável	Li et al (2012); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Amankwah-Amoah et al (2023); Roma et al (2023); Sardana et al (2025); E26; E33
B14	Dependência de plataformas digitais para gerenciamento dos pedidos acarretando à perda de informação	E3; E39
B15	Dificuldade de entrada em mercados já estabelecidos por concorrentes tradicionais (<i>timing</i> de mercado)	Zhu & Allee (2008); Li et al (2012); Honig & Samuelsson (2013); Lee & Asllani (2013); Podoyntsyna et al (2013); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); E1; E4; E19; E26; E27; E43
B16	Incerteza e instabilidade de mercado	E1; E6; E7; E18; E19; E23; E26; E27; E30; E38; E39
B17	Dificuldade de compreender as necessidades e requisitos dos clientes e do mercado, traduzindo em uma solução comercializável	Bruno et al (1992); Iansiti (1995); De Coster & Butler (2005); Atuahene-Gima et al (2006); Gupta et al (2006); Fuller & Rothaermel (2012); Marvel (2012); Song et al (2008); Lin & Li (2013); Podoyntsyna, K. et al (2013); Jean et al. (2014); Ahmadi & O’Cass (2018); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Amankwah-Amoah et al (2023); Danneels et al (2024); Mauer et al (2024); E20; E40; E42; E44
B18	Falta de articulação institucional - com atores do ecossistema	Jean et al. (2014); Honig & Samuelsson (2021); Amankwah-Amoah et al (2023); Arora et al (2024); Danneels et al (2024); Elitzur et al (2024); Sardana et al (2025); E22; E34; E39
B19	Internacionalização - Alto custo para testes e proteção intelectual a nível internacional	Kumar & Jain (2003); Atuahene-Gima et al (2006); Marvel (2012); Lin & Li (2013); Podoyntsyna et al (2013); Ahmadi & O’Cass (2018); Danneels et al (2024); Mauer et al (2024); E21; E22
B20	Alto investimento em capital humano	E1; E3
B21	Cultura empresarial engessada com orientação linear (acadêmica) e falta de dinamicidade para mudanças	Li & Atuahene-Gima (2002); Fuller & Rothaermel (2012); Lin & Li (2013); Fisher et al (2017); Ahmadi & O’Cass (2018); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Wang et al. (2022); Amankwah-Amoah et al (2023); Dal Mas et al (2024); Danneels et al (2024); E25

Código	Barreira	Fonte
B22	Alta burocracia nos processos internos e dificuldade para gestão da informação internamente	Adamides & Karacapilidis (2006); Gupta et al (2006); Song et al (2008); Whelan & Teigland (2013); Ahmadi & O’Cass (2018); Arora et al (2024); Danneels et al (2024); Elitzur et. al (2024); Range & Vera (2024); E3; E14
B23	Limitações de conhecimento de inovação	Fan et al (2006); Karacapilidis (2006); Song et al.(2006); Song et al (2008); Marvel (2012); Whelan & Teigland (2013); Ahmadi & O’Cass (2018); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Forti et al (2020); Danneels et al (2024); E2; E6; E7; E8; E24, E27
B24	Desafios na integração de recursos (Complexidade de acesso e alinhamento de conhecimento/informação da inovação)	Li & Atuahene-Gima (2002); Nerkar & Shane (2003); Atuahene-Gima et a (2006); Song et al (2006); Podoyntsyna et al (2013); Ahmadi & O’Cass (2018); Wang et al. (2022); Wright et al (2023); Danneels et al (2024); Mauer et al (2024)

Fonte: Os autores (2026)

Foi utilizado a escala *Likert* para priorização das 24 barreiras inicialmente identificadas, utilizando o seguinte questionamento para cada uma das barreiras: “Declare o nível de impacto percebido dos desafios abaixo para o negócio *deep tech* da GoGenetic, sendo: 1 = impacto insignificante; 2 = Baixo impacto; 3 = Impacto moderado; 4 = Alto impacto; 5 = Impacto crítico”.

Após a priorização das barreiras, realizada pelos 15 gestores da GoGenetic, foi possível concentrar a análise nas 11 barreiras (Tabela 1), resultado da média das respostas, consideradas mais críticas para o desenvolvimento e consolidação da *startup* no ecossistema de inovação sustentável. Além disso, a seleção das barreiras prioritárias serviu de base para as etapas subsequentes da ISM e da análise *Fuzzy MICMAC*, garantindo maior precisão na identificação das inter-relações e no entendimento dos elementos estruturantes que condicionam os desafios enfrentados pela empresa.

Tabela 1 - Priorização das barreiras.

Código	Barreira	Peso
B2	Falta de regulamentação específica para inovações disruptivas <i>deep tech</i>	4,33
B1	Alta burocracia regulatória para estabelecer no mercado como <i>deep tech</i>	4,27
B3	Alta dependência externa na cadeia de valor (clientes e fornecedores)	4,20
B20	Alto investimento em capital humano	3,87
B4	Dificuldades de comunicação e estruturação/alinhamento organizacional	3,53
B7	Alto custo e complexidade de alocação de recursos para o P&D	3,53
B5	Baixa maturidade organizacional (ex.: planejamento de tempo, retenção de talentos, etc.)	3,47
B9	Resistência do cliente a adotar uma inovação <i>deep tech</i>	3,47
B10	Problemas operacionais e logísticos devido a alta complexidade da inovação e dos processos relacionados	3,47
B6	Dificuldades de acesso a recursos de fomento e investimento	3,33
B16	Incerteza e instabilidade de mercado	3,27

Fonte: Os autores (2026)

A barreira 1 (Alta burocracia regulatória para estabelecer no mercado como *deep tech*) dificulta a inserção dessas *startups* no ambiente comercial. A ausência de leis claras e de uma classificação de atividade econômica adequada (E1, E2, E7) gera insegurança jurídica, enquanto a atuação desarticulada de múltiplos órgãos impõe exigências sobrepostas e morosidade nos processos. Somam-se a isso entraves no acesso a informações e a complexidade administrativa (Roma et al., 2023), que atrasam licenciamentos e dificultam a expansão das empresas. Já a barreira 2 (Falta de regulamentação específica para inovações disruptivas *deep tech*) dificulta a atuação de *startups*, pois elas dependem de licenças de órgãos como agência reguladora sanitária e Ministério da Agricultura e Pecuária, cujos processos são lentos e não acompanham o ritmo das inovações. Isso gera lacunas legais, atrasos na entrada no mercado e insegurança jurídica (E2; E3; E7; E8; E10; E11, E14; E18; E22; E27; E30; E32; E38; E42; E44). É interessante notar que esta barreira foi identificada apenas nas entrevistas não sendo visualizada na literatura.

A alta dependência externa na cadeia de valor (B3) mostra a vulnerabilidade da *startup*

diante de fornecedores concentrados e monopólios, que reduzem seu poder de negociação. A infraestrutura e burocracia universitária (Amankwah-Amoah & Hinson, 2019) geram lentidão e pouca autonomia. A dependência de insumos importados (E1, E19, E27) expõe a empresa à variação cambial e instabilidade financeira. Além disso, a forte dependência de um único cliente (Bruno et al., 1992) aumenta os riscos estratégicos e operacionais. Esses fatores combinados fragilizam o modelo de negócios e dificultam o planejamento. A dificuldade de comunicação e de alinhamento organizacional (B4) compromete diretamente a eficiência interna e o posicionamento estratégico da empresa. Estratégias de vendas mal definidas e produtos pouco claros (Song et al., 2008) dificultam a compreensão de valor por parte dos clientes e parceiros. Internamente, falhas na comunicação e na definição de papéis (Fuller & Rothaermel, 2012), metas e processos geram desalinhamentos entre equipes. Esses ruídos se traduzem em atritos corporativos, perda de produtividade e retrabalho (E40). Como consequência, a empresa enfrenta barreiras para crescer de forma coesa e competitiva no mercado.

A barreira relacionada à baixa maturidade organizacional (B5) evidencia fragilidades estruturais que comprometem o desenvolvimento estratégico da *startup*. A dificuldade em definir claramente identidade, estruturas e governança leva a constantes ajustes para públicos diversos (Fisher et al., 2017), gerando instabilidade interna. A centralização excessiva das decisões, somada à falta de tempo para planejamento, limita a capacidade de antecipar desafios e coordenar ações eficazes. A ausência de lideranças técnicas (E27) e suporte jurídico (E3) agrava lacunas operacionais, enquanto a equipe técnica enfrenta uma curva de aprendizado acentuada em gestão de pessoas e projetos (Souitaris & Maestro, 2010). Esses fatores combinados reduzem a eficiência e dificultam a consolidação institucional. A B6 (dificuldades de acesso a recursos de fomento e investimento) limita a execução de projetos e desacelera o crescimento organizacional. A falta de capital externo e interno dificulta a formação de equipes qualificadas (Amankwah-Amoah et al., 2023) e o avanço tecnológico. Além disso, o acesso restrito a crédito (E41) e políticas públicas instáveis agravam a vulnerabilidade financeira e reduzem oportunidades de inovação.

O alto custo e a complexidade na alocação de recursos para P&D (B7) representam um desafio crítico para *startups deep tech* (Song et al., 2006). O desenvolvimento em larga escala exige investimentos substanciais em infraestrutura (Raff et al., 2024a; E2; E3), equipamentos e testes especializados, elevando significativamente os gastos operacionais. Além disso, muitas empresas enfrentam escassez de recursos em fases específicas do ciclo de inovação (Roma et al., 2023), como ideação ou escalonamento tecnológico. Essa limitação compromete a

continuidade dos projetos e dificulta a transição de soluções promissoras para o mercado. A B9 (resistência do cliente a adotar uma inovação *deep tech*) está relacionada a fatores econômicos, culturais e operacionais. Muitas vezes, os consumidores preferem manter métodos tradicionais (E42) por serem mais baratos e familiares, mesmo que menos eficientes. Em setores como o agrícola, há dificuldades práticas no uso de produtos biológicos (E23), como exigências de temperatura, mistura e armazenamento em campo. Além disso, a quebra de paradigmas tecnológicos e a concorrência com análises convencionais reforçam essa resistência inicial à mudança (Nerkar & Shane, 2003).

A barreira B10 (Problemas operacionais e logísticos devido à alta complexidade da inovação e dos processos relacionados) evidencia entraves práticos que impactam diretamente a eficiência das atividades (Souitaris & Maestro, 2010). As condições ambientais específicas dos processos dificultam a execução ideal das tarefas, exigindo infraestrutura especializada, como sistemas de rede e materiais adequados (Atuahene-Gima et al., 2006). A logística complexa envolve transporte sensível (ex.: uso de gelo seco, isopor) (E12, E18) e dependência de prazos rígidos para o ciclo de amostras, frequentemente sujeitos a atrasos (E19). Há ainda dependência de suporte técnico (E3) e necessidade de rastreamento e formalização detalhada de pedidos para evitar falhas (E16). Por fim, burocracias alfandegárias (E19) e longas distâncias (E42) ampliam os riscos de atraso, comprometendo a confiabilidade operacional.

A incerteza e instabilidade de mercado (B16) está relacionada a fatores externos que afetam diretamente a previsibilidade das operações e dos investimentos (B18). Mudanças climáticas (E6) e alterações nas safras (E39) impactam a produtividade do agronegócio, gerando riscos econômicos e operacionais. Além disso, conflitos políticos (E1) e instabilidade cambial (E19) elevam a volatilidade dos mercados, dificultando o planejamento estratégico e financeiro. Esse cenário instável reduz a confiança de investidores e amplia os desafios de *startups deep tech* para consolidar suas soluções em setores sensíveis às variações externas. A B20 (alto investimento em capital humano) refere-se à necessidade de mão de obra altamente qualificada (E1, E3) para o desenvolvimento de inovações *deep tech*. Esse perfil especializado é geralmente formado em universidades e instituições de pesquisa, exigindo investimentos elevados em capacitação e retenção de talentos. Além disso, a competição por profissionais com conhecimento técnico avançado é intensa, elevando custos salariais e dificultando a manutenção de equipes estáveis. Isso impacta diretamente a velocidade de desenvolvimento e a sustentabilidade financeira das *startups*.

2.3.2. Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM)

O ISM (*Interpretive Structural Modeling*) constitui uma ferramenta metodológica utilizada para identificar e organizar de forma hierárquica as relações de influência entre diferentes fatores ou barreiras dentro de um sistema complexo (Watson, 1978; Attri et al., 2013). Ao estruturar essas interdependências, o ISM permite transformar percepções qualitativas de especialistas em um modelo gráfico sistematizado, destacando os elementos condutores e dependentes do sistema analisado. Essa abordagem é particularmente útil em estudos sobre ecossistemas de inovação, nos quais múltiplos atores e variáveis interagem de maneira dinâmica e não linear, exigindo métodos capazes de revelar estruturas ocultas e auxiliar na definição de estratégias mais eficazes de intervenção e planejamento.

Considerando que a linha é *i* e a coluna *j* (Tabela 2), a letra (A) indica que o fator "j" atua sobre o fator "i". A letra (V) indica que o fator "i" atua sobre o fator "j". A letra (X) é inserida indicando que ambos os fatores, "i" e "j", atuam em conjunto. A letra (O) indica uma relação nula entre os fatores "i" e "j".

Tabela 2 - Matriz de conectividade.

	B16	B6	B10	B9	B5	B7	B4	B20	B3	B1	B2
B2	V	O	O	V	O	O	O	O	V	X	
B1	V	V	V	O	O	O	O	V	X		
B3	X	O	A	A	O	V	A	O			
B20	A	O	A	A	A	X	A				
B4	X	X	X	V	X	V					
B7	A	O	A	A	A						
B5	O	V	V	V							
B9	X	O	A								
B10	O	X									
B6	X										
B16											

Para a construção da matriz de acessibilidade SSIM inicial, a codificação seguiu os passos descritos na Seção 2.2.3

Tabela 3 - Matriz de acessibilidade inicial.

	B2	B1	B3	B20	B4	B7	B5	B9	B10	B6	B16
B2	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
B1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
B3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
B20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
B4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
B5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
B9	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
B10	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
B6	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
B16	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1

Para a matriz de acessibilidade final, foi realizado o processo de transitividade com o propósito de identificar relações indiretas entre as barreiras. Para representar essas conexões, foi inserido o número 1 em vermelho, permitindo evidenciar interações que não ocorrem de forma direta. O resultado desse procedimento está ilustrado na Tabela 4, que apresenta a versão final da matriz de acessibilidade.

Tabela 4 - Matriz de acessibilidade final.

	B2	B1	B3	B20	B4	B7	B5	B9	B10	B6	B16
B2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
B1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
B3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
B20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
B4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
B5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B9	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
B10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B16	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A partir da soma dos valores de poder de condução e de dependência, foi possível determinar a hierarquia dos níveis das barreiras analisadas, conforme apresentado na Tabela 5. As barreiras situadas nos níveis mais altos devem receber prioridade na aplicação de estratégias, sendo as primeiras a serem enfrentadas. Por sua vez, os níveis mais baixos correspondem aos últimos a serem abordados no processo de mitigação.

Tabela 5 - Cálculo dos índices de dependência e autonomia das barreiras.

	B2	B1	B3	B20	B4	B7	B5	B9	B10	B6	B16	DRV
B2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
B1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
B3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
B20	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
B4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
B5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
B9	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	8
B10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
B6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
B16	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
DEP	3	7	9	11	9	11	5	9	8	9	9	

Nota: DRV (Potência motriz); DEP (Potência de dependência)

Ao realizar a divisão da matriz em níveis, torna-se possível identificar e classificar a intensidade de influência exercida por cada barreira sobre o sistema analisado (ver Tabela 6). As barreiras localizadas nos níveis inferiores da hierarquia possuem maior poder de condução, funcionando como elementos estruturantes que impulsionam e condicionam o comportamento das barreiras posicionadas nos níveis superiores. Essa classificação hierárquica auxilia na definição de prioridades estratégicas, permitindo concentrar esforços iniciais na resolução dos fatores de base que desencadeiam efeitos em cadeia sobre as demais barreiras.

Tabela 6 - Interações de particionamento de matriz de níveis.

Barriers	reachability	antecedent	Nível
B2	2,1,3,20,4,7,9,10,6,16	2,1,3	VI
B1	2,1,3,20,4,7,9,10,6,16	2,1,3,4,9,10,16	IV
B3	2,1,3,20,4,7,9,10,6,16	2,1,3,4,5,9,10,6,16	II
B20	20,7	2,1,3,20,4,7,5,9,10,6,16	I
B4	1,3,20,4,7,5,9,10,6,16	2,1,3,4,5,9,10,6,16	II
B7	20,7	2,1,3,20,4,7,5,9,10,6,16	I
B5	3,20,4,7,5,9,10,6,16	4,5,10,6,16	V
B9	1,3,20,4,7,9,6,16	2,1,3,4,5,9,10,6,16	II
B10	1,3,20,4,7,5,9,10,6,16	2,1,3,4,5,10,6,16	III
B6	3,20,4,7,5,9,10,6,16	2,1,3,4,5,9,10,6,16	II
B16	1,3,20,4,7,5,9,10,6,16	2,1,3,4,5,9,10,6,16	II

A Figura 6 sintetiza a hierarquia das barreiras identificadas no ecossistema de inovação sustentável de uma *startup deep tech*, estruturada por meio do ISM. Observa-se que as barreiras localizadas nos níveis inferiores (VI–IV) como a falta de regulamentação específica para inovações disruptivas (B2), a baixa maturidade organizacional (B5) e a alta burocracia

regulatória (B1) exercem papel estruturante, pois condicionam o funcionamento de todo o sistema e influenciam diretamente as barreiras posicionadas nos níveis intermediários. Nesse nível (III–II), destacam-se os problemas operacionais e logísticos (B10), que atuam como elo entre os fatores institucionais e as barreiras de mercado, além de desafios relacionados à dependência externa da cadeia de valor (B3), dificuldades de comunicação e alinhamento organizacional (B4), acesso restrito a fomento e investimento (B6), resistência de clientes à adoção de inovações *deep tech* (B9) e incertezas de mercado (B16).

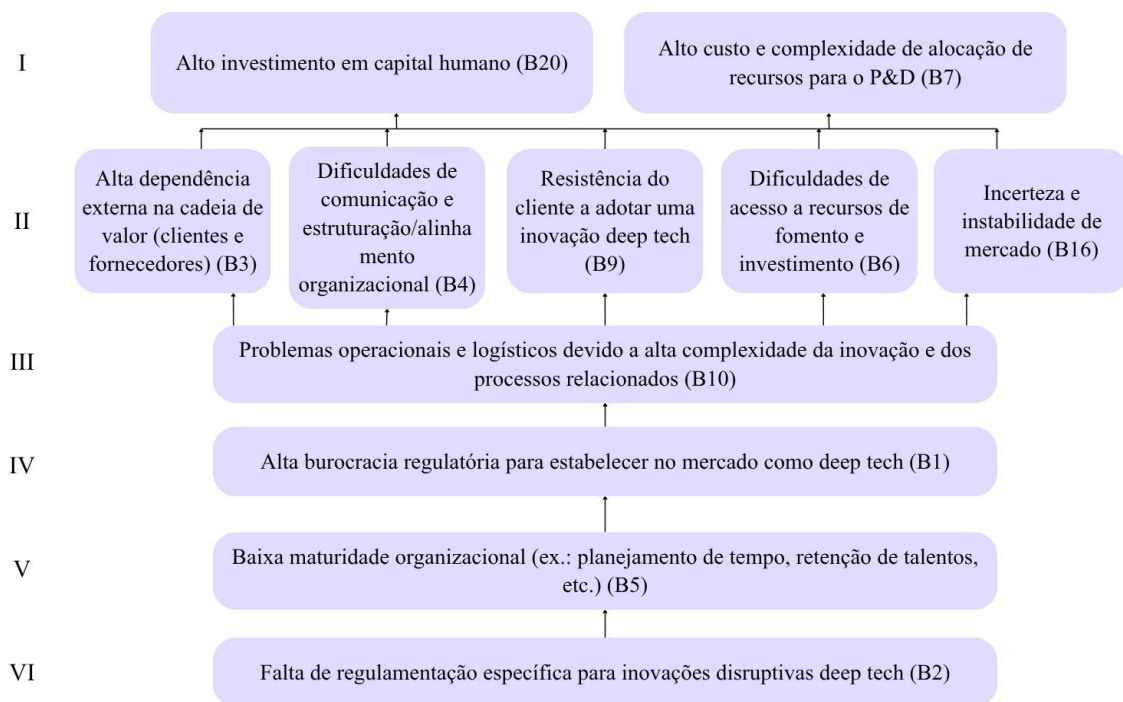


Figura 6 - Barreiras organizadas por nível

Fonte: Os autores (2026)

No topo da hierarquia (nível I) situam-se as barreiras resultantes, como o alto investimento em capital humano (B20) e os elevados custos e complexidade de alocação de recursos para P&D (B7), que refletem consequências acumuladas dos entraves institucionais, organizacionais e operacionais. Assim, a estrutura hierárquica evidencia que estratégias eficazes de mitigação devem priorizar a superação das barreiras de base, criando condições para reduzir os gargalos intermediários e, conseqüentemente, atenuar os efeitos das barreiras de nível superior.

2.3.3. Fuzzy MICMAC

A aplicação da análise *Fuzzy* MICMAC permitiu identificar a distribuição das barreiras segundo seus níveis de poder de condução (*driving power*) e poder de dependência (*dependence power*). O gráfico quadripolar (Figura 7) evidencia quatro zonas distintas, representando os papéis estruturais de cada variável dentro do sistema de inovação analisado.

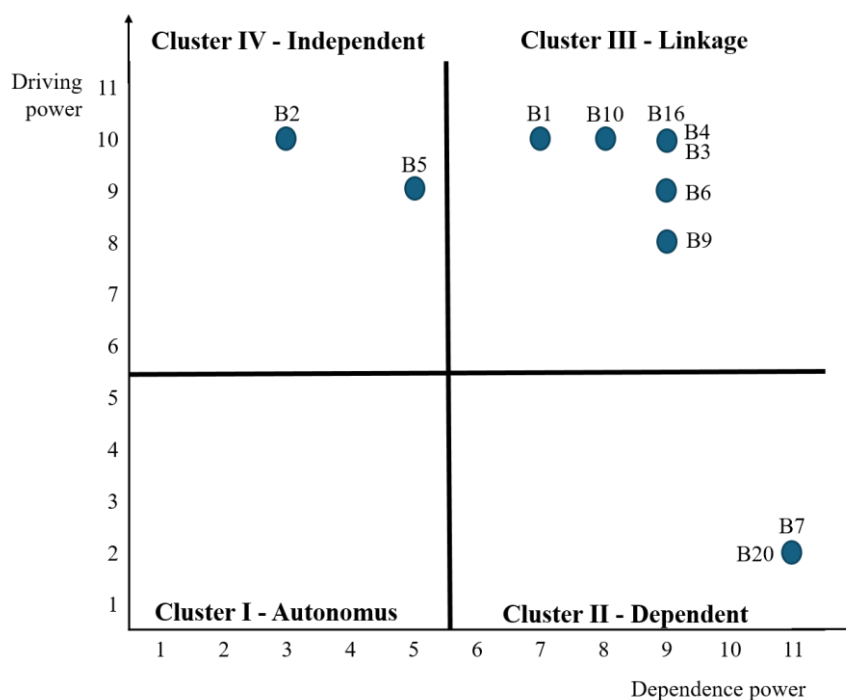


Figura 7 - Gráfico da aplicação Fuzzy MICMAC

No quadrante superior esquerdo, de barreiras independentes (*Independent*), localiza-se a B2 (Falta de regulamentação específica para inovações disruptivas *deep tech*) e B5 (Baixa maturidade organizacional). Estas variáveis apresentam alta capacidade de influência e baixa dependência, configurando-se como elemento causador primário. A ausência de regulamentação adequada impacta diretamente outras dimensões, como acesso a fomento, burocracia e estabilidade de mercado, sendo considerada uma barreira raiz no sistema, conforme os critérios de Attri (2017) e Villabruna et al. (2024).

O quadrante superior direito, composto pelas barreiras de ligação (*Linkage*), concentra a maior parte dos elementos identificados: B1 (Alta burocracia regulatória), B3 (Alta dependência externa da cadeia de valor), B4 (Dificuldades de comunicação e alinhamento organizacional), B9 (Resistência do cliente à inovação *deep tech*), B6 (Dificuldade de acesso a

fomento e investimento), B10 (Problemas operacionais e logísticos) e B16 (Incerteza e instabilidade de mercado). Estas barreiras caracterizam-se por altos níveis simultâneos de condução e dependência, evidenciando relações interdependentes e instabilidade sistêmica. Pequenas alterações em qualquer uma delas tendem a gerar efeitos em cascata sobre as demais, o que reforça a necessidade de abordagens integradas e políticas coordenadas de mitigação.

No quadrante inferior direito estão as barreiras dependentes (*Dependent*), B7 (Alto custo e complexidade de P&D) e B20 (Alto investimento em capital humano). Estas variáveis apresentam elevada dependência e baixo poder de condução, sendo consideradas consequências diretas de falhas estruturais do sistema. Sua superação está condicionada ao enfrentamento prévio das barreiras independentes e de ligação.

Por fim, o quadrante inferior esquerdo, correspondente às barreiras autônomas (*Autonomous*), não apresentou ocorrências relevantes, o que indica alta interconectividade sistêmica entre as barreiras identificadas. Esse padrão confirma o que Ahmad et al. (2019) e Watson (1978) descrevem como característica típica de sistemas complexos e emergentes onde praticamente todas as variáveis exercem influência mútua.

Assim, a configuração do diagrama MICMAC demonstra que o sistema de inovação analisado é dominado por barreiras de ligação, refletindo um ecossistema em fase de maturação, sujeito à instabilidade regulatória, operacional e institucional. A ênfase em ações estruturais voltadas à regulação (B2) e ao fortalecimento organizacional (B5) representa o caminho mais eficaz para a mitigação progressiva das barreiras dependentes e o fortalecimento da sustentabilidade do ecossistema *deep tech*.

2.3.4. Estratégias

As barreiras enfrentadas por *startups deep tech* refletem a complexidade de um ambiente em que fatores regulatórios, organizacionais e de mercado se entrelaçam, exigindo respostas estratégicas articuladas. A aplicação da metodologia ISM possibilita compreender como essas barreiras se relacionam em níveis hierárquicos, revelando causas estruturais e efeitos interdependentes que influenciam o desempenho e a sustentabilidade das empresas. As estratégias de mitigação (S1–S25) (Quadro 3), derivadas das mesmas fontes da literatura que fundamentaram a identificação das barreiras bem como dos mesmos entrevistados, foram integradas ao modelo (Figura 8) para orientar ações práticas de superação e fortalecimento das capacidades organizacionais, reforçando a adaptabilidade, a eficiência e a legitimidade

institucional das *startups deep tech* nos ecossistemas de inovação.

Quadro 3 - Estratégias identificadas na literatura e nas entrevistas.

Código	Estratégias	Autores
S1	Aculturação/evangelização e adaptação de mercado.	E1, E11, E18, E20, E22, E25, E40, E41
S2	Arquitetura de redes para cocriação estratégica.	Bruno et al (1992); Li & Atuahene-Gima (2002); Kumar & Jain (2003); Nerkar & Shane (2003); Atuahene-Gima et al (2006); Gupta et al (2006); Marvel (2013); Jean et al. (2014); Fisher et al. (2017); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Amankwah-Amoah et al (2023); Dal Mas et al (2024); Mauer et al (2024); E1, E17, E18, E22, E26, E27, E30, E32, E33, E34, E36, E39, E40, E41, E43
S3	Orquestração tecnológica radical e cercamento digital.	Nerkar & Shane (2003); E1, E2, E5, E11, E13, E14, E15, E27, E30, E33, E34, E35, E37, E41, E43
S4	Governança alavancada pelo capital humano.	E2, E5, E27, E28, E33, E35, E38, E44
S5	Sustentabilidade sistêmica com valor circular.	E5, E7, E8, E11, E14, E33, E38, E41, E42
S6	Atendimento customizado e humanizado.	E5, E11, E14, E18, E20, E28, E33, E38, E40, E42, E44
S7	Capacitação avançada e maturidade empreendedora.	Bruno et al (1992); Li & Atuahene-Gima (2002); De Coster & Butler (2005); Wang & Zhou (2022); E20, E22, E27, E29, E30, E31, E33, E36, E39, E44
S8	Agilidade relacional e conexões de confiança.	Iansiti (1995); E8, E18, E20, E38, E40, E42
S9	Conexão com governo e órgãos reguladores.	E1, E2, E4, E25, E26
S10	Governança fiscal adaptativa.	E11, E27, E32, E34
S11	Branding direcionado pela percepção de valor.	Kumar & Jain (2003); Nerkar & Shane (2003); Atuahene-Gima et al (2006); Gupta et al (2006); Fisher et al (2017); Wang & Zhou (2022); Wright et al (2023); E20; E39
S12	Comunicação baseada em inteligência colaborativa.	Marvel (2012); E11, E20, E26
S13	Diversificação de fontes de fomento e investimento.	Forti et al (2020); Wang & Zhou (2022); Wright et al (2023); Mauer et al (2024); E6, E7, E9, E22, E31, E32
S14	Cocriação de valor com atores-chave.	Elitzur et al (2024); Mauer et al (2024); E30, E33, E41, E43, E44
S15	Investimento contínuo em P&D.	Bruno et al (1992); Li & Atuahene-Gima (2002); Wang & Zhou (2022); E30, E35
S16	Internacionalização alavancada por parcerias.	Ramge & Vera (2024); Sardana et al (2025); E33
S17	Adaptação contínua do modelo de negócio.	Gupta et al (2006); Dal Mas et al (2024); Danneels et al (2024); E1, E2, E3, E33, E40, E43

S18	Consultoria e capacitação do cliente.	Jean et al. (2014); Dal Mas et al (2024); Mauer et al (2024); E1, E34, E36, E37
S19	Negociação contratual adaptativa.	Amankwah-Amoah et al (2023); Roma et al (2023); Dal Mas et al (2024); E18, E40, E42, E44
S20	Formalização e padronização de processos com base em lições aprendidas.	Danneels et al (2024); E33, E40
S21	Decisão responsiva e baseada em critérios	Souitaris & Maestro (2010); Marvel (2012); Podoynitsyna et al (2013); Amankwah-Amoah & Hinson (2019); Wright et al. (2023)
S22	Profissionalização tecnológica escalável.	De Coster & Butler (2005); Souitaris & Maestro (2010); E26
S23	Posicionamento orientado a diferenciais competitivos.	E3
S24	Qualificação regulatória de fornecedores.	De Coster & Butler (2005); Lin & Li (2013); Jean et al. (2014); E4, E39
S25	Consolidação estrutural e organizacional.	Danneels et al (2024); E3

Fonte: Os autores (2026)

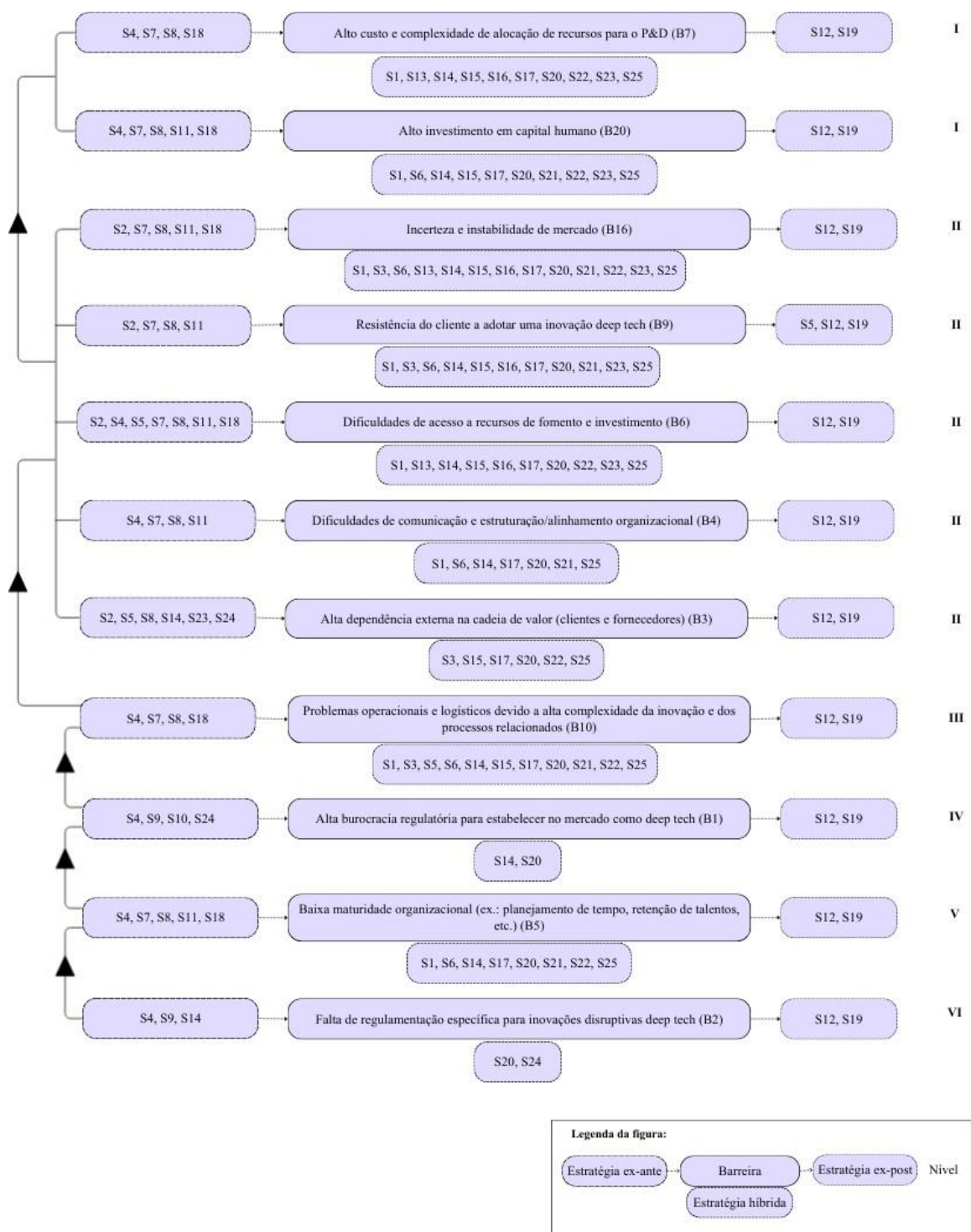


Figura 8 - Barreiras, estratégias ex-ante, ex-post e híbridas, e seus respectivos níveis.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 8 sintetiza a relação entre barreiras à inovação *deep tech* e as estratégias de mitigação adotadas em diferentes momentos do processo, distinguindo ações *ex-ante*, *ex-post*

e híbridas. As barreiras priorizadas são apresentadas no eixo central, enquanto as estratégias associadas aparecem lateralmente, evidenciando se devem ser mobilizadas de forma preventiva (*ex-ante*), reativa (*ex-post*) ou em ambos os momentos (híbridas).

Nos níveis inferiores da hierarquia (VI–IV), localizam-se as barreiras de natureza institucional, regulatória e organizacional, como a falta de regulamentação específica (B2), a baixa maturidade organizacional (B5) e a alta burocracia regulatória (B1). Nesse estágio, estratégias como S4 (governança alavancada pelo capital humano), S7 (capacitação avançada e maturidade empreendedora), S8 (agilidade relacional), S9 (conexão com governo e órgãos reguladores), S10 (governança fiscal adaptativa), S11 (branding direcionado pela percepção de valor) e S18 (consultoria e capacitação do cliente) atuam preventivamente, criando bases mínimas de legitimidade, estrutura interna e alinhamento institucional para o funcionamento do ecossistema. Esse resultado dialoga com a literatura que aponta que *startups deep tech* enfrentam restrições institucionais estruturais, como lacunas regulatórias e elevada burocracia, que limitam sua inserção e evolução no mercado (Amankwah-Amoah & Hinson, 2019; Danneels et al, 2024; Sardana et al., 2025). Nesse contexto, estratégias *ex-ante* associadas à governança, capacitação e aproximação institucional contribuem para mitigar incertezas e fortalecer a legitimidade organizacional, favorecendo o alinhamento com as exigências do ambiente regulado e do ecossistema de inovação (Fuller & Rothaermel, 2012; Amankwah-Amoah et al., 2023).

À medida que se avança para os níveis intermediários (III–II), onde emergem barreiras operacionais, relacionais e de mercado — como problemas operacionais e logísticos (B10), dependência externa da cadeia de valor (B3), dificuldades de comunicação e alinhamento organizacional (B4), restrições de acesso a fomento (B6), resistência do cliente à adoção de inovações *deep tech* (B9) e incertezas de mercado (B16) — predominam estratégias híbridas, que combinam antecipação e resposta adaptativa. Entre elas, destacam-se S1 (aculturação e evangelização de mercado), S2 (arquitetura de redes para cocriação estratégica), S3 (orquestração tecnológica radical), S6 (atendimento customizado e humanizado), S13 (diversificação de fontes de fomento) e S14 (cocriação de valor com atores-chave), em consonância com estudos que evidenciam o papel das redes colaborativas e da articulação com *stakeholders* na mitigação de riscos operacionais e na construção de legitimidade de mercado (Bruno et al., 1992; Jean et al., 2014; Amankwah-Amoah et al., 2023).

Esse conjunto é complementado por estratégias como S15 (investimento contínuo em

P&D), S16 (internacionalização por parcerias), S17 (adaptação contínua do modelo de negócio), S20 (formalização e padronização de processos), S21 (decisão responsiva baseada em critérios), S22 (profissionalização tecnológica escalável) e S23 (posicionamento por diferenciais competitivos), que atuam como mecanismos de mediação. Tais achados convergem com a literatura que aponta que desafios operacionais, dependência de recursos externos e incertezas de mercado são recorrentes em contextos de inovação tecnológica intensiva, exigindo respostas estratégicas baseadas em redes, aprendizado e adaptação contínua (Nerkar & Shane, 2003; Podoyntsyna et al., 2013; Amankwah-Amoah & Hinson, 2019; Danneels et al., 2024). Nesse sentido, essas estratégias contribuem para reduzir a propagação das barreiras estruturais e amortecer seus efeitos sobre o desempenho organizacional.

No topo da hierarquia (nível I), onde se situam as barreiras resultantes — alto investimento em capital humano (B20) e elevados custos e complexidade de alocação de recursos para P&D (B7) — observa-se uma convergência clara para estratégias *ex-post*, em especial S12 (comunicação baseada em inteligência colaborativa) e S19 (negociação contratual adaptativa), que aparecem associadas a todas as barreiras analisadas nesse estágio. Essas estratégias desempenham papel transversal e reativo, voltado à reorganização do sistema após a manifestação dos efeitos cumulativos das barreiras, permitindo realinhar expectativas, renegociar contratos, ajustar narrativas de valor e sustentar a continuidade das relações com clientes, parceiros e investidores. Tal dinâmica é consistente com a literatura que aponta que custos elevados de P&D e dependência intensiva de capital humano emergem como efeitos sistêmicos das restrições estruturais enfrentadas por *startups* tecnológicas, exigindo respostas adaptativas baseadas em comunicação, aprendizagem relacional e reconfiguração contratual (Nerkar & Shane, 2003; Roma et al., 2023; Dal Mas et al., 2024). Assim, S12 e S19 configuram-se como estratégias *ex-post* sistêmicas, fundamentais para a resiliência do ecossistema, mas insuficientes se acionadas isoladamente, reforçando a evidência de que a mitigação efetiva das barreiras de nível superior depende, prioritariamente, do enfrentamento das barreiras estruturantes por meio de estratégias *ex-ante* e híbridas.

2.4. IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

As implicações teóricas deste estudo residem, sobretudo, na integração analítica entre barreiras, estratégias e sustentabilidade em *startups deep tech* inseridas em ecossistemas de

inovação. Ao articular evidências da RSL com dados primários e organizar as interdependências por meio do ISM e da análise *Fuzzy MICMAC*, o trabalho avança o debate ao explicitar como construtos clássicos, como interdependências tecnológicas, governança ecossistêmica e coopetição, operam, na prática, sob altas incertezas científico-tecnológicas. Essa síntese gera um arcabouço relacional capaz de distinguir barreiras condutoras das dependentes, oferecendo uma leitura estrutural do sistema que complementa abordagens fragmentadas e amplia a compreensão das condições institucionais e organizacionais que viabilizam (ou constroem) a conversão de ciência em valor de mercado em trajetórias *deep tech*.

Do ponto de vista prático, os achados fornecem um roteiro de ação para gestores, empreendedores e formuladores de políticas. A priorização hierárquica das barreiras indica onde alocar esforços inicialmente (p. ex., marcos regulatórios e maturidade organizacional) para destravar gargalos intermediários (logística, acesso a fomento, dependência de fornecedores/clientes) e, por consequência, aliviar efeitos resultantes (custos de P&D, capital humano). As estratégias encontradas como parcerias com universidades e *hubs*, inovação aberta, inteligência de mercado, certificações, *branding* e ESG, diversificação de segmentos, editais e alianças comerciais, funcionam como um “menu” combinável conforme o posicionamento da firma no ecossistema, orientando decisões de investimento, desenho de processos internos, gestão de *stakeholders* e *advocacy* institucional. Para o poder público, os resultados sugerem a necessidade de instrumentos específicos (ajustes regulatórios, compras públicas de inovação, fundos não reembolsáveis) e de mecanismos de coordenação que reduzam assimetrias de informação e tempos de tramitação.

2.5. CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou que a trajetória de uma *startup deep tech* no setor da genética é condicionada por um conjunto estruturado de barreiras que se reforçam mutuamente. A combinação entre RSL, entrevistas e os métodos ISM e *Fuzzy MICMAC* permitiu mapear e hierarquizar esses entraves, destacando barreiras institucionais e organizacionais de base,

como falta de regulamentação específica (B2), alta burocracia regulatória (B1) e baixa maturidade organizacional (B5), que irradiam seus efeitos sobre gargalos intermediários (B10, B3, B4, B6, B9, B16) e se materializam em consequências de topo, notadamente o alto investimento em capital humano (B20) e os custos de P&D (B7). Essa leitura sistêmica reforça que resolver fatores estruturantes é condição necessária para liberar desempenho operacional e de mercado.

A partir da hierarquia identificada, o estudo sugere uma lógica sequencial de intervenção no ecossistema: nos níveis inferiores, torna-se prioritário mitigar barreiras estruturais por meio de coordenação regulatória, fortalecimento da governança interna e qualificação organizacional; nos níveis intermediários, o foco desloca-se para a superação de gargalos operacionais, financeiros e de mercado; e, no nível superior, busca-se reduzir os efeitos resultantes associados ao custo e à intensidade de P&D e capital humano. Nesse contexto, o portfólio de estratégias mapeado, incluindo parcerias e inovação aberta (S2, S3, S21), acesso a editais e instrumentos públicos (S17), inteligência e diversificação de mercado (S1, S6, S22, S20, S23), certificações e *branding*/ESG (S11, S15, S19), e melhorias organizacionais (S4, S7, S8, S9, S10), opera como um conjunto combinável, cuja mobilização deve variar conforme o nível hierárquico das barreiras e a posição da firma no ecossistema. Para formuladores de políticas, os achados sustentam a adoção de instrumentos específicos (p. ex: compras públicas de inovação e fundos não reembolsáveis) e mecanismos de coordenação interinstitucional para reduzir assimetrias de informação e tempos de tramitação.

Como limitação, trata-se de um estudo de caso único, recomendando cautela na generalização. Pesquisas futuras devem explorar desenhos comparativos entre setores e países, abordagens longitudinais que capturem a evolução das interdependências ao longo dos ciclos de P&D e de comercialização, e métodos mistos que triangulem métricas de desempenho com evidências qualitativas. Ensaios de intervenção, testando combinações de estratégias em diferentes configurações ecossistêmicas, podem refinar o arcabouço proposto e indicar contingências contextuais. Em síntese, ao integrar barreiras, estratégias e sustentabilidade sob um prisma sistêmico, o estudo contribui para alinhar governança, financiamento e capacidades tecnológicas, fortalecendo a translação de ciência em soluções de alto impacto econômico, social e ambiental.

REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO 2

- ADAMIDES, Emmanuel D.; KARACAPILIDIS, Nikos. Information technology support for the knowledge and social processes of innovation management. **Technovation**, v. 26, n. 1, p. 50-59, 2006.
- ADNER, Ron et al. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. **Harvard business review**, v. 84, n. 4, p. 98, 2006.
- ADNER, Ron; KAPOOR, Rahul. 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.
- AHMADI, Hormoz; O'CASS, Aron. Transforming entrepreneurial posture into a superior first product market position via dynamic capabilities and TMT prior start-up experience. **Industrial Marketing Management**, v. 68, p. 95-105, 2018.
- AMANKWAH-AMOAHA, Joseph; HINSON, Robert E. Contextual influences on new technology ventures: A study of domestic firms in Ghana. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 143, p. 289-296, 2019.
- AMANKWAH-AMOAHA, Joseph et al. Entrepreneurial strategic posture and new technology ventures in an emerging economy. **International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research**, v. 29, n. 2, p. 385-407, 2023.
- ARORA, Ashish; FOSFURI, Andrea; RØNDE, Thomas. The missing middle: Value capture in the market for startups. **Research Policy**, v. 53, n. 3, p. 104958, 2024.
- ATTRI, Rajesh. Interpretive structural modelling: a comprehensive literature review on applications. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 10, n. 3-4, p. 258-331, 2017.
- ATTRI, Rajesh; DEV, Nikhil; SHARMA, Vivek. Interpretive structural modelling (ISM) approach: an overview. **Research journal of management sciences**, v. 2319, n. 2, p. 1171, 2013.
- ATUAHENE-GIMA, Kwaku; LI, Haiyang; DE LUCA, Luigi M. The contingent value of marketing strategy innovativeness for product development performance in Chinese new technology ventures. **Industrial Marketing Management**, v. 35, n. 3, p. 359-372, 2006.
- AUTIO, Erkko et al. Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. **Strategic entrepreneurship journal**, v. 12, n. 1, p. 72-95, 2018.
- BAGNOLI, Carlo et al. Deep Tech-La nuova onda di innovazione che le imprese italiane devono cavalcare. **Harvard Business Review Italia**, p. 82-88, 2021.
- BRUNO, Albert V.; MCQUARRIE, Edward F.; TORGRIMSON, Carol G. The evolution of new technology ventures over 20 years: Patterns of failure, merger, and survival. **Journal of business venturing**, v. 7, n. 4, p. 291-302, 1992.
- DAL MAS, Francesca et al. Combining deep and digital technologies as a path toward twin transition: the “Future Farming” case study. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 71, p. 14271-14281, 2024.
- DANNEELS, Erwin; CLARYSSE, Bart; DE COCK, Robin. A tale of two ventures: How founder experiences shape search in tech-anchored and market-anchored ventures. **Strategic Organization**, p. 14761270241293096, 2024.
- DE COSTER, Rebecca; BUTLER, Clive. Assessment of proposals for new technology ventures in the UK: characteristics of university spin-off companies. **Technovation**, v. 25, n. 5, p. 535-543, 2005.
- DIONISIO, Eduardo Avancini et al. Identifying necessary conditions to deep-tech entrepreneurship. **RAUSP Management Journal**, v. 58, n. 2, p. 162-185, 2023.
- ELITZUR, Ramy; GAVIOUS, Ilanit; MILO, Orit. Diversity in national culture and financial harvest

- exit strategy in new technology ventures. **Entrepreneurship Theory and Practice**, v. 48, n. 3, p. 881-908, 2024.
- ELO, Satu; KYNGÄS, Helvi. The qualitative content analysis process. **Journal of advanced nursing**, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2008.
- FAN, Weiguo; GORDON, Michael; PATHAK, Praveen. On linear mixture of expert approaches to information retrieval. **Decision Support Systems**, v. 42, n. 2, p. 975-987, 2006.
- FISHER, Greg et al. Legitimate to whom? The challenge of audience diversity and new venture legitimacy. **Journal of Business Venturing**, v. 32, n. 1, p. 52-71, 2017.
- FORTI, Enrico; MUNARI, Federico; ZHANG, Chunxiang. Does VC backing affect brand strategy in technology ventures?. **Strategic Entrepreneurship Journal**, v. 14, n. 2, p. 265-286, 2020.
- FULLER, Anne W.; ROTHAEERMEL, Frank T. When stars shine: The effects of faculty founders on new technology ventures. **Strategic Entrepreneurship Journal**, v. 6, n. 3, p. 220-235, 2012.
- GRANSTRAND, Ove; HOLGERSSON, Marcus. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. **Technovation**, v. 90, p. 102098, 2020.
- GUPTA, Samir; CADEAUX, Jack; DUBELAAR, Chris. Uncovering multiple champion roles in implementing new-technology ventures. **Journal of Business Research**, v. 59, n. 5, p. 549-563, 2006.
- HIEBL, Martin RW. Sample selection in systematic literature reviews of management research. **Organizational research methods**, v. 26, n. 2, p. 229-261, 2023.
- HONIG, Benson; SAMUELSSON, Mikael. Business planning by intrapreneurs and entrepreneurs under environmental uncertainty and institutional pressure. **Technovation**, v. 99, p. 102124, 2021.
- HOPMANS, Onno. From Pre-Founding to Founding: Understanding the drivers, barriers, and strategies for Dutch Deep-Tech Startups in the Sustainable Energy sector. **Policy and Management**, 2024.
- IANSITI, Marco. Technology integration: Managing technological evolution in a complex environment. **Research policy**, v. 24, n. 4, p. 521-542, 1995.
- JER, Ruey et al. What makes export manufacturers pursue functional upgrading in an emerging market? A study of Chinese technology new ventures. **International Business Review**, v. 23, n. 4, p. 741-749, 2014.
- KASK, Johan; LINTON, Gabriel. Five principles for overcoming obstacles in deep-tech startup journeys. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 30, n. 1, p. 1-3, 2023.
- KUMAR, V.; JAIN, P. K. Commercialization of new technologies in India: an empirical study of perceptions of technology institutions. **Technovation**, v. 23, n. 2, p. 113-120, 2003.
- LEE, Sang M.; ASLLANI, Arben A. Job scheduling with dual criteria and sequence-dependent setups: mathematical versus genetic programming. **Omega**, v. 32, n. 2, p. 145-153, 2004.
- LI, Haiyang; ATUAHENE-GIMA, Kwaku. The adoption of agency business activity, product innovation, and performance in Chinese technology ventures. **Strategic management journal**, v. 23, n. 6, p. 469-490, 2002.
- LI, Haiyang et al. Returnees Versus Locals: Who Perform Better in China's Technology Entrepreneurship?. **Strategic Entrepreneurship Journal**, v. 6, n. 3, p. 257-272, 2012.
- LIN, Chen-Ju; LI, Ci-Rong. The effect of boundary-spanning search on breakthrough innovations of new technology ventures. **Industry and Innovation**, v. 20, n. 2, p. 93-113, 2013.
- MAJUMDAR, Abhijit; SINHA, Sanjib Kumar. Analyzing the barriers of green textile supply chain management in Southeast Asia using interpretive structural modeling. **Sustainable Production and Consumption**, v. 17, p. 176-187, 2019.
- MARVEL, Matthew R. Human capital and search-based discovery: A study of high-tech entrepreneurship. **Entrepreneurship theory and practice**, v. 37, n. 2, p. 403-419, 2013.

- MARVEL, Matthew. Knowledge acquisition asymmetries and innovation radicalness. **Journal of Small Business Management**, v. 50, n. 3, p. 447-468, 2012.
- MAUER, René; NIESCHKE, Simon; SARASVATHY, Saras D. Gestation in new technology ventures: Causal brakes and effectual pedals. **Journal of Small Business Management**, v. 62, n. 1, p. 67-102, 2024.
- MOHER, David et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 2015.
- MONGEON, Philippe; PAUL-HUS, Adèle. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. **Scientometrics**, v. 106, n. 1, p. 213-228, 2016.
- MOORE, James F. et al. Predators and prey: a new ecology of competition. **Harvard business review**, v. 71, n. 3, p. 75-86, 1993.
- NERKAR, Atul; SHANE, Scott. When do start-ups that exploit patented academic knowledge survive?. **International Journal of Industrial Organization**, v. 21, n. 9, p. 1391-1410, 2003.
- PODOYNITSYNA, Ksenia et al. Improving new technology venture performance under direct and indirect network externality conditions. **Journal of Business Venturing**, v. 28, n. 2, p. 195-210, 2013.
- RAFF, Stefan; MURRAY, Fiona E.; MURMANN, Martin. Why You Should Tap Innovation at Deep-Tech Startups. **MIT Sloan Management Review**, 2024a.
- RAMGE, Thomas; DE LA VERA, Rafael Laguna. Radical Innovation Needs Old-School VC. **MIT Sloan Management Review**, p. 1-3, 2024. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/radical-innovation-needs-old-school-vc/>. Acesso em: 15 de abr. 2025.
- RITALA, Paavo et al. Value creation and capture mechanisms in innovation ecosystems: a comparative case study. **International journal of technology management**, v. 63, n. 3-4, p. 244-267, 2013.
- ROMA, Paolo et al. Environmental sustainability orientation, reward-based crowdfunding, and venture capital: The mediating role of crowdfunding performance for new technology ventures. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 70, n. 9, p. 3198-3212, 2023.
- SARDANA, Deepak; GUPTA, Narain; KHAN, Huda. Between rock and a hard place: The impact of home country demand on exclusive international strategic alliances forged by new technology ventures. **Journal of International Management**, v. 31, n. 2, p. 101233, 2025.
- SMANIA, Guilherme Sales et al. Risk management in platform-based servitization: A socio-technical study of service provisioning in B2B platforms. **Technovation**, v. 150, p. 103382, 2026.
- SONG, Michael et al. Success factors in new ventures: A meta-analysis. **Journal of product innovation management**, v. 25, n. 1, p. 7-27, 2008.
- SONG, Michael; VAN DER BIJ, Hans; WEGGEMAN, Mathieu. Factors for improving the level of knowledge generation in new product development. **R&D Management**, v. 36, n. 2, p. 173-187, 2006.
- SOUTARIS, Vangelis; MAESTRO, BM Marcello. Polychronicity in top management teams: The impact on strategic decision processes and performance of new technology ventures. **Strategic management journal**, v. 31, n. 6, p. 652-678, 2010.
- STAM, Erik; VAN DE VEN, Andrew. Entrepreneurial ecosystem elements. **Small business economics**, v. 56, n. 2, p. 809-832, 2021.
- DENYER, David; TRANFIELD, David. Producing a systematic review. **Sage Publications Ltd.**, p. 671-689, 2009.
- VILLABRUNA, Vinicius Elias et al. Barriers and strategies for green investments in environmental, social and governance: a seaport companies' study. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 35, n. 6, p. 1193-1212, 2024.
- WANG, Aric Xu; ZHOU, Kevin Zheng. Financial munificence, R&D intensity, and new venture survival: critical roles of CEO attributes. **Small Business Economics**, v. 59, n. 4, p. 1641-1659, 2022.

- WATSON, Richard H. Interpretive structural modeling—A useful tool for technology assessment? **Technological forecasting and social change**, v. 11, n. 2, p. 165-185, 1978.
- WHELAN, Eoin; TEIGLAND, Robin. Transactive memory systems as a collective filter for mitigating information overload in digitally enabled organizational groups. **Information and Organization**, v. 23, n. 3, p. 177-197, 2013.
- WRIGHT, Nataliya Langburd; NAGLE, Frank; GREENSTEIN, Shane. Open source software and global entrepreneurship. **Research Policy**, v. 52, n. 9, p. 104846, 2023.
- YADAV, Devendra K.; BARVE, Akhilesh. Analysis of critical success factors of humanitarian supply chain: An application of Interpretive Structural Modeling. **International journal of disaster risk reduction**, v. 12, p. 213-225, 2015.
- ZHU, Yunxia; ALLEE, M. Zhang. New technology ventures: What factors lead to success?. **Academy of Management Perspectives**, v. 22, n. 2, p. 108-109, 2008.

3. ARTIGO 2: ANINHAMENTO ECOSISTÊMICO PARA INOVAÇÃO DEEP TECH: UMA ANÁLISE MULTINÍVEL NO SETOR DE BIOTECNOLOGIA

Resumo: Este estudo investiga como uma *startup deep tech* orchestra simultaneamente múltiplas camadas de ecossistemas, especificamente as de conhecimento, empreendedor, inovação e negócios. Por meio de uma abordagem qualitativa e exploratória, utilizou-se o estudo de caso da GoGenetic, uma *startup* de biotecnologia, fundamentado em 44 entrevistas semiestruturadas com diversos *stakeholders*. Os resultados demonstram que as *deep techs* não operam em um único ambiente, mas em configurações aninhadas, onde as camadas se sobrepõem e interagem funcionalmente. A trajetória dessas organizações é caracterizada por uma transição cumulativa: ao avançar para o mercado, a *startup* não abandona suas bases científicas no ecossistema de conhecimento, mas acumula competências e conexões em todas as camadas ao longo de sua jornada. A orquestração revela-se uma capacidade central para alinhar atores heterogêneos (universidades, investidores, parceiros e clientes) e gerenciar interdependências tecnológicas e de mercado. Identificou-se uma governança híbrida, que combina a centralização estratégica nas fundadoras com a descentralização operacional nas unidades de negócio. Enquanto o ecossistema de conhecimento provê legitimidade científica, o ecossistema de negócios assume centralidade na fase de escalabilidade, embora a base acadêmica continue atuando como "âncora" para a inovação contínua. Em conclusão, o sucesso das *deep techs* reside na competência de modular, recombinar e reativar recursos distribuídos em todo o complexo ecossistêmico para garantir sustentabilidade e vantagem competitiva.

Palavras-chave: Orquestração de Ecossistemas; Ecossistemas Multicamadas;

Startups; Inovação; GoGenetic.

3.1. INTRODUÇÃO

A literatura de gestão considera a existência de quatro principais tipos de ecossistemas, sendo de negócios, de inovação, empreendedor e de conhecimento (Cobben et al., 2022; Grama-Vigouroux et al., 2022). Segundo Scaringella e Radziwon (2018), existe uma trajetória de evolução conceitual no campo, que se iniciou com o ecossistema de negócios na década de 1990, seguido pelo de inovação, o empreendedor e, mais recentemente, o ecossistema de conhecimento. A literatura apresenta diferentes definições sobre cada tipo de ecossistema, sendo o *ecossistema de conhecimento* um conjunto de diversos atores organizados em torno de uma busca conjunta por conhecimento valioso, geralmente em estágios pré-comerciais (Järvi et al., 2018; Jucevičius, 2022); já o *ecossistema empreendedor* atua com a combinação de elementos sociais, políticos, econômicos e culturais em uma região que apoiam o desenvolvimento de *startups* inovadoras (Grama-Vigouroux et al., 2022); *ecossistemas de inovação* são arranjos colaborativos nos quais empresas combinam suas ofertas individuais em uma solução coerente e voltada para o cliente (Scaringella & Radziwon, 2018); e, por fim, em *ecossistemas de negócios*, a comunidade econômica de organizações e indivíduos em interação, produzem bens e serviços de valor para os clientes (Scaringella & Radziwon, 2018).

Tanto o ecossistema empreendedor quanto o ecossistema de inovação são fundamentais para o crescimento regional e para o desenvolvimento de novos empreendimentos e tecnologias (Scaringella & Radziwon, 2018; Grama-Vigouroux et al., 2022). A principal distinção reside na sua dinâmica de governança: o ecossistema empreendedor é impulsionado pela agência dos próprios empreendedores sob uma lógica de baixo para cima (*bottom-up*), emergindo de processos auto-organizados e redes informais baseadas em confiança e proximidade social (Cobben et al., 2022; Ceci et al., 2026). Em contrapartida, o ecossistema de inovação costuma apresentar uma complexidade de cima para baixo (*top-down*), sendo frequentemente orquestrado por uma organização focal ou empresa líder que alinha atores e recursos em torno de uma proposta de valor centralizada e objetivos estratégicos de inovação (Grama-Vigouroux et al., 2022; Ceci et al., 2026). Adicionalmente, observa-se que ecossistemas de negócios e inovação são predominantemente impulsionados pela indústria e por grandes corporações, que atuam como orquestradores do sistema (Clarysse et al., 2014; Cobben et al., 2022). Por outro lado, os ecossistemas de conhecimento e empreendedores dão maior peso a universidades, instituições de pesquisa e ao governo, que desempenham papéis críticos na geração de conhecimento de base e na criação de condições institucionais para o surgimento de novas empresas (Adner, 2006; Van der Borgh et al., 2012; Scaringella & Radziwon, 2018).

Em relação aos atores pertencentes a cada tipo de ecossistema, estes variam conforme o foco: o ecossistema de negócios inclui fornecedores, distribuidores e clientes (Scaringella & Radziwon, 2018); o de inovação engloba empresas, ONGs e órgãos governamentais (Scaringella & Radziwon, 2018); o empreendedor foca em empreendedores, investidores, *hubs* e aceleradoras (Borini et al, 2024); e o de conhecimento centra-se em universidades e institutos de pesquisa (Jucevičius, 2022). Apesar do crescimento da área, nota-se uma falta de estudos que avaliem empiricamente as diferenças entre atores em um único ecossistema que passou por uma evolução (Chaudhary et al., 2024). Conforme apontado por Cobben et al. (2022), a maioria das pesquisas atuais é estática e falha em capturar as dinâmicas relevantes de como os papéis dos atores mudam ao longo do tempo. Além disso, estudos recentes indicam que a evolução dos ecossistemas exige o alinhamento contínuo entre processos internos das organizações e suas interações externas, à medida que diferentes tipos de ecossistemas se desenvolvem conjuntamente ao longo do tempo (Visscher et al., 2021; Ceci et al., 2026; Leite et al., 2026). Borini et al. (2024) explicam que a jornada do cientista que se torna empreendedor envolve três fases e duas transições acumulativas entre ecossistemas. As *startups deep tech* são organizações impulsionadas por descobertas científicas que visam produzir inovações tecnológicas com alta incerteza (Borini et al, 2024). O cientista inicia no ecossistema de conhecimento, transita para o empreendedor ao fundar a *startup* e, finalmente, migra para o ecossistema de inovação ao buscar crescimento sustentado, sem nunca abandonar as conexões com os ecossistemas anteriores.

Embora a literatura sobre os ecossistemas de conhecimento, empreendedor, inovação e negócios tenha avançado, ainda há uma escassez de estudos que analisem como esses diferentes tipos coexistem, evoluem e se articulam de forma interdependente ao longo da jornada de uma *startup* (Ceci et al., 2026). No contexto específico das *deep techs*, esse desafio de integração é acentuado pela necessidade de transitar entre múltiplos ambientes para converter descobertas científicas em valor comercial (Borini et al., 2024). As dificuldades enfrentadas por essas empresas são severas e incluem ciclos de P&D longos, lentos e incertos (Apodaca et al., 2023; Dionisio et al., 2023), além de uma alta intensidade de capital exigida tanto para a pesquisa inicial quanto para o escalonamento da produção física (Borini et al., 2024; Raff et al., 2024b). Adicionalmente, essas *startups* demandam uma integração complexa entre hardware e software que dificulta a compatibilidade com arquiteturas tecnológicas existentes (Dionisio et al., 2023; Schutselaars et al., 2023). Por fim, a captação de recursos é prejudicada pela dificuldade de muitos investidores em compreenderem tecnologias emergentes de fronteira, resultando em um desalinhamento entre a expectativa de retornos rápidos e os

extensos prazos de maturação dessas inovações (Dionisio et al., 2023; Hopmans, 2024).

Trabalhos recentes estudaram ecossistemas de forma empírica e separada no contexto *deep tech*. Por exemplo, Dionisio et al. (2023) utilizaram a análise de condições necessárias para empreender em 132 países, buscando identificar recursos fundamentais em ecossistemas empreendedores que impulsionam *deep techs*. Já Attour e Lazaric (2020) realizaram um estudo de caso para observar a trajetória de uma tecnologia que surgiu a partir de um ecossistema de conhecimento e se tornou um ecossistema de negócios. Há uma carência de estudos que analisem de forma integrada como diferentes tipos de ecossistemas (conhecimento, empreendedor, inovação e negócios) coexistem, evoluem e se articulam de maneira interdependente ao longo da trajetória de startups *deep tech*, especialmente considerando o papel da orquestração e das transições entre essas camadas. Portanto, este estudo objetiva analisar como uma *startup deep tech* orquestra simultaneamente múltiplas camadas de ecossistema, identificando as interdependências entre atores e as transições entre lógicas ecossistêmicas de conhecimento, empreendedora, de inovação e de negócios.

A principal contribuição deste estudo reside em demonstrar empiricamente que *startups deep tech* não operam em um único ecossistema, mas orquestram simultaneamente múltiplas camadas (de conhecimento, empreendedor, inovação e negócios) ao longo de sua trajetória de desenvolvimento. Ao avançar além da literatura que tradicionalmente analisa esses ecossistemas de forma isolada, o trabalho evidencia como eles coexistem, se sobrepõem e evoluem de maneira interdependente dentro de uma mesma organização. Os achados mostram que a *deep tech* transita entre eles sem abandoná-los. O estudo estrutura-se em três etapas principais: (i) desenvolvimento do enquadramento conceitual sobre ecossistemas multicamadas e orquestração em *deep tech*, (ii) investigação empírica do ecossistema da GoGenetic por meio de entrevistas e mapeamento de interações, e (iii) análise das dinâmicas de articulação e transição entre os diferentes tipos de ecossistema.

3.2. ECOSSISTEMAS MULTICAMADAS E ORQUESTRAÇÃO EM CONTEXTOS DEEP TECH

3.2.1. Fundamentos conceituais da pesquisa de ecossistemas

Segundo Moore (1993), as empresas de sucesso não devem ser vistas meramente como membros de uma única indústria, mas como parte integrante de um ecossistema de negócios que atravessa diversas fronteiras industriais. Nessa lógica sistêmica, as organizações coevoluem capacidades em torno de uma inovação central, trabalhando de forma cooperativa e competitiva

para apoiar novos produtos e satisfazer as necessidades dos clientes. Essa abordagem rompe com o modelo tradicional de competição direta por participação de mercado ("*head-to-head*"), sugerindo que os gestores devem focar no desenvolvimento de comunidades complexas que investem em um futuro compartilhado (Moore, 1993).

Adner (2017) avança nessa conceituação ao delimitar o ecossistema como a estrutura de alinhamento de um conjunto multilateral de parceiros que precisam interagir para que uma proposta de valor focal se materialize. Essa perspectiva diferencia os ecossistemas das redes tradicionais, que focam predominantemente em padrões de conectividade entre atores, e das cadeias de suprimentos ou cadeias de valor tradicionais, onde as posições de compradores e fornecedores são aceitas como fixas e lineares (Adner, 2017). Da mesma forma, os ecossistemas se distinguem dos clusters tradicionais por serem organizados em torno da descoberta e busca de oportunidades empreendedoras através da inovação de modelos de negócio, em contraste com os clusters focados em sistemas de produção flexível ou aprendizado localizado (Autio et al., 2018).

A interdependência é o pilar central que sustenta essa estrutura, uma vez que a criação de valor no sistema depende do sucesso coordenado de todos os inovadores e adotantes envolvidos. Gerenciar um ecossistema exige o rastreamento de riscos de interdependência e integração ao longo de toda a cadeia de valor, pois o valor total de uma solução coerente para o cliente é frequentemente determinado pelo componente de menor desempenho no sistema. Os ecossistemas podem ser compreendidos como configurações estruturadas de atores interdependentes, organizados em torno de lógicas de criação de valor (Adner, 2006).

Avanços recentes na literatura ampliam essa visão ao demonstrar que os ecossistemas não apenas se estruturam em torno de interdependências, mas também evoluem por meio do alinhamento entre diferentes camadas sistêmicas, como os ecossistemas de inovação e de conhecimento. Nesse sentido, o desempenho do ecossistema depende da capacidade dos atores centrais de articular processos internos de inovação e mecanismos de transferência de conhecimento com parceiros externos, promovendo a coevolução entre múltiplos ecossistemas ao longo do tempo (Leite et al., 2026). Esse alinhamento ocorre por meio de mecanismos progressivos de engajamento, catalisação e orquestração, que viabilizam o fluxo de conhecimento e sustentam a criação de valor em ambientes complexos e dinâmicos.

3.2.2. Tipologias de Ecossistemas: Uma Perspectiva em Camadas

A estrutura dos quatro tipos de ecossistemas pode ser compreendida como camadas interdependentes que conectam a criação teórica de saber até a sua comercialização final no

mercado. A interdependência entre essas camadas é cíclica e vital para a saúde do sistema como um todo. Existe frequentemente um abismo entre os ecossistemas de conhecimento e de negócios que exige o desenvolvimento de incentivos e mecanismos de política pública para ser superado (Clarysse et al., 2014). Liu et al. (2024) reforçam que, assim como espécies em um ecossistema biológico, cada membro dessas redes humanas acaba compartilhando o destino de toda a estrutura. Valkokari (2015) conclui que esses ecossistemas se sobrepõem e se influenciam através de fluxos de conhecimento, valor e materiais, exigindo que os gestores compreendam que diferentes formas de interação e "regras do jogo" são necessárias em cada nível.

3.2.2.1. Ecossistemas de Conhecimento

Os ecossistemas de conhecimento são definidos pela exploração colaborativa e produção de novos conhecimentos como sua atividade e saída central (Autio & Thomas, 2022). Segundo Clarysse et al. (2014), esses ecossistemas caracterizam-se como *hotspots* geográficos onde a circulação de conhecimento tácito e a mobilidade de pessoal são vantagens primordiais para o avanço da inovação tecnológica dentro do sistema (Scaringella & Radziwon, 2018). Diferente dos ecossistemas de negócios, que focam no valor para o cliente e na exploração de recursos, o ecossistema de conhecimento prioriza a geração de conhecimento científico e a exploração conjunta através de redes de colaboração em pesquisa (Clarysse et al., 2014; Valkokari, 2015). Valkokari (2015) ressalta que o principal resultado desses sistemas é a criação de uma base de conhecimento robusta que serve de alicerce para futuros desdobramentos econômicos.

A base institucional e cognitiva desses ecossistemas é estruturada em torno de "atores-âncora", papel desempenhado fundamentalmente por universidades e institutos de pesquisa (Clarysse et al., 2014; Scaringella & Radziwon, 2018). Segundo Scaringella e Radziwon (2018), essas instituições são centrais para conectar diversos atores e facilitar os processos de comercialização de pesquisas. Além desses, as agências de fomento e organizações de financiamento são atores salientes na orquestração desses sistemas, provendo os recursos necessários para a exploração de novos campos (Valkokari, 2015; Autio & Thomas, 2022). No nível cognitivo, a coesão é mantida por processos de aprendizagem coletiva e interdependências que permitem a atores heterogêneos compartilharem visões e práticas materiais, reduzindo incertezas inerentes ao processo de inovação (Scaringella & Radziwon, 2018; Autio & Thomas, 2022).

Dessa forma, os ecossistemas de conhecimento constituem a base epistêmica do

desenvolvimento tecnológico ao atuarem como o lócus das transições em redes intensivas em conhecimento. A universidade desempenha um papel aprimorado em sociedades baseadas no conhecimento, onde a pesquisa básica é ligada à utilização por meio de uma série de processos intermediários (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Esses sistemas funcionam como um laboratório social onde diferentes representações são testadas e recombinações, criando as condições necessárias para a tradução de avanços científicos em soluções tecnológicas aplicáveis (Autio & Thomas, 2022). Assim, a vitalidade desses ecossistemas garante que o conhecimento produzido não fique isolado, mas circule de forma a sustentar o crescimento econômico e a transformação social de longo prazo (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

3.2.2.2. Ecossistemas Empreendedores

Um ecossistema empreendedor consiste em um conjunto de atores e fatores interdependentes que são coordenados de tal maneira que possibilitam o empreendedorismo produtivo em um determinado território (Stam, 2015; Stam & Van de Ven, 2019). De acordo com Stam (2015), essa abordagem se diferencia de modelos econômicos anteriores por colocar o empreendedor individual, e não a empresa, como o ponto central de análise, focando no papel do contexto social no surgimento de novas firmas. Segundo Isenberg (2010), para inflamar a criação e o crescimento de novos negócios, é necessário que os líderes construam um ambiente que sustente os empreendedores através da integração de elementos como liderança, cultura e mercados de capitais, formando uma estrutura sistêmica holística.

A função primordial dessa estrutura é transformar o conhecimento disponível em novas organizações, convertendo ideias inovadoras em bens e serviços (Stam, 2015; Stam & Spiegel, 2016). Esse processo é facilitado por condições sistêmicas, como a presença de talentos qualificados, redes de empreendedores que providenciam fluxo de informação e acesso a conhecimentos gerados tanto por organizações públicas quanto privadas (Stam, 2015). Conforme apontam Stam e Van de Ven (2019), o sucesso dessa transformação depende da mútua interdependência entre os elementos do sistema, em que as instituições fornecem as condições fundamentais para que os recursos de conhecimento sejam utilizados de forma organizada e produtiva.

Além da criação inicial, os ecossistemas empreendedores fornecem estruturas favoráveis à escalabilidade de novas firmas, com ênfase especial em empreendimentos de alto crescimento, conhecidos como *scale-ups* (Stam & Spiegel, 2016). Segundo Stam e Spiegel (2016), o ecossistema apoia o desenvolvimento de *startups* inovadoras ao oferecer recursos críticos, como capital de risco e mentoria, que reduzem as barreiras de entrada e aceleram o

tempo de mercado das inovações. De acordo com Isenberg (2010), ao favorecer empreendimentos de alto potencial e celebrar sucessos visíveis, o ecossistema mitiga a percepção de riscos e inspira novos empreendedores, criando um ciclo auto sustentável de crescimento econômico.

3.2.2.3. Ecossistemas de Inovação

O conceito de ecossistema de inovação é definido como a estrutura de alinhamento de um conjunto multilateral de parceiros que precisam interagir para que uma proposta de valor central se materialize (Adner, 2017; Ritala & Thomas, 2025). Diferente das cadeias de suprimentos tradicionais, esses ecossistemas permitem que empresas combinem suas ofertas individuais para criar um valor coletivo que nenhuma organização seria capaz de gerar sozinha, resultando em resultados de nível sistêmico (Adner, 2006; Ritala & Thomas, 2025). Essa criação de valor fundamenta-se na interdependência entre atores heterogêneos que colaboram para entregar uma solução coerente e customizável a um público específico (Thomas & Autio, 2019; Ritala & Thomas, 2025).

A gestão desses ecossistemas exige a coordenação de complementaridades tecnológicas, em que os participantes co-especializam seus recursos em torno de uma arquitetura modular ou plataforma compartilhada para garantir a interoperabilidade (Thomas & Autio, 2019; Ritala & Thomas, 2025). Segundo Adner (2017), o sucesso depende do alinhamento estrutural, que se refere ao grau de acordo mútuo entre os membros sobre suas posições e fluxos de atividade. Nesse contexto, os ecossistemas gerenciam as interdependências tecnológicas, pois o desempenho percebido de uma tecnologia central é frequentemente limitado por gargalos sistêmicos em componentes ou complementos desenvolvidos por parceiros externos (Adner & Kapoor, 2016; Ritala & Thomas, 2025).

O processo de co-desenvolvimento e validação nos ecossistemas envolve enfrentar incertezas críticas, como o risco de co-inovação e o risco de integração na cadeia de adoção (Adner, 2006; Adner, 2017). O risco de co-inovação surge quando o sucesso da solução final depende da conclusão bem-sucedida de projetos de outros inovadores complementares (Adner, 2006). Já a validação da inovação ocorre através da coordenação de intermediários ao longo da cadeia de valor, que precisam adotar a tecnologia antes que ela alcance o consumidor final (Adner, 2006). Para mitigar esses riscos, os ecossistemas utilizam mecanismos de coordenação não contratuais, baseados na definição de papéis e normas que orientam o comportamento dos parceiros de forma voluntária (Thomas & Autio, 2019; Autio & Thomas, 2022).

Em suma, os ecossistemas de inovação funcionam como estruturas que orquestram a

criação coletiva de valor ao alinhar estrategicamente atores independentes em prol de uma inovação sistemicamente validada (Autio & Thomas, 2022; Ritala & Thomas, 2025). Ao focar na proposta de valor e não apenas em uma única firma, a estratégia de ecossistema permite identificar e gerenciar interdependências tecnológicas de forma proativa, assegurando que o tempo e os recursos sejam alocados onde os desafios sistêmicos são mais críticos (Adner, 2006; Adner, 2017). Dessa forma, os ecossistemas garantem a sustentabilidade da vantagem competitiva através da manutenção de relacionamentos colaborativos e do alinhamento contínuo das expectativas entre os parceiros (Adner, 2006; Adner, 2017).

3.2.2.4. Ecossistemas de Negócios

O conceito de ecossistema de negócios refere-se a uma comunidade econômica sustentada por uma fundação de organizações e indivíduos que interagem para produzir bens e serviços de valor para os clientes (Moore, 1993). Diferente de modelos focados apenas na inovação, o objetivo primordial do ecossistema de negócios é a captura e ampliação de valor, onde os participantes trabalham de forma cooperativa e competitiva para sustentar o desempenho da firma e garantir vantagens competitivas no mercado (Liu et al., 2024). Essa dinâmica permite que as empresas coevolvam suas capacidades, alinhando seus investimentos a uma visão compartilhada que amplia o potencial de retorno para todos os membros envolvidos (Moore, 1993).

A estrutura desses ecossistemas manifesta-se como uma cadeia ampliada de mercado, que ultrapassa os limites das indústrias tradicionais e das simples relações entre compradores e fornecedores (Moore, 1993). Segundo Adner (2017), o ecossistema é definido pela estrutura de alinhamento de um conjunto multilateral de parceiros, incluindo atores que podem estar fora do caminho crítico de uma cadeia de suprimentos tradicional, mas que são essenciais para que a proposta de valor se materialize. Essa rede complexa envolve fornecedores, distribuidores, fabricantes de produtos complementares e agências reguladoras, todos interdependentes e compartilhando o destino comum do sistema (Moore, 1993; Liu et al., 2024).

Por fim, os ecossistemas empresariais são mecanismos fundamentais para escalar e estabilizar o valor econômico em ambientes de mercado marcados por rápidas transformações. A liderança dentro de um ecossistema permite que o sistema tenha "escalabilidade", como observado historicamente em grandes redes industriais que integraram mercados e instalações de produção de diversas empresas (Moore, 1993). Além disso, a coordenação de complementaridades não genéricas e o uso de arquiteturas modulares permitem que organizações autônomas se alinhem sem a necessidade de um controle hierárquico total, o que

gera resiliência e estabilidade econômica frente a incertezas externas (Jacobides et al., 2018). Assim, o sucesso coletivo do ecossistema atua como um estabilizador, garantindo que o valor gerado seja mantido e ampliado por meio da colaboração contínua entre seus diversos integrantes (Moore, 1993; Liu et al., 2024).

3.2.3. Orquestração de ecossistemas em contextos de tecnologia avançada

A orquestração de ecossistemas em contextos de tecnologia avançada fundamenta-se na estrutura de alinhamento de um conjunto multilateral de parceiros que interagem para concretizar uma proposta de valor focal (Adner, 2017). Esse processo é facilitado pela modularidade tecnológica, que permite a coordenação de organizações interdependentes, mas autônomas, sem a necessidade de uma gestão puramente hierárquica ou contratos rígidos (Jacobides et al., 2018). Segundo Visscher (2021), as estratégias de ecossistema consistem em formas deliberadas de abordar o alinhamento de atividades de inovação e garantir a posição da empresa em relação aos outros atores e ao sistema como um todo. Em setores de tecnologia avançada, como o de *deep tech*, as inovações são baseadas em avanços científicos únicos e complexos, o que torna a orquestração indispensável para gerenciar riscos elevados e longos horizontes de investimento, exigindo que a empresa focal atue como um "*hub*" ou "*keystone*" para estabilizar a rede e promover a confiança entre os membros (Cao et al., 2020; Schutselaars et al., 2023).

A governança nesses ambientes de alta tecnologia ocorre frequentemente por meio de mecanismos não contratuais, baseando-se na definição de papéis e em complementaridades específicas para coordenar ações coletivas e resolver problemas de ação coletiva na era digital (Autio & Thomas, 2022). Segundo Valkokari (2015), os ecossistemas operam em diferentes camadas — conhecimento, inovação e negócios — onde o orquestrador desempenha um papel vital na integração entre a exploração de novos conhecimentos e a sua exploração comercial para o cliente final. Além disso, o sucesso dessa orquestração depende da capacidade cognitiva gerencial da empresa líder para identificar mudanças rápidas no mercado e redirecionar estrategicamente o ecossistema, garantindo vantagens competitivas sustentáveis (Cao et al., 2020). Essa dinâmica exige um equilíbrio constante entre a cooperação para a criação de valor e a competição para a sua captura, integrando fluxos de conhecimento, artefatos e recursos em estruturas multiníveis e coevolutivas (Jacobides et al., 2018; Granstrand & Holgersson 2020).

3.2.3.1. Especificidades de *startups deep tech*

No contexto da orquestração de ecossistemas em ambientes de tecnologia avançada, as

startups de deep tech apresentam características singulares que as distinguem das *startups* digitais convencionais. A principal especificidade reside na sua alta intensidade científica, sendo empresas fundamentadas em descobertas científicas significativas ou grandes avanços de engenharia que buscam resolver problemas fundamentais no mundo físico (Hopmans, 2024; Raff et al., 2024b). Segundo Raff et al. (2024b), enquanto *startups* digitais frequentemente recombina plataformas tecnológicas já estabelecidas, as *deep techs* focam em inovações "enraizadas em átomos, não apenas em bits", exigindo o desenvolvimento de invenções inéditas e superioridade técnica muitas vezes protegida por patentes complexas.

Essa base científica profunda acarreta um longo ciclo de maturação, com jornadas que levam as ideias "da bancada do laboratório ao impacto global" de forma muito mais lenta que em outros setores (Raff et al., 2024b). De acordo com Raff et al. (2024b), não é incomum que investidores precisem aguardar de 10 a 15 anos para que essas tecnologias ganhem tração real no mercado, visto que o processo de transformar uma descoberta complexa em um produto comercial viável é inerentemente demorado. Esse período prolongado é frequentemente marcado pelo desafio de atravessar o "vale da morte", o hiato crítico entre o financiamento da pesquisa inicial e a entrada comercial no mercado (Hopmans, 2024).

Consequentemente, essas empresas enfrentam uma forte incerteza tecnológica, com riscos de que a invenção simplesmente não funcione conforme o esperado após anos de investimento (Raff et al., 2024b). Segundo Schutselaars et al. (2023), as *deep techs* lidam com incertezas adicionais devido aos desafios não comprovados que tentam superar, o que contribui para taxas de falha que podem exceder 90%. Além do risco técnico, elas enfrentam uma incerteza de mercado elevada, pois muitas vezes a necessidade do cliente ou o modelo de negócio sustentável ainda não estão claros durante as fases iniciais de desenvolvimento (Raff et al., 2024b).

A viabilidade dessas *startups* demonstra uma acentuada dependência institucional, especialmente em relação a universidades e institutos de pesquisa. Segundo Raff et al. (2024b), a origem acadêmica é um atributo central, e a manutenção de proximidade com essas instituições é essencial para garantir acesso ao capital humano especializado e à infraestrutura laboratorial necessária nos estágios iniciais. De acordo com Hopmans (2024), essas conexões institucionais são vitais para mitigar a escassez de recursos, permitindo que as *startups* utilizem equipamentos especializados que seriam financeiramente inacessíveis de outra forma.

Por fim, há uma premente necessidade de legitimidade para que essas empresas consigam orquestrar seus ecossistemas e atrair parceiros estratégicos. Como as tecnologias são altamente complexas e muitas vezes "ocultas" para o usuário final, a comunicação de valor

torna-se um obstáculo (Hopmans, 2024). Segundo Hopmans (2024), desenvolver uma presença de mercado confiável exige uma gestão estratégica das capacidades da firma e das relações com *stakeholders*, visando reduzir as assimetrias de informação e alinhar as expectativas dos investidores, que nem sempre compreendem os ciclos estendidos de desenvolvimento do setor.

3.2.3.2. Desafios de Orquestração

A orquestração de ecossistemas em contextos de tecnologia avançada revela que as *startups* de *deep tech* enfrentam uma complexidade única por não operarem em um único ambiente, mas sim na interseção de múltiplos domínios. Elas atuam simultaneamente em ecossistemas de conhecimento, onde o foco é a exploração e a geração de novas tecnologias por meio de pesquisa conjunta; ecossistemas empreendedores, que facilitam a criação de novos modelos de negócios e novas empresas em um território; ecossistemas de inovação, voltados para o alinhamento de parceiros e validação de propostas de valor focais; e ecossistemas de negócios, centrados na entrega final de valor ao cliente e na captura de resultados econômicos (Valkokari, 2015; Autio & Thomas, 2022). Segundo Visscher et al. (2021), essa atuação em camadas exige que a *startup* navegue entre estruturas exploratórias abertas e estruturas exploratórias semicerradas e competitivas, o que torna a gestão estratégica dessas interdependências um desafio sistêmico.

O principal desafio da orquestração reside na necessidade de coordenar lógicas institucionais distintas que frequentemente entram em conflito. A lógica científica, predominante no ecossistema de conhecimento, prioriza a descoberta, o rigor acadêmico e a publicação, muitas vezes em ciclos de tempo que não coincidem com as necessidades urgentes do mercado (Hopmans, 2024; Raff et al., 2024b). Em contraste, a lógica empreendedora exige uma mudança de mentalidade do pesquisador para o fundador, focando no "quadro geral" e na superação da "responsabilidade da novidade" para atrair talentos e recursos (Stam & Spiegel, 2016; Hopmans, 2024). De acordo com Clarysse et al. (2014), a transição entre esses mundos exige uma "transposição entre reinos" (cross-realm transposition), onde a lógica comercial deve penetrar o ambiente acadêmico para que o conhecimento se transforme em valor econômico real.

Além disso, a *startup* deve conciliar a lógica tecnológica, marcada por altos riscos de co-inovação e incerteza técnica, com a lógica de mercado, que demanda validação rápida de clientes e resultados financeiros previsíveis (Adner, 2017). Segundo Visscher et al. (2021), muitos gestores de tecnologia avançada enfrentam tensões porque as interações no nível científico podem ser lentas, burocráticas e politizadas, enquanto a lógica de mercado exige

velocidade e compromisso direto com a entrega ao usuário final. Conforme destacado por Hopmans (2024), essa divergência entre o rigor da teoria e a aplicação prática comercial é uma das barreiras mais críticas, exigindo que o orquestrador alinhe as expectativas de *stakeholders* tão diversos quanto universidades, investidores de risco e parceiros industriais, que operam sob regras e incentivos fundamentalmente diferentes.

3.2.3.3. Capacidades de Orquestração

A orquestração de empreendimentos de tecnologia avançada exige capacidades de ecossistemas em múltiplas camadas para alinhar atores heterogêneos que operam sob lógicas institucionais distintas (Visscher et al., 2021). Diferente de *startups* puramente digitais, as *deep techs* dependem de uma coordenação estratégica que conecte a exploração científica à exploração comercial, o que requer que o orquestrador (frequentemente uma empresa focal ou um *hub*) mobilize competências específicas para superar o "abismo" entre o conhecimento e o mercado (Cao et al., 2020; Visscher et al., 2021; Clarysse et al., 2014).

Nesse cenário, as capacidades dinâmicas são fundamentais, consistindo na habilidade de sentir (*sensing*), aproveitar (*seizing*) e transformar (*transforming*) oportunidades em ambientes de rápida mudança tecnológica (Cao et al., 2020; Ng et al., 2024). Segundo Liu et al. (2024), essas capacidades permitem que as firmas detectem tendências emergentes e reconfigurem suas bases de conhecimento e modelos de negócio para manter o equilíbrio sistêmico. Para orquestradores de *deep tech*, isso envolve não apenas a gestão interna, mas a capacidade de orquestrar recursos externos de parceiros para criar vantagens competitivas sustentáveis para todo o ecossistema (Cao et al., 2020).

Complementarmente, a capacidade de absorção é vital para que o empreendimento consiga identificar, assimilar e aplicar o conhecimento técnico-científico complexo gerado em universidades e institutos de pesquisa (Liu et al., 2024). Conforme destacado por Hopmans (2024), a alta intensidade científica das *deep techs* exige que a equipe fundadora possua uma "ponte" intelectual para traduzir descobertas laboratoriais em propostas de valor viáveis, mitigando as assimetrias de informação entre cientistas e investidores (Hopmans, 2024).

A transposição de fronteiras (*cross-realm transposition*) atua como o mecanismo de conexão entre as camadas de conhecimento, inovação e negócios (Clarysse et al., 2014). Segundo Clarysse et al. (2014), essa capacidade é necessária para permitir que modelos e lógicas de um domínio (como a lógica de capital de risco ou comercial) penetrem em outros domínios (como a comunidade acadêmica). Sem essa transposição, o conhecimento permanece

encapsulado em ambientes de pesquisa, falhando em se transformar em novos empreendimentos produtivos ou em inovações que alcancem o consumidor final (Clarysse et al., 2014).

Por fim, o orquestrador deve realizar um trabalho institucional contínuo para moldar as "regras do jogo" e os papéis dos atores no sistema (Jacobides et al., 2018; Granstrand & Holgersson 2020). Segundo Jacobides et al. (2018), isso envolve a criação de uma estrutura de alinhamento baseada em modularidade e complementaridades não genéricas, onde o orquestrador define padrões e normas que facilitam a interação entre parceiros autônomos. Esse trabalho é essencial para legitimar novas categorias tecnológicas e coordenar a evolução mútua de capacidades entre fornecedores, universidades e clientes, garantindo a resiliência e a saúde de longo prazo do ecossistema (Jacobides et al., 2018; Zou et al., 2021; Ng et al., 2024).

3.3. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, empregou-se uma abordagem qualitativa de natureza exploratória, adequada à investigação de fenômenos complexos e ainda pouco compreendidos, como as interações entre os atores e os elementos de valor em ecossistemas de inovação *deep tech*. Essa abordagem permitiu captar a multiplicidade de perspectivas dos diferentes atores envolvidos, valorizando suas experiências, interpretações e relações no contexto empírico analisado. O método de pesquisa adotado foi o estudo de caso, a partir de entrevistas semiestruturadas e análise de conteúdo com base nas informações coletadas, possibilitando a construção de um panorama detalhado e articulado das dinâmicas observadas no caso selecionado. A unidade de análise da pesquisa foi a *startup deep tech* GoGenetic, especializada em soluções genéticas com base em ciência de fronteira.

3.3.1. Coleta de Dados

Foram realizadas 44 entrevistas semiestruturadas com *stakeholders* estratégicos, selecionados com base em sua relevância para o ecossistema da *startup*. Os participantes foram classificados em cinco grupos: (i) conhecimento (atores de agência de inovação, universidades, Órgão de fomento para ciência, tecnologia e inovação); (ii) empreendedor (incubadora, conselheiros, Órgão de fomento para inovação); (iii) inovação (atores de *hubs* de inovação universitários e privado, *startup* colaboradora); (iv) negócios (fornecedores, serviços, distribuidora e clientes); e (v) orquestradora (*startup* em estudo).

A seleção dos participantes seguiu os critérios de amostragem por conveniência (Oppong, 2013) e *snowball*. Inicialmente, foram convidados atores com forte vínculo com a GoGenetic e com papel estratégico no ecossistema analisado, o que caracteriza uma escolha intencional baseada na relevância dos sujeitos para os objetivos da pesquisa (Patton, 2002). À medida que as entrevistas avançaram, novos participantes foram incluídos com base em indicações e na recorrência de temas emergentes, até que se atingiu o ponto de saturação, momento em que novos dados deixaram de trazer informações substantivamente novas para as categorias analíticas em desenvolvimento (Guest et al., 2006). Esse critério assegurou robustez à amostra qualitativa, ao garantir que os dados coletados fossem suficientes para representar a complexidade do fenômeno investigado. As informações quanto às entrevistas estão apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Informações das entrevistas.

Código	Empresa	Ecossistema	Duração
E1	<i>Startup</i>	Orquestradora	1h03min
E2	<i>Startup</i>	Orquestradora	51min39s
E3	<i>Startup</i>	Orquestradora	52min02s
E4	<i>Startup</i>	Orquestradora	55min05s
E5	<i>Startup</i>	Orquestradora	52min54s
E6	<i>Startup</i>	Orquestradora	52min44s
E7	<i>Startup</i>	Orquestradora	1h35min49s
E8	<i>Startup</i>	Orquestradora	2h52min52s
E9	<i>Startup</i>	Orquestradora	25min46s
E10	<i>Startup</i>	Orquestradora	23min17s
E11	<i>Startup</i>	Orquestradora	1h08min18s
E12	<i>Startup</i>	Orquestradora	45min15s
E13	<i>Startup</i>	Orquestradora	49min51s
E14	<i>Startup</i>	Orquestradora	51min03s
E15	<i>Startup</i>	Orquestradora	19min32s
E16	Fornecedor de amostras e ensaios moleculares	Negócios	41min43
E17	Fornecedor de equipamentos para laboratório	Negócios	38min50s
E18	Fornecedor de equipamentos laboratoriais e reagentes	Negócios	37min06s
E19	Fornecedor dos sequenciadores genéticos	Negócios	38min56s
E20	Serviços de mídias digitais	Negócios	41min28s
E21	Órgão de fomento para ciência, tecnologia e inovação	Conhecimento	31min07s
E22	Órgão de fomento para inovação	Empreendedor	43min45s
E23	Organização nacional do setor de insumos biológicos	Inovação	39min25s

E24	Serviço de intermediação para captação de investimentos	Negócios	31min45s
E25	Conselheiro	Empreendedor	39min14s
E26	Conselheiro	Empreendedor	47min36s
E27	Conselheiro	Empreendedor	58min50s
E28	Professor orientador	Conhecimento	39min37
E29	Agência de Inovação	Conhecimento	29min35s
E30	Distribuidora terceirizada	Negócios	36min40s
E31	Incubadora	Empreendedor	17min32s
E32	Agência de Inovação	Conhecimento	29min51s
E33	<i>Startup</i> colaboradora	Inovação	23min15s
E34	<i>Hub</i> de inovação universitário	Inovação	1h07min14s
E35	<i>Hub</i> de inovação universitário	Inovação	15min01s
E36	<i>Hub</i> de inovação universitário	Inovação	24min31s
E37	<i>Hub</i> de inovação universitário	Inovação	21min16s
E38	<i>Startup</i> colaboradora	Inovação	28min55s
E39	<i>Hub</i> de inovação privada	Inovação	39min12s
E40	Cliente do setor agrícola	Negócios	38min05s
E41	Cliente do setor agrícola	Negócios	58min17s
E42	Cliente do setor agrícola	Negócios	25min40s
E43	Cliente do setor da saúde	Negócios	52min01s
E44	Cliente do setor agrícola	Negócios	38min58s

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

As entrevistas foram conduzidas entre setembro de 2024 e março de 2025, com duração variando entre 15 minutos a 2 horas e 52 minutos. As sessões foram gravadas (com autorização dos entrevistados), transcritas integralmente e organizadas em uma estrutura analítica contendo os principais destaques discursivos, de modo a facilitar a triangulação e categorização das informações. O instrumento foi direcionado tanto aos gestores da GoGenetic, quanto aos demais atores que compõem o ecossistema de inovação vinculado à empresa, apresentado no Quadro 5. Possuindo uma estrutura em seções que abordaram: (i) Valor e seus atores; (ii) Interações no ecossistema de inovação e governança; e (iii) *Hands-on*, atividade prática que solicita ao respondente a representação visual da atribuição da intensidade de relacionamento entre os diferentes atores. Essas seções foram elaboradas com o objetivo de fornecer uma visão ampla e qualitativa sobre as interações, desafios e estratégias do ecossistema de inovação, permitindo a identificação de oportunidades para o fortalecimento do ecossistema de inovação *deep tech* sustentável.

Quadro 5 - Questionário para coleta de dados.

Pergunta inicial	Há quanto tempo você trabalha com a GoGenetic e qual tipo de relação que você tem com ela? Qual a função da sua empresa na relação com a GoGenetic.				
Questões centrais	<p><i>Valor e seus atores</i> Qual é o valor/benefícios que sua empresa captura por participar do ecossistema? Como ocorre a captura de valor/benefícios? Comente sobre seu papel dentro desse ecossistema de inovação (investimento, fornecer material, transmitir informação, conhecimento)?</p> <p><i>Interações no ecossistema de inovação e governança</i> Quais são as interdependências/fluxos de troca entre os atores do ecossistema? Que tipos de recursos (pessoas, materiais, informações...) são compartilhados ou únicos?" Qual é o tipo de relação que existe entre os atores? Formal ou informal? (formal é contratual ou informal por confiança) A governança é centralizada ou descentralizada? Por quê? Qual o conjunto de regras impostas pelo ecossistema? E qual membro do ecossistema que impõe as regras? Quais são os principais incentivos recebidos por participar do ecossistema? Como gerencia os seus interesses diante dos interesses da GoGenetic? Há confiança mútua entre os atores? por quê? Existe alguma tensão entre os atores? Qual? Há necessidade de integrar novos atores? Quais?</p> <p><i>Hands-on</i> Desenhe o ecossistema que você está envolvido. Diga o papel de cada <i>player</i>. Na matriz abaixo diga qual a intensidade de relacionamento que tem com cada um deles (1-baixa- 3-alta).</p> <table border="1" data-bbox="448 1122 767 1205"> <tr> <td></td> <td>Orchestrator</td> </tr> <tr> <td>Actor</td> <td></td> </tr> </table>		Orchestrator	Actor	
	Orchestrator				
Actor					
Pergunta Resumo	Você gostaria de apontar alguma outra questão sobre o relacionamento com a GoGenetic?				
Pergunta final	Temos uma segunda etapa que constitui um e-mail para validação das informações coletadas, podemos contar com o sr(a)?				
Agradecimentos	Agradeço pelo tempo despendido pois sua participação é fundamental para o sucesso desta pesquisa.				

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

3.3.2. Análise de Conteúdo

A interpretação dos resultados das entrevistas foi conduzida por meio de análise de conteúdo qualitativa, seguindo a proposta de Elo e Kyngäs (2008), que compreende três fases principais: preparação, organização e relato dos resultados. Essa abordagem foi escolhida por sua flexibilidade e capacidade de sistematizar dados textuais em categorias analíticas que emergem tanto de forma indutiva quanto dedutiva (Hsieh & Shannon, 2005), permitindo uma compreensão aprofundada das experiências e percepções dos atores envolvidos no ecossistema de inovação analisado.

Na fase de preparação, foram realizadas leituras sucessivas e exaustivas das

transcrições, com o objetivo de imersão no conteúdo e definição da unidade de análise, neste caso, os trechos de falas relacionados às dimensões de valor, papel e interação entre os *stakeholders*. A seguir, na fase de organização, adotou-se uma análise indutiva, permitindo que as categorias emergissem diretamente dos dados, sem imposição prévia de um sistema de codificação fechado. As falas foram agrupadas em unidades de significado, que foram organizadas em códigos abertos, subcategorias e categorias genéricas, conforme padrões recorrentes, convergências e divergências nos discursos. Essa etapa foi apoiada por planilhas estruturadas, facilitando a rastreabilidade entre códigos e entrevistas.

A identificação dos diferentes tipos de ecossistema presentes no caso estudado não foi definida previamente como uma estrutura rígida, mas emergiu a partir do processo de análise de conteúdo das entrevistas e documentos coletados. Inicialmente, procedeu-se à codificação aberta dos dados, buscando identificar padrões de interação entre atores, fluxos de recursos e finalidades das relações estabelecidas. Esses agrupamentos foram então interpretados à luz da literatura de ecossistemas, sendo associados, respectivamente, aos ecossistemas de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios. Assim, os tipos de ecossistema foram utilizados como categorias analíticas de segunda ordem, permitindo organizar empiricamente as diferentes lógicas de interação observadas no campo.

Na fase de relato dos resultados, buscou-se apresentar as categorias construídas de forma clara, coerente e conectadas aos constructos teóricos do estudo. A categorização permitiu mapear as formas de geração e percepção de valor no ecossistema analisado, bem como os tipos de interações (colaborativas, técnicas, estratégicas) entre os diversos atores. O processo foi conduzido de forma reflexiva e interativa, com validação cruzada entre pesquisadores para garantir consistência e credibilidade da análise.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a GoGenetic opera em uma configuração ecossistêmica multinível, na qual os ecossistemas de conhecimento, empreendedorismo, inovação e negócios se sobrepõem e se retroalimentam (E2, E6, E7, E10, E11, E12 e E13). Essa dinâmica reflete o que Ceci et al. (2026) denominam como configurações aninhadas (*nested configurations*), sugerindo que esses diferentes ecossistemas não são domínios separados, mas coexistem e interagem funcionalmente. A capacidade da empresa de transitar entre esses arranjos, reorganizando parcerias e governança conforme sua maturidade tecnológica, exemplifica a "transição cumulativa" proposta por Borini et al. (2024), em que o empreendedor de *deep tech* não abandona o ecossistema de conhecimento ao ingressar nos de empreendedorismo e

inovação, mas acumula competências e conexões em todos eles ao longo da jornada. A GoGenetic atua como orquestradora ecossistêmica, articulando e integrando, de forma dinâmica, os diferentes níveis de conhecimento, inovação, empreendedorismo e negócios ao longo de sua trajetória de desenvolvimento.

A vantagem competitiva da GoGenetic, ancorada na propriedade intelectual e na expertise científica o entrevistado E6 diz: “A *GoGenetic* traz uma ferramenta que ela já é utilizada há bastante tempo para diagnóstico humano para este campo que ainda não foi explorado, que é o campo do agro... entregamos em 24 horas o que levava 21 dias.”, é uma característica central das empresas de *deep tech*, que se baseiam em descobertas científicas únicas e difíceis de reproduzir (Apodaca et al., 2023; Raff et al., 2024b). Esse recurso estratégico sustenta sua atuação como orquestradora, papel definido por Adner (2017) como o ator que alinha multilateralmente os parceiros para materializar uma proposição de valor. Conforme apontado por E4, E7, E8 e E13, a captura de valor ocorre de forma híbrida, combinando ativos tangíveis e intangíveis. Segundo Ritala et al. (2013), essa hibridização é essencial, pois mecanismos tangíveis (como contratos e IPR) e relacionais intangíveis (como reputação e networking) são complementares na manutenção da estabilidade da rede e na garantia de lucros individuais e coletivos.

A governança da empresa apresenta um caráter híbrido, com centralização estratégica nas sócias fundadoras (E2, E7, E11, E12 e E13) e descentralização operacional nas unidades de negócio (E3, E4, E6 e E10). Essa estrutura pode ser compreendida através da "governança do julgamento empreendedor", discutida por Borini et al. (2024), em que os fundadores delegam direitos de decisão para gerenciar a complexidade de múltiplos atores, mantendo a coordenação estratégica para assegurar o alinhamento da proposta de valor. Conforme Jacobides et al. (2018), essa coordenação é o que permite que organizações interdependentes operem sem a necessidade de contratos bilaterais exaustivos para cada atividade, utilizando papéis e regras compartilhadas.

Os fluxos técnico-comerciais com clientes (E2, E6, E7, E10, E11 e E13) e a intensa circulação de conhecimento com universidades (E1, E2, E6, E13 e E14) demonstram a atuação da GoGenetic em diferentes camadas do ecossistema. De acordo com o modelo de Visscher et al. (2021), a relação com as universidades representa a camada exploratória, focada na descoberta de oportunidades e fluxo de conhecimento acadêmico, enquanto a relação com clientes insere-se nesta camada, voltada para a comercialização e entrega de valor. Nesse cenário, as universidades atuam como "âncoras" (*anchor tenants*) fundamentais, fornecendo capital humano e infraestrutura essenciais para o desenvolvimento de tecnologias de fronteira

(Clarysse et al., 2014; Apodaca et al., 2023).

As relações com fornecedores, marcadas pela dependência tecnológica de plataformas de sequenciamento reforçado por E8 “*A fornecedora dos sequenciadores genéticos é uma empresa difícil... pensa num parceiro que a gente quer demitir e não pode. Porque, em questão de qualidade de sequenciamento, eles são a melhor empresa do mundo... não existe poder de barganha.*”, evidenciam a interdependência estrutural analisada por Adner e Kapoor (2010). Os autores destacam que desafios em componentes upstream (como insumos laboratoriais) podem limitar a capacidade da firma focal de criar valor se não houver um alinhamento tecnológico preciso. A confiança elevada entre os atores, sustentada por NDAs e transparência (E3, E4, E6, E9, E10, E11, E12, E13 e E14), atua como um mecanismo de governança que reduz o risco de comportamento oportunista e facilita a resolução de problemas complexos que contratos formais não conseguem prever (Ritala et al., 2013), no qual o entrevistado E11 relata: “*A gente estabeleceu uma relação com os clientes e aqui dentro também... um ambiente de que a gente confia. A gente não se vê como clientes, mas vê pessoas... relação de confiança real.*”.

Por fim, as tensões identificadas, como a burocracia regulatória citada por E7 “*O próprio Ministério da Agricultura está tão atrasado com relação às inovações... que ele não consegue nem legislar... esse é o principal problema de inovar.*” em relação ao atraso regulatório governamental reforçado pela barreira do CNAE que E2 relata: “*Nós não temos um CNAE definido porque ninguém entende o que a gente faz. A gente acaba se enquadrando em pesquisa e desenvolvimento.*” e a dependência de fornecedores monopolistas (E5, E6, E8 e E10), são barreiras típicas de setores de *deep tech*, que enfrentam ciclos de P&D longos e exigências de certificação complexas (Apodaca et al., 2023; Hopmans, 2024).

Além disso, os desalinhamentos internos entre as áreas comercial e operacional mencionadas por E8 “*Parece que vocês estão brincando de batata quente. A amostra chega, sai do recebimento, corre pro laboratório... ninguém quer ficar com a batata quente.*” e E11 cita que “*Todos os problemas que temos na empresa... é de comunicação. As coisas não são ditas de forma clara ou não são ditas da forma que o interlocutor entendeu.*” reforçam a importância da capacidade cognitiva gerencial. Segundo Cao et al. (2020), a percepção e coordenação dos gestores são fundamentais para realizar mudanças estratégicas eficazes e manter a coesão interna diante de pressões externas e incertezas de mercado.

A Figura 9 complementa a análise qualitativa ao apresentar as médias das notas atribuídas pelos entrevistados à intensidade do relacionamento entre a GoGenetic e cada ecossistema considerando o caráter bidirecional dessas interações.

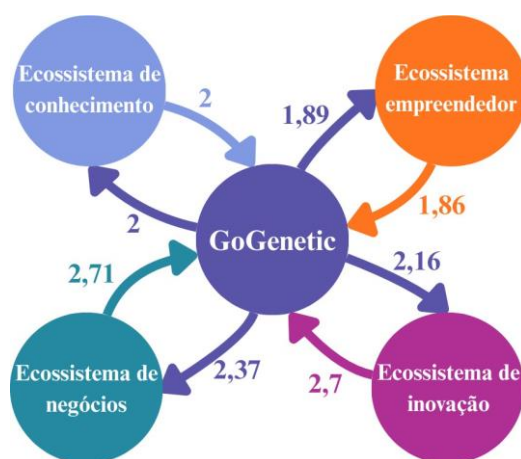


Figura 9 - Intensidade de relacionamento da orquestradora com os ecossistemas.

Fonte: Os autores (2026).

Observa-se que o ecossistema de negócios apresenta a maior intensidade média na direção ecossistema para GoGenetic (2,71), seguido pelo ecossistema de inovação (2,70), enquanto o fluxo GoGenetic para o ecossistema é ligeiramente inferior, mas ainda elevado (2,37 para negócios e 2,16 para inovação). Esses resultados indicam que, nos estágios mais avançados de maturidade, a *deep tech* absorve demandas, pressões e estímulos desses ambientes em intensidade superior àquela que projeta unilateralmente, sugerindo maior responsividade estratégica às exigências de mercado e às dinâmicas de co-desenvolvimento.

No ecossistema de conhecimento, a intensidade do fluxo é equilibrada (2,0 em ambas as direções), o que reforça a interpretação de interdependência simétrica baseada em troca de infraestrutura, capital humano e legitimidade científica, conforme descrito por E21, E28, E29 e E32. Esse equilíbrio sugere que, embora a empresa já tenha avançado em direção à consolidação mercadológica, mantém vínculos estruturais com sua base científica, preservando a retroalimentação contínua entre pesquisa e aplicação, fator comum em *startups* que surgem de universidades (Muscio et al., 2022).

Por outro lado, o ecossistema empreendedor apresenta as menores médias relativas (1,86 no fluxo ecossistema para GoGenetic e 1,89 no fluxo inverso), indicando que, à medida que a empresa amadurece, a intensidade relacional com mentores, incubadoras e agentes de fomento tende a reduzir-se proporcionalmente. Esse padrão é coerente com os relatos de E22, E25 e E27, que indicam a evolução de vínculos inicialmente centrais para a estrutura do negócio, com contatos recorrentes entre os três conselheiros com a *deep tech*, para interações mais direcionadas e estratégicas, mantendo-se contatos pontuais e mais seletivos diante de demandas específicas da *deep tech* com os atores do ecossistema empreendedor..

A análise comparativa das médias revela, portanto, um gradiente de maturidade

ecossistêmica: a base científica permanece como alicerce estrutural; o ecossistema empreendedor cumpre papel formativo e de redução de risco inicial; o ecossistema de inovação atua como espaço de experimentação tecnológica; e o ecossistema de negócios assume centralidade crescente na consolidação e escalabilidade do modelo. Porém, os dados quantitativos reforçam a natureza dinâmica da orquestração, no qual a GoGenetic ajusta a intensidade de suas interações conforme o estágio de desenvolvimento e as contingências externas, assim, a Figura 9 não apenas ilustra níveis de intensidade relacional, mas empiricamente sustenta a tese de transição adaptativa entre ecossistemas, evidenciando que a orquestradora redistribui atenção, recursos e governança conforme evolui de uma lógica predominantemente científico-tecnológica para uma lógica orientada à escala de mercado.

3.4.1. Ecossistema de conhecimento

O ecossistema de conhecimento constitui a base de legitimidade científica e tecnológica da *deep tech* obtida por meio dessas conexões foi essencial para consolidar credibilidade no mercado (Apodaca et al., 2023), o valor evidenciado por E32 “*A universidade entra como uma marca de qualidade... já imprime uma marca na hora deles negociarem com outras empresas, clientes deles, para conseguir grandes projetos.*”. E28 e E29 destacam o retorno financeiro via fundações de apoio e a manutenção da infraestrutura científica como mecanismos centrais de captura de valor. E21 e E32 enfatizam a consolidação institucional e a criação de centros de referência e bancos de dados estratégicos como ativos estruturantes, que sobre a visão estratégica o entrevistado E21 relata: “*Foi uma estratégia nossa de desenvolvimento científico-tecnológico de, porque a gente viu que essa área vai ser disruptiva no futuro... para que a gente pudesse competir globalmente.*”.

A captura de valor é bidirecional, no qual a empresa obtém estrutura e validação, enquanto a universidade amplia impacto e captação de recursos, baseados em uma governança percebida como descentralizada, caracterizada pela autonomia institucional, mas que é submetida a burocracias públicas e internas da GoGenetic (Van der Borgh et al., 2012; Leite et al., 2025).

Os fluxos incluem circulação de pesquisadores e estagiários, compartilhamento de equipamentos de alto custo e produção de dados genômicos (E32). A confiança elevada é reiterada por E21, E28, E29 e E32, embora tensões relacionadas à burocracia pública afirmada por E28 “*A burocracia é grande, mas uma vez feita a gente tem a forma, os meios de fazer uma prestação de serviço... em benefício da sociedade.*” e limitações de expansão física dita pelo entrevistado E32 “*A GoGenetic, ela gostaria de ter um espaço aqui, né? Daí a gente tem*

barreiras aqui na universidade de construir esse local... está fora do nosso alcance.” sejam recorrentes. Esse ecossistema opera, portanto, como espaço de geração e validação do conhecimento científico, ainda que condicionado por restrições institucionais típicas do setor público que geram desafios quanto à agilidade de processos e inovação (Ritala et al., 2013; Leite et al., 2025).

3.4.2. Ecossistema de empreendedor

No ecossistema empreendedor, a ênfase desloca-se para a transformação do conhecimento científico em modelo de negócio viável. E22, E26, E27 e E31 descrevem a captura de valor predominantemente intangível - aprendizado, capital social e oxigenação intelectual - no qual o entrevistado E27 *“A palavra que eu acho que consolida muito tudo isso chama-se oxigenação, para mim é muito importante porque eu acabo vendo diversas realidades... isso me gera um capital intelectual”*, enquanto E22 e E25 evidenciam dependência mútua entre competência técnica da *deep tech* e conhecimento gerencial fornecido por mentores (Autio et al., 2018; Borini et al., 2024).

As relações evoluíram de arranjos informais para contratos estruturados à medida que a maturidade organizacional avançou o entrevistado E22 diz que: *“Tem o contratual/formal, mas com esse papel do articulador... entra muito forte o papel da confiança”*, o E25 relata: *“Eu prestei uma consultoria informal, pró-bono, durante um bom tempo, até que eles me convidaram para ser o conselheiro”* e E27 confirma: *“Ela começou informal e depois virou formal”*, confirmando que a formalização institucionaliza a confiança previamente construída. Tensões são descritas como construtivas, relacionadas à pressão por desempenho e conformidade regulatória (E26 e E27).

Esse ecossistema atua como mecanismo de redução de risco gerencial e de profissionalização da liderança técnica, no qual os entrevistados E22, E26 e E27 apontam necessidade de atração de investidores de risco, parceiros comerciais de grande porte e gestores experientes reforçado pelo entrevistado E26 *“Precisa intensificar ou parcerias ou acordos... se vincular ou se aproximar de empresas, rede de cooperativas que atuam no agro”* para viabilizar escala para o ecossistema como novos atores em suas relações com a *deep tech* (Visscher et al., 2021; Hopmans, 2024). O relato *“Periodicamente, deve-se incluir novos atores... se a pessoa que está no ramo não reconhece a sua limitação, ela acaba se tornando um entrave”* do entrevistado E25 com a perspectiva de que novos entrantes geram novas possibilidades e mitigam barreiras de aprendizagem no segmento da *deep tech*.

3.4.3. Ecossistema de inovação

No ecossistema de inovação, observa-se foco na co-criação e experimentação tecnológica. As declarações dos entrevistados E33 “*Elas têm um conhecimento técnico muito profundo de uma área que entrega muito valor e que eu não tenho e nem quero ter... ter esse braço de apoio e que me atende de uma maneira ágil e com muita qualidade técnica... isso me ajuda bastante a ter os resultados*”, e na fala: “*O ponto principal é a visibilidade... esse posicionamento por estar vinculado hoje à terceira melhor universidade privada do país... acaba que a solução que eles desenvolvem tem essa chancela*” do E36, além dos entrevistados E38 e E39 identificam como principais valores o acesso à expertise técnica, visibilidade institucional e representatividade setorial, destacando a prestação de serviços especializados, eventos de *networking* e parcerias estratégicas como mecanismos de captura de valor. *Hubs* e associações atuam como facilitadores de infraestrutura e conexões corporativas que possuem como principais princípios atenuantes de confiança mútua na relação com a *deep tech* seus relacionamentos de longo prazo e transparência nas interações diárias (E34, E35 e E36) (Ritala et al., 2013; Jacobides et al., 2018; Visscher et al., 2021).

Os fluxos de trocas que ocorrem entre os atores deste ecossistema e a *deep tech* incluem desenvolvimento conjunto de produtos, provas de conceito e acesso a redes corporativas (E23, E33, e E38) (Ritala et al., 2013; Leite et al., 2025), em suas interações o relato: “*O Bioinformata [GoGenetic] cede os dados abertos, não dá só o laudo final... eles conversam, trabalham juntos para poder gerar o melhor laudo possível*” do E33 e a evidência de que “*O maior benefício é que a gente oferece essas conexões. Hoje a gente tem uma rede aqui de mais de 60 empresas... a gente consegue fazer essas pontes*” asseguram os pontos de fluxos de trocas entre os atores.

Quanto a tensões, essas emergem de falhas de comunicação, burocracia acadêmica e incertezas quanto à divisão de custos de P&D o entrevistado E34 relata que: “*A universidade ela é muito tradicional... o nosso dia a dia aqui ele não pode ser travado como um ambiente de academia. Aqui a gente tem que ser muito mais dinâmico*”, mencionados também por E37, E38 e E39 em meio a uma governança percebida como descentralizada em nível operacional das parcerias (Visscher et al., 2021; Kruachottikul et al., 2023; Leite et al., 2025).

Esse ecossistema configura-se como espaço intermediário de conversão do conhecimento validado em soluções tecnológicas aplicáveis, sendo crucial para a validação mercadológica da inovação, no qual o apontamento de E33 sobre “*Conseguir triangular um pouco mais esses órgãos governamentais que auxiliam com fomento à pesquisa... para tirar uma Deep Tech do chão sem dinheiro governamental é praticamente impossível*” firmando a aproximação com órgãos governamentais e agências de fomento advém da perspectiva de

acelerar o crescimento das *deep techs* mitigando desafios de estagnação da inovação e colaborando na geração de demandas para as *startups deep techs* (Apodaca et al., 2023; Dionisio et al., 2023).

3.4.4. Ecossistema de negócios

O ecossistema de negócios representa para a GoGenetic um nível de ecossistema de captura e estabilização do valor econômico caracterizado pela consolidação de uma cadeia ampliada de mercado gerada nos demais ecossistemas, permitindo que a inovação se converta em sustentabilidade financeira (Valkokari, 2015; Cobben et al., 2022). E16, E17, E19, E20, E30, E40, E41, E42 e E43 associam sua participação à diferenciação competitiva, na visão de E30 “*É um produto diferenciado no mercado. Nós não temos concorrentes.*”, acesso a tecnologia exclusiva que para E40 o “*principal benefício... a gente ter acesso a técnicas avançadas de diagnóstico... com velocidade.*” e fortalecimento de marca. A captura ocorre por meio de contratos recorrentes com base na fidelização comercial, no qual E17 relata: “*Este cliente é muito importante... porque ele se torna muito mais importante do que um cliente da pesquisa [acadêmica], porque ele tem um consumo de produtos.*”, além de venda de laudos e kits diagnósticos e desenvolvimento conjunto de soluções comercializáveis (E17, E19, E20 E40, E42 e E43), nos quais os fluxos são predominantemente técnico-comerciais.

Embora a governança seja percebida como centralizada na GoGenetic como afirma E24 “*É centralizada. Assim, na minha visão, pra gente, é concentrada nos sócios.*”, clientes estratégicos impõem regras de mercado, evidenciando interdependência assimétrica. Quanto aos tipos de relações, estas se mostram majoritariamente híbridas firmado por E19 “*Existe uma relação comercial, formal e informal ao mesmo tempo... contrato, contrato não existe nenhum.*”, no qual embora existam contratos formais que mantêm um rigor contratual absoluto entre os atores e a GoGenetic, a informalidade e confiança relatada na frase “*Virou uma relação de amigos, assim, virou uma relação de proximidade, vamos lá tomar um café e vamos discutir.*” de E43 são resultado ocasional das relações dentro do ecossistema (Ritala et al., 2013, Cobben et al., 2022).

Tensões segundo os entrevistados E24, E16, E19, E30 e E43 concentram-se em precificação, prazos e logística, mas prevalece percepção de alinhamento baseado em lógica ganha-ganha e transparência como mecanismos centrais de coordenação no qual a interdependência técnica relatada por E41 que “*A gente considera a GoGenetic como uma empresa muito parceira nossa, como se fosse um braço aqui da nossa pesquisa.*” (Ritala et al., 2013, Visscher et al., 2021).

3.4.5. Transição entre ecossistemas

Os resultados indicam o conhecimento científico gerado no ecossistema de base acadêmica sustenta a legitimidade tecnológica; o ecossistema empreendedor estrutura o modelo de negócio e reduz riscos gerenciais; o ecossistema de inovação viabiliza experimentação e validação tecnológica; e o ecossistema de negócios captura e estabiliza o valor econômico.

A Figura 10 sintetiza graficamente a trajetória ecossistêmica da GoGenetic ao representar as trocas estabelecidas entre a orquestradora e cada ecossistema em uma lógica linear de evolução - do conhecimento ao empreendedor, de inovação ao de negócios - simultaneamente evidenciando, por meio das setas pontilhadas, o caráter cíclico e retroalimentado dessas interações. A representação visual confirma que a trajetória da *deep tech* não corresponde a uma substituição sequencial de ambientes, mas a um processo de ecossistemas aninhados no qual novos estágios de maturidade incorporam e reconfiguram vínculos anteriores.

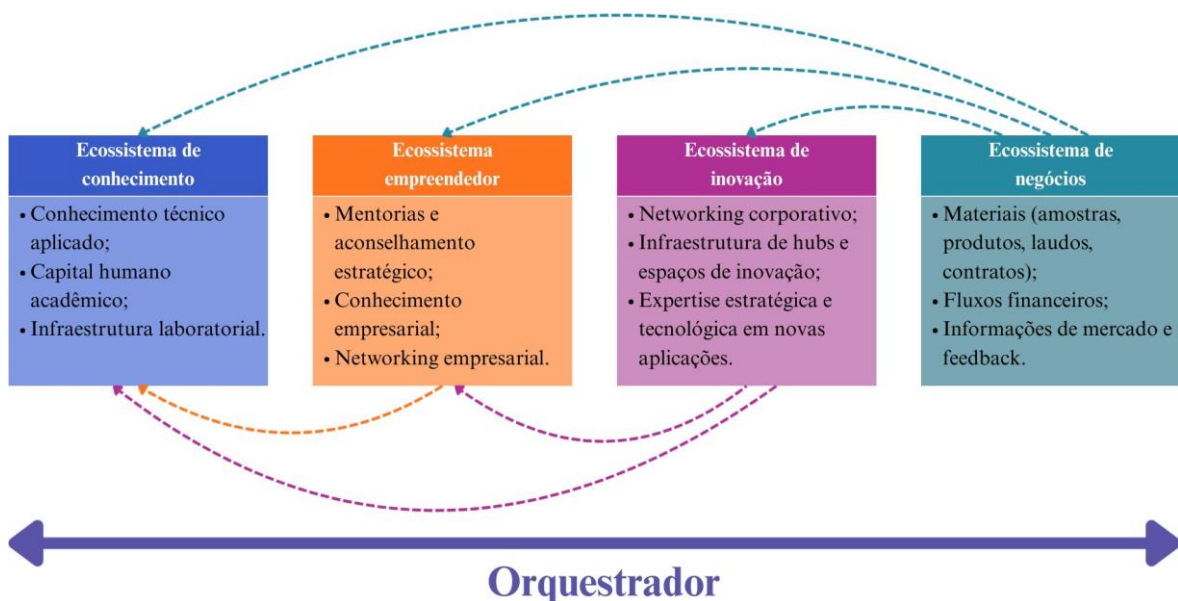


Figura 10 - Framework de aninhamento ecossistêmico em startups deep tech.
Fonte: Os autores (2026).

Sob uma perspectiva cronológica, o ecossistema de conhecimento constituiu o ponto de partida estrutural. Nesse estágio, as trocas concentraram-se em conhecimento técnico aplicado, capital humano acadêmico e infraestrutura laboratorial. Entretanto, mesmo após a consolidação no ecossistema de negócios, a empresa mantém conexões ativas com esse ambiente, evidenciada pelo coordenador E28, que exemplifica esse movimento de retorno estratégico e que houve uma troca entre os atores, o mesmo relata: “à medida que a empresa evolui e amplia

sua base de clientes, surge a necessidade de retroalimentação científica por meio de trocas de dados genômicos, atualização de know-how aplicado em genética molecular, aprimoramento da capacidade de transformar pesquisa em solução comercial e fortalecimento da propriedade intelectual derivada da expertise científica. Assim, o avanço mercadológico intensifica e não elimina a dependência de validação e sofisticação científica”.

De modo semelhante, a passagem pelo ecossistema empreendedor foi fundamental para estruturar e reduzir riscos gerenciais, contudo, a maturidade alcançada não implica rompimento com esse ambiente. O retorno às interações com E27, vinculado à consultoria relata: “*A empresa vai passando por estágios... ela está num estágio que, sei lá, estão faturando, vão chegar perto de 10 milhões... para ela atingir 100 milhões, é um outro estágio, são outros mentores, são outras pessoas do ecossistema que ela precisa trazer*”, ilustra como a evolução da empresa gera novas demandas por metodologias de gestão, modelagem de negócios e planejamento financeiro mais sofisticado, bem como o entrevistado E31 exemplifica: “*Uma outra coisa que contribuiu bastante foi a participação de alguns dos membros nos programas de aceleração, de incubação, os concursos de startups que eles participaram e ganharam prêmios... eu acho que isso os ajudou a ter um amadurecimento muito mais forte*”, no qual situações de demandas por participação em programas de aceleração, capacitação, capital semente e subvenções econômicas. A escala ampliada impõe desafios organizacionais distintos daqueles enfrentados no estágio inicial, reativando trocas estratégicas com atores empreendedores.

No ecossistema de inovação, a lógica de co-desenvolvimento permanece central mesmo após a consolidação comercial, no qual mesmo com a interação com E33 relatada: “*Estou até ajudando a montar um produto para essa área [pets], que é uma área que elas não atuam... A gente teve muita troca para entender primeiro a metodologia, então a gente buscando na literatura, conversando com eles, adaptando.*” demonstra que diante da expansão para novos segmentos e aplicações, a *deep tech* se mantém no ambiente de inovação não somente pela infraestrutura, mas retorna para desenvolvimento conjunto de produtos, realização de testes e validações técnicas, acesso a redes corporativas e inteligência competitiva, além de aprofundar sua capacidade de customização tecnológica. O movimento evidencia que a escalabilidade não reduz a necessidade de experimentação, mas amplia sua complexidade, E23 firma isso quando diz: “*Se hoje a gente está defendendo a parte de sequenciamento e daqui um mês, para a gente, vier uma nova tecnologia... é algo que a gente pode ir sempre agregando.*”

Por fim, no ecossistema de negócios, onde atualmente se concentra a maior intensidade relacional, as trocas envolvem materiais (amostras, produtos e laudos), fluxos financeiros e informações de mercado. A relação com E16, fornecedor, e com E41, cliente, ilustra como o

ambiente comercial também opera como fonte de retroalimentação estratégica, por meio de *feedback* do cliente e as informações de mercado retornam à empresa relatos que evidenciam essas trocas vem do entrevistado E30 “*Nós prospectamos clientes, nós trazemos novos questionamentos de produtos... em alguns momentos, novos produtos, nós precisamos desenvolver isso porque é a dor de um cliente.*”, ademais de E40 “*Nós levamos para GoGenetic demandas do campo, tipo de informação que precisamos gerar... os desenvolvimentos que poderiam ser feitos para atender melhor.*”, exigindo maior capacidade de interpretação genética especializada, refinamento da base de dados proprietária acumulada, aplicação contínua da propriedade intelectual e fortalecimento da marca associada à autoridade científica. O ecossistema de negócios, portanto, não representa um estágio final estático, mas um espaço de pressão adaptativa que realimenta os demais ecossistemas.

A análise integrada da Figura 10 evidencia que a maturidade ecossistêmica não significa a substituição de vínculos anteriores, mas redistribuição da intensidade relacional. A GoGenetic desloca sua centralidade estratégica ao longo do tempo, indo da legitimidade científica à captura de valor econômico, porém mantém conexões estruturais com os ambientes precedentes, acionando-os conforme novas necessidades emergem. Dessa forma, a trajetória da deep tech pode ser compreendida como um processo evolutivo cumulativo, no qual cada ecossistema acrescenta camadas de capacidade organizacional, tecnológica e mercadológica. A consolidação atual no ecossistema de negócios não encerra o ciclo, mas amplia a complexidade das interdependências, reforçando o papel da orquestradora como agente capaz de modular, reativar e recombina recursos distribuídos ao longo de toda sua trajetória ecossistêmica.

3.5. IMPLICAÇÕES E CONCLUSÃO

As implicações teóricas deste estudo residem, primeiramente, na validação de que os ecossistemas de conhecimento, empreendedorismo, inovação e negócios não operam como domínios isolados, mas sim como configurações aninhadas e interdependentes. Esta perspectiva de aninhamento permite que diferentes tipos de ecossistemas coexistam e interajam em uma estrutura compartilhada, superando a visão de que seriam domínios mutuamente exclusivos (Ceci et al., 2026). A pesquisa fornece evidências empíricas para o modelo de transição cumulativa, demonstrando que, em contextos de tecnologia profunda (*deep tech*), o avanço em direção ao mercado não implica o abandono das bases científicas; ao contrário, a *startup* acumula conexões e competências em múltiplas camadas simultaneamente ao longo de sua jornada (Borini et al., 2024).

Adicionalmente, o trabalho amplia a teoria de orquestração ao posicionar a *startup deep*

tech como o ator central capaz de alinhar parceiros heterogêneos e gerenciar as interdependências tecnológicas e de mercado (Borini et al., 2024; Ceci et al., 2026). Essa proposição desafia a literatura predominante, que frequentemente identifica o orquestrador como uma grande empresa líder ou organização keystone que detém poder de mercado e infraestrutura para definir as regras do sistema (Valkokari, 2015; Jacobides et al., 2018; Cobben et al., 2022). Enquanto a literatura clássica aponta para a existência de um "abismo" e de tensões significativas entre o ecossistema de conhecimento (focado em pesquisa) e o de negócios (focado em lucro) (Clarysse et al., 2014; Cobben et al., 2022), este estudo demonstra que a *startup* pode atuar como o agente de realinhamento contínuo necessário para que esses diferentes sistemas coevoluam e gerem valor de forma integrada.

Do ponto de vista prático e gerencial, os resultados sugerem que os fundadores de *deep techs* devem desenvolver uma elevada capacidade cognitiva gerencial para detectar mudanças no ambiente e reconfigurar recursos externos de forma ágil para manter o equilíbrio sistêmico. É fundamental que os gestores consigam navegar entre lógicas institucionais distintas, harmonizando o rigor e os ciclos lentos da descoberta científica com a velocidade e os resultados financeiros demandados pelo mercado. O estudo também aponta para a eficácia de uma governança híbrida, que combine a centralização estratégica nas mãos dos fundadores para assegurar a proposta de valor, com a descentralização operacional nas unidades de negócio para responder às demandas dos clientes.

No que tange às implicações para políticas públicas e para o fortalecimento do ecossistema, o estudo reafirma o papel vital das universidades e institutos de pesquisa como atores-âncora que fornecem o capital humano e a infraestrutura laboratorial essencial para a inovação de fronteira. As evidências indicam que a manutenção de vínculos estreitos com a base acadêmica é o que permite mitigar os riscos do "vale da morte" e sustentar uma vantagem competitiva ancorada em propriedade intelectual única. Portanto, iniciativas que facilitem a transferência de conhecimento e a circulação de talentos entre a academia e a indústria são cruciais para garantir que o conhecimento produzido se transforme em valor econômico e social.

A análise evidencia que a orquestração emerge como capacidade central para alinhar fluxos de conhecimento, recursos e valor entre universidades, *hubs* de inovação, fornecedores e clientes. Esse processo ocorre por meio de uma governança híbrida, que combina centralização estratégica com descentralização operacional, favorecendo simultaneamente coerência e adaptabilidade organizacional. Observa-se ainda que, ao longo da trajetória de

maturidade, o ecossistema de conhecimento permanece como base de legitimidade científica, o ecossistema empreendedor cumpre papel formativo, o ecossistema de inovação atua como espaço de validação tecnológica e o ecossistema de negócios assume centralidade na consolidação e escalabilidade do modelo.

Em conclusão, a análise da trajetória da GoGenetic revela que a evolução de uma *startup deep tech* não corresponde a uma substituição linear de ambientes, mas a um processo evolutivo cumulativo e cíclico. A empresa inicia sua jornada fundamentada na legitimidade do ecossistema de conhecimento, utiliza o suporte do ecossistema empreendedor para estruturar seu modelo de negócio e amadurece comercialmente nos ecossistemas de inovação e negócios. A principal descoberta é que a maturidade ecossistêmica não significa o rompimento com os vínculos anteriores, mas a capacidade da orquestradora de redistribuir a intensidade de suas interações conforme novas necessidades emergem. O sucesso dessas organizações reside, portanto, na competência de modular, reativar e recombinar recursos distribuídos em todas as camadas do ecossistema para garantir a inovação contínua e a escalabilidade no mercado.

REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO 3

- ADNER, Ron. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. **Journal of management**, v. 43, n. 1, p. 39-58, 2017.
- ADNER, Ron et al. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. **Harvard business review**, v. 84, n. 4, p. 98, 2006.
- ADNER, Ron; KAPOOR, Rahul. 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.
- ADNER, Ron; KAPOOR, Rahul. Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves. **Strategic management journal**, v. 37, n. 4, p. 625-648, 2016.
- DE APODACA, OB Ruiz; MURRAY, Fiona; FROLUND, Lars. What is “deep tech” and what are deep tech ventures. **MIT REAP – Massachusetts Institute of Technology**, 2023. Disponível em: https://reap.mit.edu/assets/What_is_Deep_Tech_MIT_2023.pdf. Acesso em: 15 de jan. 2026.
- ATTOUR, Amel; LAZARIC, Nathalie. From knowledge to business ecosystems: emergence of an entrepreneurial activity during knowledge replication. **Small Business Economics**, v. 54, n. 2, p. 575-587, 2020.
- AUTIO, Erkko et al. Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. **Strategic entrepreneurship journal**, v. 12, n. 1, p. 72-95, 2018.
- AUTIO, Erkko; THOMAS, Llewellyn DW. Researching ecosystems in innovation contexts. **Innovation & Management Review**, v. 19, n. 1, p. 12-25, 2022.
- BORINI, Felipe Mendes et al. The cumulative transitions of the deep tech entrepreneur. **RAUSP Management Journal**, v. 59, n. 01, 2024.
- CAO, Xin et al. The role of managerial cognitive capability in developing a sustainable innovation ecosystem: A case study of Xiaomi. **Sustainability**, v. 12, n. 17, p. 7176, 2020.
- CECI, Giuseppe et al. Entrepreneurial and innovation ecosystems: a scoping review on the complexity of nested configurations. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 14, p. 100973, 2026.
- CLARYSSE, Bart et al. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. **Research policy**, v. 43, n. 7, p. 1164-1176, 2014.
- CHAUDHARY, Sanjay et al. Connecting entrepreneurial ecosystem and innovation. Grasping at straws or hitting a home run?. **Technovation**, v. 130, p. 102942, 2024.
- COBBEN, Dieudonnee et al. Ecosystem types: A systematic review on boundaries and goals. **Journal of Business Research**, v. 142, p. 138-164, 2022.
- DIONISIO, Eduardo Avancini et al. Identifying necessary conditions to deep-tech entrepreneurship. **RAUSP Management Journal**, v. 58, n. 2, p. 162-185, 2023.
- ELO, Satu; KYNGÄS, Helvi. The qualitative content analysis process. **Journal of advanced nursing**, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2008.
- ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research policy**, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.
- GRAMA-VIGOUROUX, Simona et al. Influence of entrepreneurial ecosystems on innovation ecosystems in peripheral regions: the case of the Champagne-Ardenne region. **Industry and Innovation**, v. 29, n. 9, p. 1045-1074, 2022.
- GRANSTRAND, Ove; HOLGERSSON, Marcus. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. **Technovation**, v. 90, p. 102098, 2020.

- GUEST, Greg; BUNCE, Arwen; JOHNSON, Laura. How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. **Field methods**, v. 18, n. 1, p. 59-82, 2006.
- HOPMANS, Onno. From Pre-Founding to Founding: Understanding the drivers, barriers, and strategies for Dutch Deep-Tech Startups in the Sustainable Energy sector. **Policy and Management**, 2024.
- HSIEH, Hsiu-Fang; SHANNON, Sarah E. Three approaches to qualitative content analysis. **Qualitative health research**, v. 15, n. 9, p. 1277-1288, 2005.
- ISENBERG, Daniel J. How to start an entrepreneurial revolution. **Harvard business review**, v. 88, n. 6, p. 40-50, 2010.
- JACOBIDES, Michael G.; CENNAMO, Carmelo; GAWER, Annabelle. Towards a theory of ecosystems. **Strategic management journal**, v. 39, n. 8, p. 2255-2276, 2018.
- JÄRVI, Kati; ALMPANOPOULOU, Argyro; RITALA, Paavo. Organization of knowledge ecosystems: Prefigurative and partial forms. **Research policy**, v. 47, n. 8, p. 1523-1537, 2018.
- JUCEVIČIUS, Giedrius. Knowledge Ecosystem Approach to Addressing the Wicked Problems. In: **European Conference on Knowledge Management**. Academic Conferences International Limited, 2022. p. 576-582.
- KRUACHOTTIKUL, Pravee et al. New product development process and case studies for deep-tech academic research to commercialization. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, v. 12, n. 1, p. 48, 2023.
- LEITE, Diogo Barbosa et al. Twin ecosystem alignment between innovation ecosystem and knowledge ecosystem: a co-evolution perspective. **The Journal of Technology Transfer**, p. 1-44, 2026.
- LIU, Zhe et al. Comparing business, innovation, and platform ecosystems: a systematic review of the literature. **Biomimetics**, v. 9, n. 4, p. 216, 2024.
- MOORE, James F. et al. Predators and prey: a new ecology of competition. **Harvard business review**, v. 71, n. 3, p. 75-86, 1993.
- MUSCIO, Alessandro; SHIBAYAMA, Sotaro; RAMACIOTTI, Laura. Universities and start-up creation by Ph. D. graduates: the role of scientific and social capital of academic laboratories. **The Journal of Technology Transfer**, v. 47, n. 1, p. 147-175, 2022.
- NG, Wai-Kit et al. Mobile payment innovation ecosystem and mechanism: A case study of taiwan's servicescapes. **Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research**, v. 19, n. 1, p. 633-653, 2024.
- OPPONG, Steward Harrison. The problem of sampling in qualitative research. **Asian journal of management sciences and education**, v. 2, n. 2, p. 202-210, 2013.
- PATTON, Michael Quinn. **Qualitative research & evaluation methods**. Sage publications, 2002.
- RAFF, Stefan et al. **What is a " Deep Tech venture" and why should corporate innovators care?** MIT REAP/ MIT Sloan, 2024b. Disponível em: https://reap.mit.edu/assets/What_is_Deep_Tech_Why_Should_Corporate_Innovators_Care_MURRAY_FROLUND_et_al_002.pdf. Acesso em: 18 fev. 2026.
- RITALA, Paavo et al. Value creation and capture mechanisms in innovation ecosystems: a comparative case study. **International journal of technology management**, v. 63, n. 3-4, p. 244-267, 2013.
- RITALA, Paavo; THOMAS, Llewellyn DW. Innovation ecosystems. **Elgar Encyclopedia of Innovation Management**, 2025.
- SCARINGELLA, Laurent; RADZIOW, Agnieszka. Innovative Entrepreneurial Knowledge-based Business Ecosystems: Old wine in new bottles?. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 136, p. 59-87, 2018.
- SCHUTSELAARS, Joppe et al. Designing and testing a tool that connects the value proposition of deep-tech ventures to SDGs. **Designs**, v. 7, n. 2, p. 50, 2023.

- STAM, Erik. Entrepreneurial ecosystems and regional policy: a sympathetic critique. **European planning studies**, v. 23, n. 9, p. 1759-1769, 2015.
- STAM, Erik; SPIGEL, Ben. **Entrepreneurial ecosystems**. USE Discussion paper series, 2016.
- STAM, Erik; VAN DE VEN, Andrew. Entrepreneurial ecosystem elements. **Small Business Economics**, v. 56, p. 809–832, 2019.
- THOMAS, Llewellyn DW; AUTIO, Erkkö. Innovation ecosystems. **Available at SSRN 3476925**, 2019.
- VALKOKARI, Katri. Business, innovation, and knowledge ecosystems: How they differ and how to survive and thrive within them. **Technology innovation management review**, v. 5, n. 8, 2015.
- VAN DER BORGH, Michel; CLOODT, Myriam; ROMME, A. Georges L. Value creation by knowledge-based ecosystems: evidence from a field study. **R&D Management**, v. 42, n. 2, p. 150-169, 2012.
- VISSCHER, Klaasjan; HAHN, Katrin; KONRAD, Kornelia. Innovation ecosystem strategies of industrial firms: A multilayered approach to alignment and strategic positioning. **Creativity and innovation management**, v. 30, n. 3, p. 619-631, 2021.
- ZOU, Hua et al. Research on an enterprise green innovation ecosystem from the vulnerability perspective: Evolutionary game and simulation. **Ieee Access**, v. 9, p. 140809-140823, 2021.

4. CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como propósito analisar o funcionamento de um ecossistema de inovação *deep tech* sob a ótica da sustentabilidade, identificando as principais barreiras e estratégias que influenciam a trajetória de desenvolvimento de uma *startup* de base científica, bem como identificar as interações que estruturam os ecossistemas e suas relações com atores do sistema. Tomando como estudo de caso a empresa GoGenetic, foram integradas abordagens teóricas e empíricas com base na *Design Research Methodology* (DRM), utilizando métodos qualitativos como a Revisão Sistemática da Literatura (PRISMA), a Modelagem Estrutural Interpretativa (ISM) e a Análise *Fuzzy* MICMAC, complementadas pela análise de conteúdo de 44 entrevistas com atores do ecossistema. Como o estudo adotou uma abordagem totalmente qualitativa, baseada em entrevistas semiestruturadas, observou-se a limitação de não realizar a quantificação empírica das variáveis por meio de uma amostra mais representativa e devidamente categorizada.

Em síntese, esta dissertação contribui para o avanço da compreensão sobre o funcionamento dos ecossistemas de inovação *deep tech*, ao integrar abordagens teóricas e metodológicas complementares e aplicá-las empiricamente ao caso da GoGenetic, uma *startup* brasileira de base científica atuante no setor genético. A articulação entre a RSL, o ISM, a Análise *Fuzzy* MICMAC e a análise qualitativa de entrevistas possibilitou a construção de um modelo relacional que evidencia as barreiras estruturantes, as estratégias de superação e as dinâmicas colaborativas que sustentam o ecossistema investigado.

O estudo revelou que startups *deep tech* enfrentam barreiras estruturais centrais, como a falta de regulamentação específica, a alta burocracia e a baixa maturidade organizacional, que geram efeitos em cadeia, incluindo gargalos operacionais, altos custos de P&D e elevada demanda por capital humano qualificado. Essas barreiras se mostram interdependentes e organizadas de forma sistêmica, exigindo estratégias que atuem nas causas raiz. Nesse contexto, a startup analisada adota um núcleo estratégico baseado em governança colaborativa, parcerias e posicionamento técnico para mitigar tais desafios. Além disso, verificou-se que sua atuação ocorre em múltiplos ecossistemas interdependentes (de conhecimento, empreendedor, de inovação e de negócios) configurados de forma aninhada.

Destaca-se ainda a existência de uma transição cumulativa, na qual a empresa avança comercialmente sem abandonar sua base científica, assumindo o papel de orquestradora por meio de uma governança híbrida. Os resultados reafirmam que a sustentabilidade em ambientes *deep tech* ultrapassa o âmbito ambiental, envolvendo governança colaborativa, confiança

interinstitucional e alinhamento estratégico entre ciência, mercado e políticas públicas. Assim, o estudo oferece contribuições teóricas, metodológicas e práticas que podem orientar tanto o fortalecimento de ecossistemas de inovação de base científica quanto o desenho de políticas voltadas à promoção de uma economia mais sustentável, tecnológica e cooperativa.

4.1. RELAÇÃO DO TRABALHO COM A SUSTENTABILIDADE

A literatura contemporânea sobre sustentabilidade enfatiza a urgência de inovações disruptivas devido ao fato de o consumo global de recursos ultrapassar a capacidade de regeneração da Terra em 1,5 vezes (Dal Mas et al., 2024). Ao contrário da premissa de que as *deep techs* não atuam nesse setor, as fontes indicam que elas são, na verdade, essenciais para enfrentar "grandes desafios" mundiais, como a redução de emissões de gases de efeito estufa e a segurança alimentar (Nedayvoda et al., 2020; Romme et al., 2023). O que pode gerar a percepção de baixa atuação é que essas empresas enfrentam o chamado "Vale da Morte", caracterizado por ciclos de desenvolvimento longos, altos custos de P&D e riscos técnicos e financeiros significativos que dificultam sua comercialização em comparação com tecnologias puramente digitais (Kask & Linton, 2023; Romme et al., 2023). Além disso, o setor de atuação não é específico de biotecnologia ou genética; embora a biociência tenha um caminho de comercialização mais estabelecido, o ecossistema de *deep tech* abrange diversas áreas como inteligência artificial, novos materiais, robótica, fotônica, tecnologias espaciais e energia limpa (Nedayvoda et al., 2020; Romme et al., 2023).

A proposta inicial deste estudo atribuía à sustentabilidade papel central na análise do ecossistema; entretanto, os achados empíricos indicaram que, apesar de presente no discurso e em práticas pontuais, o tema não configurava o principal vetor de articulação estratégica da *deep tech*, exigindo sua reinterpretação como dimensão transversal. No questionário, aplicado aos 44 entrevistados, estavam presentes as seguintes perguntas: (i) Como a relação com os atores do ecossistema estimula a sustentabilidade?; (ii) Quais as práticas sustentáveis adotadas pelo ecossistema?; (iii) A sustentabilidade é uma prioridade nas suas operações dentro do ecossistema? Por quê?; e (iv) Há metas de sustentabilidade compartilhadas entre os atores? Dê exemplos. A análise das respostas revela um conjunto heterogêneo de percepções e práticas distribuídas entre os diferentes atores do ecossistema. Os achados indicam que, embora o tema esteja presente nas interações institucionais, operacionais e tecnológicas, ele não se configura como eixo estratégico central da *deep tech* orquestradora.

4.1.1 Percepção geral dos atores

No que se refere à forma como a relação entre os atores estimula a sustentabilidade, observa-se que essa dinâmica ocorre majoritariamente de maneira indireta e instrumental. No caso da empresa orquestradora, a interação com clientes, órgãos reguladores e parceiros estratégicos impõe exigências normativas e certificações que acabam estruturando práticas sustentáveis. As adequações laboratoriais, os protocolos de rastreabilidade e as exigências de conformidade técnica estão fortemente associadas, conforme relatado por E4, E8 e E15 além do dilema do lixo laboratorial evidenciado por E10 “*É uma pena porque 90% do nosso lixo é plástico, então poderia ser reciclado, mas a gente tem que mandar para essa empresa especializada, que eu acho que é a incineração.*”, à elevada geração de resíduos plásticos inerentes às análises genéticas, o que demanda cumprimento rigoroso de legislações e normas de segurança e reciclagem. Além disso, a pressão por certificações advindas de clientes de grande porte é apontada por E3 e E13 como geradora das barreiras comerciais, reforçando a necessidade de conformidade ambiental como requisito de acesso ao mercado. Assim, a sustentabilidade emerge como condição de legitimidade institucional e competitividade, e não necessariamente como diretriz estratégica primária da *deep tech* como afirmado por E7 que “*Não está dentro do nosso planejamento estratégico... eu acredito que a gente é sustentável na medida do possível, porque poderia ser muito pior.*”.

4.1.2. Práticas adotadas, prioridades e metas compartilhadas

Em relação às práticas sustentáveis adotadas, identifica-se um conjunto consistente de ações operacionais e tecnológicas. No âmbito laboratorial e organizacional, E3, E4, E9, E10, E13 e E15 mencionam a gestão rigorosa de resíduos químicos e biológicos, a digitalização quase integral de processos e laudos, a eliminação do uso de papel, a otimização de reagentes e insumos e parcerias para compostagem e descarte especializado. Tais práticas dialogam com o conceito de agricultura regenerativa e eficiência de recursos, destacado por E21 “*No estado do Paraná... a transformação digital e a sustentabilidade são eixos transversais... Na edição genética eu consigo consumir menos água, menos agrotóxico.*” no ecossistema de conhecimento e corroborado por E25, E26 e E27 no ecossistema empreendedor. No campo tecnológico, E16, E18 e E19 evidenciam a promoção de bioinsumos, a análise metagenômica para monitoramento da saúde do solo e o desenvolvimento de soluções que reduzam o uso de agrotóxicos e ampliem a eficiência produtiva. No ecossistema de inovação e negócios, E39 menciona iniciativas de rastreabilidade de cadeias produtivas na citação: “*Programa Soja Sustentável no Cerrado... participa diversos atores... para ajudar nesse projeto de rastrear a*

soja no cerrado de forma sustentável”, além da mobilidade colaborativa para redução de emissões e projetos voltados ao mercado de carbono. Ainda assim, essas práticas se apresentam de forma fragmentada entre os atores, vinculadas às demandas específicas de cada organização, sem evidências de uma governança ambiental integrada liderada pela *deep tech*.

Quanto à prioridade atribuída à sustentabilidade, verifica-se uma assimetria significativa. Enquanto fundações de fomento tratam o tema como eixo transversal de investimento, conforme indicado por E21, e associações setoriais e ambientes de inovação o consideram intrínseco ao setor de biológicos, como apontam E23, E34 e E37 a alta gestão da *deep tech* - representada por E7, E8 e E13 - reconhece estar em estágio inicial ou embrionário na estruturação estratégica do tema. A prioridade atual concentra-se na consolidação financeira, expansão de mercado, obtenção de certificações regulatórias e validação tecnológica. Nesse contexto, a sustentabilidade é percebida como consequência natural do modelo de negócio baseado em biotecnologia e eficiência produtiva, e não como diretriz estruturante do planejamento estratégico.

No que tange às metas compartilhadas, a maioria dos entrevistados indica ausência de metas formalizadas e coletivamente pactuadas entre todos os atores do ecossistema. As metas identificadas são predominantemente indiretas, derivadas de exigências regulatórias, como normas sanitárias e certificações técnicas citadas por E3 e E7, ou de programas específicos de pesquisa e inovação com foco em produção agrícola resiliente e redução de dependência tecnológica externa, conforme E21 e E25. Embora existam alinhamentos temáticos entre cooperativas, governo e empresas, não se observa um sistema integrado de indicadores ambientais comuns ao ecossistema orquestrado pela *deep tech*. Cada ator tende a gerir suas próprias metas, contribuindo de forma descentralizada para a conformidade e para a imagem sustentável do arranjo, como destaca E23.

4.1.3. A sustentabilidade nas barreiras e estratégias

Essa leitura é reforçada na análise das barreiras e estratégias levantadas junto aos CEOs e colaboradores da *deep tech* a partir da questão “Quais as dificuldades enfrentadas quanto à sustentabilidade e o meio ambiente? E quais as estratégias utilizadas para mitigá-las?”, apresentada no Quadro 1. No total, foram identificadas 24 barreiras relacionadas à dinâmica organizacional e ao processo de desenvolvimento da *deep tech*, entre elas, apenas uma apresentou relação direta com a temática ambiental, a “Falta de engajamento interno para sustentabilidade”. Todavia, na etapa de priorização das barreiras consideradas críticas para a

trajetória da *deep tech*, ela não emergiu como elemento central para os respondentes, assim como para compor o núcleo analítico do estudo. Tal resultado evidencia que, sob a ótica da própria organização, a sustentabilidade não se configura como gargalo estratégico prioritário no momento atual de consolidação tecnológica e mercadológica.

De modo análogo, no conjunto de 26 estratégias identificadas como mecanismos de mitigação e fortalecimento organizacional, apenas uma estratégia possuía aderência explícita ao tema ambiental, a “Sustentabilidade sistêmica com valor circular”. Embora essa estratégia denote uma visão potencialmente integrada e alinhada a princípios contemporâneos de economia circular, o foco permaneceu concentrado em estratégias voltadas à captação de recursos, escalabilidade tecnológica, conformidade regulatória e articulação interinstitucional.

4.1.4. A sustentabilidade nos ecossistemas

Nos ecossistemas de conhecimento e empreendedor, a articulação com universidades, fundações de fomento e associações setoriais impulsiona soluções tecnológicas voltadas à agricultura regenerativa, ao uso de bioinsumos e à redução de insumos químicos. E28 destaca a transformação de pesquisa acadêmica de alta tecnologia em soluções aplicáveis ao mercado, reforçando a conexão entre ciência e impacto ambiental positivo. Contudo, E22, E25 e E26 enfatizam que esse movimento decorre sobretudo do alinhamento às agendas de financiamento e às tendências globais do setor agro-biotecnológico, mais do que de uma intenção explícita da *deep tech* de liderar uma agenda ambiental estruturada.

Nos ecossistemas de inovação e de negócios, E23, sob a perspectiva associativa, aponta que o estímulo à sustentabilidade se dá por meio da colaboração tecnológica e institucional. E34 e E39, representantes de *hubs* de inovação nos quais a *deep tech* atua, destacam a viabilização de programas conjuntos e iniciativas de inteligência ambiental, como scoutings voltados ao mercado de carbono, créditos de biodiversidade e energia renovável. Entre fornecedores e clientes, E43, na área da saúde, menciona a sustentabilidade vinculada à conscientização e à longevidade, enquanto E30 e E40, no agronegócio, ressaltam a troca de informações científicas como base para decisões mais eficientes e sustentáveis no campo.

4.1.5. Fechamento: A sustentabilidade no caso estudado

Diante desse conjunto de evidências, torna-se analiticamente coerente compreender que a sustentabilidade, embora presente no discurso e nas práticas operacionais do ecossistema, não constitui o fator central de articulação da *deep tech*. O elemento estruturante identificado nas entrevistas é a capacidade de orquestração tecnológica, a validação científica e a construção de

legitimidade regulatória e de mercado. A sustentabilidade aparece como atributo associado à proposta de valor, especialmente no contexto da substituição de insumos químicos por soluções biológicas, mas não como a variável estratégica dominante que orienta as decisões e a governança do ecossistema.

Por essa razão, ainda que as perguntas sobre sustentabilidade integrem o escopo do questionário e revelem aspectos relevantes do funcionamento do arranjo, o tema não foi tratado como eixo central do estudo. Sua abordagem permanece como dimensão contextual e complementar, contribuindo para a compreensão do ambiente institucional e das externalidades positivas geradas pela *deep tech*, mas sem desviar o foco analítico da dinâmica principal de orquestração e transição entre ecossistemas que constitui o núcleo teórico e empírico da pesquisa.

4.2. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS

No campo teórico, esta pesquisa contribui ao integrar três eixos ainda pouco articulados na literatura: (i) as barreiras enfrentadas por *startups deep tech*, (ii) as estratégias de mitigação adotadas no contexto de ecossistemas de inovação, e (iii) a incorporação da sustentabilidade como elemento transversal dessas dinâmicas. Essa integração amplia o entendimento sobre como as *deep techs* constroem resiliência e legitimidade em ambientes de alta incerteza tecnológica, reforçando a importância da interdependência entre atores, recursos e instituições (Adner, 2006; Ritala et al., 2013; Granstrand & Holgersson, 2020). A interdependência entre atores revela-se fundamental para a viabilização e sustentação de startups deep tech, uma vez que o acesso a recursos críticos, conhecimento especializado e legitimidade institucional depende da articulação contínua e colaborativa entre diferentes agentes do ecossistema.

O uso combinado da DRM, ISM e MICMAC também representa uma contribuição metodológica relevante, ao demonstrar que ferramentas tradicionalmente aplicadas em engenharia e gestão de operações podem ser adaptadas para analisar ecossistemas de inovação complexos e dinâmicos. O modelo proposto oferece uma visão hierárquica das barreiras estruturantes e permite compreender as relações de causalidade que sustentam a evolução dos ecossistemas *deep tech*. Assim, a dissertação avança na consolidação de uma abordagem interpretativa e relacional, capaz de conectar níveis micro (atores e relações) e macro (instituições e políticas), contribuindo para o avanço das teorias sobre inovação sustentável e governança ecossistêmica.

4.3. CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS

Sob a perspectiva prática, os achados deste estudo oferecem subsídios valiosos para gestores de *startups*, formuladores de políticas e instituições de apoio à inovação. O modelo resultante do ISM e MICMAC permite identificar barreiras prioritárias e orientar ações estratégicas voltadas à mitigação de entraves críticos, como burocracia regulatória, baixa maturidade organizacional e dificuldade de acesso a investimento e capital humano especializado. Nesse sentido, políticas públicas voltadas às *deep techs* devem considerar seus ciclos longos de desenvolvimento, a elevada intensidade científica e a necessidade de articulação contínua entre universidade, mercado e governo.

Além disso, a pesquisa evidencia a necessidade de estruturas de governança colaborativa, capazes de alinhar objetivos entre universidades, investidores, órgãos públicos e empresas estabelecidas. As evidências empíricas demonstram que a sustentabilidade nos ecossistemas *deep tech* não se restringe ao aspecto ambiental, mas envolve práticas de confiança, transparência e compartilhamento de conhecimento que fortalecem as redes de inovação e ampliam o impacto social e econômico das *startups*. Dessa forma, o estudo contribui para a formulação de políticas públicas e programas de fomento mais sensíveis às especificidades das *deep techs*, como a criação de *sandboxes* regulatórios, linhas de financiamento de longo prazo e incentivos à cooperação universidade-empresa, aspectos fundamentais para o amadurecimento do ecossistema brasileiro de inovação científica.

4.4 LIMITAÇÕES

Como toda pesquisa de natureza qualitativa e baseada em estudo de caso único, este trabalho apresenta limitações de escopo e generalização. Os resultados refletem as especificidades da GoGenetic e de seu ecossistema de inovação no setor genético, podendo diferir em outros contextos industriais, institucionais ou regionais. Além disso, a coleta de dados concentrou-se em um período delimitado (setembro de 2024 a março de 2025), o que limita a análise longitudinal das mudanças nas interações entre atores. O caráter qualitativo da pesquisa limita a possibilidade de generalização estatística dos resultados, embora permita uma compreensão aprofundada das dinâmicas relacionais e institucionais que estruturam o ecossistema analisado.

A sustentabilidade não foi adotada inicialmente como eixo central por emergir empiricamente como uma dimensão desafiadora, evidenciada mais como barreira prática do que como diretriz estruturante no ecossistema analisado. Outra limitação refere-se à percepção subjetiva dos entrevistados, que, embora fundamental para compreender a dinâmica relacional

do ecossistema, pode introduzir vieses de interpretação. Por fim, a combinação de métodos estruturantes (ISM/MICMAC) exige julgamentos baseados em consenso de especialistas, o que, embora fortaleça a validade interna, restringe a amplitude de replicação para outros ecossistemas sem novos ajustes contextuais.

4.5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pesquisas futuras podem expandir as contribuições desta dissertação em diferentes direções. Primeiramente, recomenda-se a realização de estudos comparativos entre ecossistemas *deep tech* de distintos setores, como biotecnologia, energia e nanotecnologia, a fim de identificar padrões e singularidades nas estratégias de governança e sustentabilidade. Outra possibilidade é a análise longitudinal da evolução das interações entre atores e fluxos de valor, permitindo observar como as barreiras e estratégias se transformam ao longo do ciclo de crescimento das *startups*. Além disso, a integração de métodos quantitativos, como análise de redes sociais (SNA) ou modelagem de equações estruturais (SEM), poderia complementar a abordagem qualitativa e fortalecer a validação empírica do modelo proposto. Sugere-se ainda, a realização de um survey que permita a validação quantitativa das barreiras identificadas tanto na revisão sistemática da literatura (RSL) quanto no estudo de caso, ampliando a robustez e a generalização dos achados.

Essas sugestões reforçam a relevância de avançar na compreensão dos ecossistemas *deep tech*, evidenciando a necessidade de abordagens integradas e multinível que capturem a complexidade das interações entre atores, as dinâmicas de criação de valor e os desafios de governança e sustentabilidade ao longo do desenvolvimento dessas iniciativas. Por fim, sugere-se o aprofundamento das discussões sobre políticas públicas e instrumentos de fomento à inovação científica, explorando o papel de instituições intermediárias (universidades, *hubs* e aceleradoras) na construção de ecossistemas *deep tech* mais inclusivos, sustentáveis e competitivos em nível global.

REFERÊNCIAS DOS CAPÍTULOS 1 e 4

- ADNER, Ron et al. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. **Harvard business review**, v. 84, n. 4, p. 98, 2006.
- ADNER, Ron; KAPOOR, Rahul. 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.
- AUTIO, Erikko et al. Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. **Strategic entrepreneurship journal**, v. 12, n. 1, p. 72-95, 2018.
- BLESSING, Lucienne TM; CHAKRABARTI, Amaresh. **DRM, a design research methodology**. London: Springer London, 2009.
- BRAYBOY, Lynae M.; QUAAS, Alexander M. The DIY IVF cycle—harnessing the power of deeptech to bring ART to the masses. **Journal of Assisted Reproduction and Genetics**, v. 40, n. 2, p. 259-263, 2023.
- BORINI, Felipe Mendes et al. The cumulative transitions of the deep tech entrepreneur. **RAUSP Management Journal**, v. 59, n. 01, 2024.
- CECI, Giuseppe et al. Entrepreneurial and innovation ecosystems: a scoping review on the complexity of nested configurations. **Journal of Innovation & Knowledge**, v. 14, p. 100973, 2026.
- CLARYSSE, Bart et al. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. **Research policy**, v. 43, n. 7, p. 1164-1176, 2014.
- COBBEN, Dieudonnee et al. Ecosystem types: A systematic review on boundaries and goals. **Journal of Business Research**, v. 142, p. 138-164, 2022.
- DIONISIO, Eduardo Avancini et al. Identifying necessary conditions to deep-tech entrepreneurship. **RAUSP Management Journal**, v. 58, n. 2, p. 162-185, 2023.
- ELO, Satu; KYNGÄS, Helvi. The qualitative content analysis process. **Journal of advanced nursing**, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2008.
- EMERGE BRASIL. **Deep Tech Radar Brasil 2025: explorando o futuro das deep techs no Brasil**. São Paulo: Emerge, 2025a. Disponível em: <https://emergebrasil.in/panorama-deep-techs-2025/>.
- EMERGE BRASIL. **Deep Tech Radar LATAM 2025: explorando o futuro das deep techs na América Latina**. São Paulo: Emerge, 2025b. Disponível em: <https://emergebrasil.in/inscricao-panorama-deep-techs-2025/>.
- GRANSTRAND, Ove; HOLGERSSON, Marcus. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. **Technovation**, v. 90, p. 102098, 2020.
- HOPMANS, Onno. From Pre-Founding to Founding: Understanding the drivers, barriers, and strategies for Dutch Deep-Tech Startups in the Sustainable Energy sector. **Policy and Management**, 2024.
- JÄRVI, Kati; ALMPANOPOULOU, Argyro; RITALA, Paavo. Organization of knowledge ecosystems: Prefigurative and partial forms. **Research policy**, v. 47, n. 8, p. 1523-1537, 2018.
- KASK, Johan; LINTON, Gabriel. Five principles for overcoming obstacles in deep-tech startup journeys. **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 30, n. 1, p. 1-3, 2023.
- KLIMAS, Patrycja; CZAKON, Wojciech. Species in the wild: a typology of innovation ecosystems. **Review of Managerial Science**, v. 16, n. 1, p. 249-282, 2022.
- KRUACHOTTIKUL, Pravee et al. New product development process and case studies for deep-tech academic research to commercialization. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, v. 12, n. 1, p. 48, 2023.
- MOHER, David et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols

(PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 2015.

MOORE, James F. et al. Predators and prey: a new ecology of competition. **Harvard business review**, v. 71, n. 3, p. 75-86, 1993.

RITALA, Paavo et al. Value creation and capture mechanisms in innovation ecosystems: a comparative case study. **International journal of technology management**, v. 63, n. 3-4, p. 244-267, 2013.

SCARINGELLA, Laurent; RADZIWON, Agnieszka. Innovative Entrepreneurial Knowledge-based Business Ecosystems: Old wine in new bottles?. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 136, p. 59–87, 2018.

STAM, Erik. Entrepreneurial ecosystems and regional policy: a sympathetic critique. **European planning studies**, v. 23, n. 9, p. 1759-1769, 2015

VISSCHER, Klaasjan; HAHN, Katrin; KONRAD, Kornelia. Innovation ecosystem strategies of industrial firms: A multilayered approach to alignment and strategic positioning. **Creativity and innovation management**, v. 30, n. 3, p. 619-631, 2021.