

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**GUSTAVO ALVES SOARES**

CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EM BIOECONOMIA E  
BASES PARA UMA ESTRATÉGIA DE PATH-CREATING NO  
BRASIL

RIO DE JANEIRO

2022

**GUSTAVO ALVES SOARES**

**CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EM BIOECONOMIA E  
BASES PARA UMA ESTRATÉGIA DE PATH-CREATING NO  
BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Luiz Fagundes de Almeida  
Coorientador: Prof. Dr. José Vitor Bomtempo Martins

**RIO DE JANEIRO**

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

S676c Soares, Gustavo Alves.

Capacidades tecnológicas em bioeconomia e bases para uma estratégia de path-creating no Brasil / Gustavo Alves Soares. – 2022.

131 f.; 31 cm.

Orientador: Edmar Luiz Fagundes de Almeida.

Coorientador: José Vitor Bomtempo Martins.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia da Indústria e da Tecnologia, 2022.

Bibliografia: f. 123-131.

1. Bioeconomia. 2. Biomassa. 3. Capacidades tecnológicas. I. Almeida, Edmar Luiz Fagundes de, orient. II. Martins, José Vitor Bomtempo, coorient. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. IV. Título.

CDD 338.927

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária: Luiza Hiromi Arao CRB/7 – 6787

Biblioteca Eugênio Gudín/CCJE/UFRJ

**GUSTAVO ALVES SOARES**

**CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EM BIOECONOMIA E  
BASES PARA UMA ESTRATÉGIA DE PATH-CREATING NO  
BRASIL**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia.

Aprovada em: Rio de Janeiro, 13 de dezembro de 2022

---

(Orientador: Edmar Luiz Fagundes de Almeida, Doutor, Instituto de Economia/UFRJ)

---

(Coorientador: José Vitor Bomtempo Martins, Doutor, Escola de Química/UFRJ)

---

(Kaio Glauber Vital da Costa, Doutor, Instituto de Economia/UFRJ)

---

(Mateus Schreiner Garcez Lopes, Doutor, Raízen Energia S.A)

---

(Flávia Chaves Alves, Doutora, Escola de Química/UFRJ)

---

(Rafael Kuramoto Gonzalez, Doutor, UTFPR)



## **AGRADECIMENTOS**

Uma Tese nunca é feita sozinha e, ao longo dos anos, eu pude contar com apoio e inspiração de diversos professores, pesquisadores, colegas e familiares. Ao meu orientador, José Vitor Bomtempo, agradeço os mais de dez anos de orientação, iniciada ainda na Graduação. Além dos conhecimentos que adquiri ao longo da orientação, considero relevante a amizade e os bons momentos que construímos. Edmar de Almeida também não pode ficar de fora, além de ter se tornado grande amigo, também deu todo suporte que precisei para conciliar doutorado, trabalho e vida pessoal.

Minha família serviu de inspiração. Não nego que a vontade de deixar meus pais orgulhosos e poder retribuir tudo que eles já fizeram por mim são incentivos constantes que uso para superar qualquer desafio na minha vida. Minha irmã foi um grande exemplo, pois abriu caminhos e mostrou que é possível superar qualquer barreira.

Meus amigos conquistados ao longo do mestrado e do doutorado também foram incentivos. Considero ter muita sorte por ter tido a oportunidade de estudar com economistas tão sensíveis às causas sociais, com pensamentos críticos e questionamentos inspiradores. Não posso deixar de destacar o auxílio do Felipe Freitas, que considero um dos grandes economistas do Brasil, que contribuiu diretamente com a minha Tese, revisando alguns pontos e dando importantes sugestões.

Por fim, gostaria de dedicar esta Tese a minha filha ou filho que está para nascer. Você já é o incentivo que preciso para tirar este trabalho do papel e aplicar todos os meus esforços para ajudar na construção de uma bioeconomia que possibilite um futuro sustentável e justo para a sua geração.

## ABSTRACT

SOARES, Gustavo Alves. Capacidades tecnológicas em Bioeconomia e bases para uma estratégia de path-creating no Brasil. 2022. 131 f. Tese (Doutorado em Economia) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

This thesis creates a tool to assess the level of technological development of countries within the bioeconomy. The tool, when applied to the Brazilian case, reveals that the country, despite having established technological capabilities in various sectors related to the bioeconomy, lacks systemic capabilities, responsible for creating an environment conducive to riskier innovations and to innovations carried out in a coordinated way between different players. Another Brazilian need is the lack of capacity to take advantage of biodiversity. Finally, the thesis concludes that the development of the Brazilian bioeconomy needs the construction of knowledge unique to the regional reality and, therefore, requires a path-creating strategy.

**Keywords:** Bioeconomy, biomass, development, catching-up and path-creating

## RESUMO

SOARES, Gustavo Alves. Capacidades tecnológicas em Bioeconomia e bases para uma estratégia de path-creating no Brasil. 2022. 131 f. Tese (Doutorado em Economia) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Esta tese cria uma ferramenta para avaliar o nível de desenvolvimento tecnológico de países dentro da bioeconomia. A ferramenta, quando aplicado ao caso brasileiro, revela que o país, apesar de possuir capacidades tecnológicas estabelecidas em diversos setores relacionados à bioeconomia, carece de capacidades sistêmicas, responsáveis por criar um ambiente propício a inovações mais arriscadas e a inovações feitas de forma coordenadas entre diferentes players. Outra carência brasileira é a falta de capacidades para o aproveitamento da biodiversidade. Por fim, a tese conclui que o desenvolvimento da bioeconomia brasileira precisa da construção de conhecimentos únicos à realidade regional e, portanto, requer uma estratégia de path-creating.

**Palavras-chave:** Bioeconomia, biomassa, desenvolvimento, catching-up e path-creating

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Capacidades tecnológicas em seis níveis .....	33
Tabela 2- Atividades de inovação para quatro países selecionados .....	34
Tabela 3- Capacidades tecnológicas em bioeconomia .....	44
Tabela 4- primeira versão da tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia.....	55
Tabela 5- Segunda versão da tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia.....	58
Tabela 6- Perfil dos entrevistados .....	61
Tabela 7- Matriz de codificação segundo grandes temas e setores entrevistados .....	76
Tabela 8- Matriz de codificação do tema “definições de bioeconomia” .....	78
Tabela 9- Matriz de codificação do tema “Processos de inovação e tecnologias” .....	80
Tabela 10- Matriz de codificação do tema “Desenvolvimento socioeconômico e ambiental”	83
Tabela 11- Matriz de codificação do tema “Mudança de paradigma e revolução tecnológica” .....	85
Tabela 12- Número de citações por função da bioeconomia e por nível de capacidade tecnológica.....	90
Tabela 13- Nível de capacidades tecnológicas em bioeconomia no Brasil.....	101
Tabela 14- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “produção sustentável e meio ambiente” .....	103
Tabela 15- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “novas culturas e resíduos” .....	105
Tabela 16- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “Biodiversidade” .....	108
Tabela 17- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “biomanufatura” .....	110
Tabela 18- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “bioprodutos” ..	113
Tabela 19- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “novas culturas e resíduos” .....	115
Tabela 20- Path- creating e catching-up para a bioeconomia no Brasil .....	118



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- O processo de <i>path-creating</i> na indústria florestal e de celulose do Brasil.....	36
Figura 2- Árvore de palavras com base nas entrevistas realizadas .....	71
Figura 3- Comparação entre matrizes de codificação setoriais .....	94

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>CATCHING-UP TECNOLÓGICO E TAXONOMIAS DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS .....</b>	<b>19</b>
2.1	Introdução .....	19
2.2	Antecedentes do <i>catching-up</i> tecnológico .....	20
2.3	Taxonomias de <i>catching-up</i> tecnológico .....	27
2.4	Uso de tabelas de capacidades tecnológicas em estudos de <i>catching-up</i> tecnológico .....	32
2.5	Conclusão.....	38
<b>3</b>	<b>DESENHO E MÉTODO DA PESQUISA E COLETA DE DADOS.....</b>	<b>41</b>
3.1	Introdução .....	41
3.2	Construção da tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia .....	41
3.2.1	<i>As linhas da tabela de capacidades tecnológicas- Diferentes níveis de inovação.....</i>	<i>45</i>
3.2.2	<i>As colunas da tabela- Diferentes funções de capacidades tecnológicas .....</i>	<i>49</i>
3.2.3	<i>As células da tabela- As condições necessárias para alcançar os níveis de capacidades tecnológicas.....</i>	<i>54</i>
3.3	Utilização da tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia para o caso brasileiro .....	59
3.4	Perfil dos entrevistados .....	60
<b>4</b>	<b>BIOECONOMIA EM CONSTRUÇÃO.....</b>	<b>63</b>
4.1	Introdução .....	63
4.2	Definições de bioeconomia.....	63
4.3	Visões de bioeconomia no Brasil.....	68
4.4	Bioeconomia no Brasil pela visão dos atores entrevistados .....	71
4.4.1	<i>Árvore de palavras: principais tópicos discutidos sobre a bioeconomia no Brasil.....</i>	<i>71</i>
4.4.2	<i>Avaliação temática: principais temas sobre a bioeconomia identificados nas entrevistas.....</i>	<i>76</i>
4.4.3	<i>Conclusões .....</i>	<i>87</i>
<b>5</b>	<b>NÍVEL DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA BIOECONOMIA BRASILEIRA .....</b>	<b>89</b>

5.1	Introdução .....	89
5.2	Percepção das capacidades tecnológicas segundo os diferentes setores.....	89
5.2.1	<i>Percepção geral sobre as capacidades tecnológicas da bioeconomia.</i>	89
5.2.2	<i>Avaliação setor a setor.....</i>	93
5.3	Capacidades tecnológicas na bioeconomia.....	100
5.3.1	<i>Matérias-primas: Produção sustentável e meio ambiente.....</i>	102
5.3.2	<i>Matérias-primas: Novas culturas e resíduos.....</i>	105
5.3.3	<i>Matérias-primas: Biodiversidade .....</i>	108
5.3.4	<i>Biomanufatura .....</i>	110
5.3.5	<i>Bioprodutos.....</i>	113
5.3.6	<i>Sistêmicas.....</i>	115
5.4	<i>Path-creating e a construção de capacidades tecnológicas no Brasil.....</i>	117
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>119</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>123</b>
<b>7</b>	<b>ANEXO.....</b>	<b>128</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Bioeconomia é um termo conhecido há décadas. Textos como o de Vivien et al. (2019), por exemplo, consideram que a origem do termo data da década de 1920, quando surgiu o termo “*bioeconomics*”<sup>1</sup>. Este termo foi recuperado na década de 1970 por Georgescu-Roegen que ampliou o uso do termo e considerou a bioeconomia como necessária para a construção de uma sociedade sustentável, em equilíbrio com o meio ambiente.

No período recente, com agravamento das questões ambientais, o termo bioeconomia ganhou relevância e conquistou espaço nas publicações científicas e passou a ser utilizadas por governos e agências de governo dentro de uma agenda de desenvolvimento econômico (CGEE, 2022; GOLEMBIEWSKI; SICK; BRÖRING, 2015; OECD, 2018). Em geral, a bioeconomia representa uma mudança na base de matérias-primas da economia. Com os insumos de origem fóssil, considerados os principais agentes causadores do aquecimento global, sendo substituídos pela biomassa.

O desenvolvimento da bioeconomia é relevante pois ela atua além da transição energética e oferece soluções para uma oferta sustentável de matérias-primas, para uma substituição de processos químicos por bioprocessos e para substituição de produtos químicos e plásticos por bioprodutos. A bioeconomia possibilita uma verdadeira transição para uma economia de baixo carbono pois só ela oferece soluções que vão além do setor de energia. Ela se torna mais relevante pois, segundo diversos estudos, apenas a transição energética não é suficiente para o cumprimento das metas de descarbonização do Acordo de Paris (ALLAN et al., 2021; EMF, 2020), e no curto e médio prazo, os biocombustíveis serão essenciais para descarbonização dos setores de transporte pesados e dos setores industriais intensivos em energia (IRENA, 2021).

Em um estudo levantado pela OCDE (2018), a bioeconomia já faz parte da estratégia nacional de desenvolvimento de muitos países, principalmente nos países considerados avançados. Nestes países, os governos nacionais desenvolveram metas, políticas públicas e instrumentos financeiros focados no desenvolvimento da bioeconomia e, em específico, no desenvolvimento de tecnologias para o uso de novas matérias-primas, indo além das tradicionais fontes de biomassa, e para o processamento de biomassa. O estudo também constatou que há países sem estratégias nacionais voltadas para bioeconomia, mas que

---

<sup>1</sup> Tanto “*bioeconomics*” quanto “*bioeconomy*” são traduzidos para o português como bioeconomia. Porém, os termos possuem significados distintos.

apresentam políticas voltadas para setores específicos que possuem alguma relação com a bioeconomia. Para OCDE (2018), Brasil se enquadra nesta última categoria.

A bioeconomia atua sobre questões de cunho social pois também é considerada uma oportunidade para geração de emprego e de renda. FRISVOLD et al (2021) e OCDE (2018) dizem que parte dos objetivos de políticas envolvendo a bioeconomia é gerar desenvolvimento econômico, com aumento de renda e geração de emprego. Destacam que, em geral, são empregos de elevada qualificação e que são gerados, em grande parte, em áreas rurais.

Apesar de ser apresentada como solução aos problemas ambientais e sociais e estar presente em estratégias de desenvolvimento de diferentes países, o conceito de bioeconomia ainda não está estabelecido na literatura econômica e diversos países e agências utilizam definições distintas de bioeconomia (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; GOLEMBIEWSKI; SICK; BRÖRING, 2015). Em parte, essa falta de um conceito único deve-se ao uso recente do termo e aos diferentes objetivos que os atores envolvidos priorizam com a bioeconomia (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; VIVIEN et al., 2019).

No Brasil também parece não haver uma definição clara do que seja a bioeconomia apesar de estudos, como CGEE (2022) identificar que há uma forte associação do termo com inovações e tecnologias em setores intensivos em biomassa (CGEE, 2022). O CGEE também identifica que estudos sobre o aproveitamento da biodiversidade brasileira e proteção de biomas nativos estão sendo relacionados com o termo bioeconomia. O surgimento de trabalhos como o de Nobre (2019) e Abramovay (2020), que identificam a bioeconomia como um potencial de desenvolvimento através do uso da biodiversidade reforçam essa linha.

Outro ponto que gera diversidade de visões sobre a bioeconomia é a falta de referências internacionais de economias que tenham estabelecido a bioeconomia em oposição a economia de base fóssil. Para muitos autores, a bioeconomia pode ser considerada como uma quebra de paradigma, resultado do processo de disseminação da biotecnologia e/ou tecnologias da informação (LOKKO et al., 2018; PEREZ, 2015). Há textos que veem a oposição à economia baseada em fóssil como uma ruptura, em que a produção em larga escala e concentrada e a padronização das tecnologias cedem lugar para produção descentralizada e em pequenas escalas com tecnologias adaptadas (D'AMATO; VEIJONAHU; TOPPINEN, 2020; LEWANDOWSKI, 2018; OECD, 2018).

A própria mudança na base de matérias-primas por si só já exige mudanças em todo o ambiente econômico como exemplificam Turnheim e Geels (2013). Eles mostram os impactos sistêmicos que ocorreram na economia com a substituição do carvão mineral pelo petróleo. Para o caso da construção da bioeconomia, que representa uma transição para uma economia baseada

na biomassa, diversas questões ainda se encontram em aberto. Como criar uma cadeia de abastecimento de biomassa competitiva e sustentável? Quais as melhores rotas tecnológicas para o processamento das diferentes matérias-primas? Quais inovações organizacionais são necessárias para o desenvolvimento de modelos de negócios que agreguem atores com perfis distintos e valorizem benefícios ambientais e sociais ao longo da cadeia? Quais os bioprodutos são necessários para a transição para economia de baixo carbono? Como criar mercados para bioprodutos diferenciados?

Estas são perguntas que estão em aberto e, mesmo que países ou empresas já tenham encontrado respostas para algumas dessas questões, dificilmente haverá um padrão estabelecido, pois, cada região possui suas especificidades

A bioeconomia apresenta soluções para graves problemas vividos pelos países e a sua construção é considerada como uma estratégia de desenvolvimento socioeconômico ambiental. Em um contexto de país em desenvolvimento, a bioeconomia também pode ser vista como uma possibilidade de fuga da situação de atraso uma vez que as respostas das questões levantadas exigem inovações de diferentes complexidades em diferentes áreas do conhecimento. A bioeconomia pode ser uma oportunidade de construção de capacidades para inovar e uma oportunidade para a realização de um *catching-up* tecnológico.

O *catching-up* tecnológico representa aqui a redução da distância de empresas, de setores e de países em relação à fronteira de inovação onde os líderes globais atuam (BELL; FIGUEIREDO, 2012). Alcançar essa fronteira significa fuga do status de atrasado uma vez que se constroem condições para constante introdução de inovações que podem reduzir gaps de produtividade e até ocasionar investimentos sistêmicos, quando há o surgimento de novos setores em função da introdução de novas trajetórias tecnológicas (BELL; FIGUEIREDO, 2012)

A bioeconomia lida com a existência de diversidade de visões e definições, é considerada em estruturação e representa uma quebra de paradigma. Ela possui diversas questões em aberto cujas respostas deverão ser adaptadas a cada realidade. Por sua vez, grande parte da literatura econômica sobre desenvolvimento tecnológico, principalmente sobre *catching-up* tecnológico, está voltada para casos de evolução dentro de trajetórias de desenvolvimento em setores e tecnologias já definidas nas quais os países em situação de atraso possuem referências a serem seguidas (HOBDAI, 2003; KIM, 1999; LEE; LIM, 2001).

Ainda, parte significativa da literatura sobre desenvolvimento tecnológico não considera setores intensivos em recursos naturais, como a bioeconomia, como setores dinâmicos e capazes de gerar inovações internamente (BELL; FIGUEIREDO, 2012; GONZALEZ, 2016).

Identifica-se uma carência em modelos econômicos que auxiliem na análise de desenvolvimento tecnológico em setores em estruturação.

Em período recente, a partir dos trabalhos de Figueiredo e Bell (2012), há uma recuperação da literatura sobre *catching-up* tecnológico e sobre capacidades tecnológicas com aplicação ao caso de setores intensivos em recursos naturais. Em especial, também passa a ser considerada a possibilidade de desenvolvimento por meio da criação de novas trajetórias de desenvolvimento a partir de momentos iniciais do processo de *catching-up*, ou seja, sem seguir trajetórias estabelecidas anteriormente. O termo *path-creating*, originalmente cunhado por Lee e Lim (2001), foi recuperado pelos autores para descrever essas situações de desvio de trajetórias de desenvolvimento.

Esta tese entende que é possível assumir uma estratégia de desenvolvimento tecnológico a partir da construção da bioeconomia e, para tanto, cria um quadro analítico em linha com as contribuições de Bell e Pavitt (2012) que possibilita definir as condições necessárias para se atingir o desenvolvimento tecnológico por meio de uma bioeconomia assumindo uma estratégia de *path-creating*. O quadro também pode ser aplicado ao caso de um país em desenvolvimento para avaliação do atual status de desenvolvimento do país na bioeconomia.

A tese possui uma pergunta central: Em um contexto de indefinições sobre a bioeconomia onde diversas questões de cunho tecnológico encontram-se em aberto, como avaliar o nível de desenvolvimento tecnológico da bioeconomia em países? Isto considerando uma definição de bioeconomia ampla o suficiente para atender as necessidades de desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Para responder à pergunta central são necessários atender alguns objetivos. O primeiro é criação de um quadro analítico com base na literatura de capacidades tecnológicas que possibilite avaliar o nível de desenvolvimento de países em relação a bioeconomia. Para tal objetivo foi considerado a construção de uma tabela de capacidades tecnológicas, alinhada com as contribuições de Figueiredo e Bell (2012), que separa o desenvolvimento tecnológico em diferentes níveis de inovação. Completar os diferentes níveis representa conquistar a capacidade de realizar inovações que variam de básicas até avançadas.

O desenvolvimento da tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia contou com a realização de uma metodologia diversa que envolveu revisão da literatura, realização de workshop com pesquisadores e extensas entrevistas.

O segundo objetivo é buscar uma definição de bioeconomia que seja ampla o suficiente para ser capaz de substituir a economia de base fóssil e, ao mesmo tempo, gerar desenvolvimento tecnológico e trazer benefícios sociais e ambientais. Ter uma definição de bioeconomia é

relevante para dar clareza sobre as estratégias *catching-up* e definir critérios relevantes que precisam estar presentes na trajetória de desenvolvimento.

Para este objetivo foram utilizadas também revisão da literatura e entrevistas com atores que atuam na bioeconomia. Neste caso, o foco era o de identificar por meio das entrevistas quais as complementaridades e divergências existentes na definição de bioeconomia dos diferentes perfis de entrevistados e quais condições uma trajetória de construção de bioeconomia deveria seguir.

Por fim, o terceiro objetivo é a aplicação do quadro analítico no caso de um país em desenvolvimento. A ideia é validar o uso da tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia como instrumento de avaliação do nível de desenvolvimento tecnológico de uma país em relação à bioeconomia. Busca-se identificar quais as capacidades tecnológicas o país já possui e quais precisam ser construídas caso seja adotada uma estratégia de desenvolvimento.

Para atender esse objetivo, a tese aplica a tabela de capacidades tecnológicas ao caso do Brasil. A escolha do Brasil é interessante pois ele é considerado uma país em desenvolvimento e está no centro das discussões sobre bioeconomia. Ele é um país com agricultura produtiva, que possui a presença de diversos setores intensivos em biomassa e ampla biodiversidade.

A avaliação do nível de desenvolvimento da bioeconomia com o uso do quadro analítico desenvolvido contou principalmente com entrevistas com atores atuantes na bioeconomia brasileira que serviram de base de informação para o preenchimento das condições presentes na tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia.

Dentro da literatura econômica a tese apresentada aqui se enquadra então em uma extensa literatura desenvolvimentista cujas origens datam de Gerschenkron (1962) e Abramovitz (1988), mas que foi consolidada por Bell e Pavitt (1995) e Lall (1992). Os trabalhos que se seguiram, principalmente os das décadas de 1990 e 2000, focaram principalmente em setores considerados “*high tech*”, desconsiderando recursos naturais, e em países que obtiveram sucesso em alcançar o desenvolvimento nos setores chave. Em geral, esses trabalhos mostram trajetórias de *catching-up* caracterizadas como “*imitation to innovation*”, ou seja, inicia-se a trajetória de desenvolvimento copiando referências externas e, após o acúmulo de capacidades tecnológicas, inicia-se o processo de inovação propriamente dito.

Destaque merece ser dado ao trabalho de Lee e Lim (2001) que cunharam o termo *path-creating* para representar a situação de salto de desenvolvimento no acúmulo de capacidades tecnológicas, isto é, quando o país atrasado ou o setor atrasado, alcança a fronteira de inovação e passa a competir com os líderes desenvolvendo novas trajetórias, tecnologias disruptivas e, até novos setores.



O termo *path-creating* foi recuperado por Figueredo e Bell (2012), Gonzalez (2016) e Figueiredo e Cohen (2019) que mostraram que setores intensivos em recursos naturais poderiam traçar trajetórias de desenvolvimento tecnológico e serem geradores de inovações em níveis avançados. Em particular, os últimos dois trabalhos consideram que os setores estudados iniciaram o processo de desenvolvimento com uma estratégia de *path-creating*, isto é, começaram o *catching-up* tecnológico desenvolvendo desde o princípio uma nova trajetória, de forma similar ao apresentado por Perez e Soete (1988).

A tese pretende contribuir para a literatura nos seguintes pontos. Primeiro, ela trata da bioeconomia no nível de país e, como visto, a bioeconomia ainda está em processo de estruturação. Difere-se assim da literatura que, geralmente, estuda casos de setores já estabelecidos ou países que já alcançaram o desenvolvimento. Segundo, o foco está em apresentar um retrato atual do nível de desenvolvimento de um país em relação a bioeconomia. Isto torna possível avaliar o atual nível de desenvolvimento do país assim quais são os *gaps* que precisam ser preenchidos. De outra forma, busca-se identificar a base atual de capacidades tecnológicas, o ponto de partida para uma estratégia de *catching-up*.

Terceiro, a tese apresenta de forma detalhada o processo de construção da tabela de capacidades tecnológicas que serve de base para identificação do nível de desenvolvimento na bioeconomia. Este exercício é importante pois possibilitou a construção de um olhar com foco tecnológico que dialoga com distintas visões dentro da bioeconomia.

Importante ressaltar que a tese busca apresentar o panorama atual de desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. Ou seja, o ponto de partida para processos de desenvolvimento tecnológico com foco na bioeconomia. A tese não discute os meios e as políticas necessárias para se alcançar o desenvolvimento e nem os mecanismos de aprendizado necessários. Outro ponto, é que a tese foca na produção e no uso da biomassa vegetal.

Além desta introdução, a tese conta com mais cinco capítulos. O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura e situa a tese nesse contexto. Nele, o conceito de *catching-up* tecnológico é apresentado com maior profundidade assim como as distintas taxonomias utilizadas para caracterizar o processo. Também contém uma seção explicando os antecedentes do *catching-up*, ou seja, apresenta uma visão mais abrangente da literatura desenvolvimentista.

Em seguida, no capítulo 3, a metodologia de construção da tabela de capacidades tecnológicas e a metodologia de aplicação da tabela são apresentadas. Nesse capítulo, os diferentes níveis de capacidades tecnológicas, que representam as linhas da tabela, e as funções da tabela, as colunas da tabela, são detalhados.

No capítulo 4, há uma revisão da literatura sobre bioeconomia com foco na descrição das principais visões de bioeconomia existentes. Nele é possível ver que, apesar de a sustentabilidade estar presente em todas as visões, há pesos diferentes para ela entre elas as diferentes visões. Com base nas entrevistas fica claro que a bioeconomia envolve a existência de diferentes “bioeconomias” convivendo de forma simultâneas.

O capítulo 5 explora as entrevistas e apresenta os principais resultados da tese. Ele está dividido em duas partes. Na primeira, há uma avaliação quantitativa das capacidades tecnológicas para identificar quais os principais temas tratados e quais os tópicos que são discutidos sobre a bioeconomia brasileira. Além de uma avaliação geral, essa seção apresenta uma análise segregada por categoria do entrevistado. Na segunda parte, é feita a análise qualitativa que identifica a existência ou não das capacidades tecnológicas em bioeconomia no Brasil.

Por fim, há as considerações finais que, além de tecer um resumo com as principais conclusões, indica as deficiências da tese e sugestões de estudo futuros.

## 2 CATCHING-UP TECNOLÓGICO E TAXONOMIAS DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS

### 2.1 Introdução

A revisão da literatura sobre *catching-up* tecnológico e, em específico, como as tabelas de capacidades tecnológicas estão sendo usadas para estudar processos de desenvolvimento tecnológicos são apresentadas neste capítulo. Além de situar a tese na literatura econômica, este capítulo possibilita identificar entre as principais referências utilizadas pontos comuns e divergentes sobre o uso de capacidades tecnológicas e como a tese contribui para a expansão da ciência e discussões sobre *catching-up*.

Neste capítulo, os textos apresentados e discutidos tratam sobre processos de *catching-up*, ou seja, de processos em que há um esforço deliberado por parte de uma país ou de uma empresa de desenvolver capacidades e alcançar o status de desenvolvido. Pode-se considerar que esta é uma vasta literatura cuja origem data do século XIX. Esta tese concentra-se em período mais recente e dá foco no chamado *catching-up* tecnológico e na construção de capacidades tecnológicas para inovar.

Os textos de Lall (1992) e Bell e Pavitt (1993) são considerados um dos principais trabalhos sobre *catching-up* tecnológicos sendo citados em grande parte dos trabalhos posteriores. Esta tese explora os trabalhos citados e artigos e teses posteriores que sofreram influência destes. Foi dado foco em artigos que tratavam o processo de *catching-up* tecnológico em diferentes estágios e que usam taxonomias para descrever as etapas. Dentro desse corte, artigos que utilizam tabelas de capacidades tecnológicas, principalmente aqueles com metodologias semelhantes aos trabalhos de Bell e Figueiredo (2012) e Figueiredo (2010), foram alvo de maior detalhamento.

Além desta breve introdução, o capítulo apresenta os antecedentes do *catching-up* tecnológico na subseção 2.2 e destaca a contribuição de autores como Gerschenkron, Abramovitz, Perez e Soete que contribuíram para compreensão da situação de atraso de países em desenvolvimento e da necessidade de avanços tecnológicos para superação do atraso. A subseção 2.3 descreve as principais taxonomias utilizadas para caracterizar o processo de *catching-up* tecnológico. Ponto importante dessa subseção é a conceitualização do termo *path-creating* e como ele pode ser uma estratégia de desenvolvimento para países. Com a subseção 2.4 tabelas de capacidades tecnológicas são descritas e as diferentes metodologias e aplicações apresentadas. Em seguida, há as conclusões do capítulo.

## 2.2 Antecedentes do *catching-up* tecnológico

A noção da essencialidade de reduzir a distância tecnológica existente entre países não é recente sendo, inclusive, anterior ao surgimento da economia como disciplina, no século XVIII. Entre os séculos XV e XVIII, por exemplo, vigorava na Europa o mercantilismo cujos principais teóricos defendiam a agregação de valor sobre os produtos naturais e incentivos à produção e à exportação de bens manufaturados. O objetivo era não ficar refém das importações de bens manufaturados o que prejudicaria a balança comercial (REINERT, 1999).

Todavia, a inovação só entrou na dinâmica capitalista com o advento da Revolução Industrial (MOKYR, 2010), nos séculos XVIII e XIX. Após a revolução industrial, as inovações que antes eram esporádicas, ocorriam de forma aleatória pelas mãos de cientistas ou homens práticos movidos por questões diversas, sendo as questões econômicas nem sempre influentes, passaram a ser incluídas nos procedimentos industriais, isto é, a inovação passou a ser endógena ao sistema. Segundo Kuznets e Murphy (1966), esse novo período é o chamado Crescimento Moderno onde a renda e a produção apresentam crescimento contínuo sustentado pelo constante progresso técnico.

Cabe ressaltar que até a Revolução Industrial, havia certa homogeneidade produtiva na Europa, com os países apresentando rendas e estruturas produtivas similares e, em muitos aspectos, os países europeus eram inferiores aos países asiáticos, como a China (POMERANZ, 2021). Apesar de haver preocupação quanto à detenção de certas tecnologias produtivas, não havia por parte dos Estados um esforço deliberado de uma ampla industrialização com o objetivo de seguir ou superar algum outro país. Não havia sentido em realizar esforços de *catching-up* uma vez que não havia grandes diferenças entre os países e, conseqüentemente, entre as indústrias desses países.

A Revolução Industrial é o marco para a chamada “Grande Divergência” onde os países europeus entraram em um período de crescimento sustentável enquanto os demais países das outras regiões permaneceram estagnados (POMERANZ, 2021). Angus Maddison (1983) mostrou em números a “Grande Divergência” ao fazer um extenso trabalho de estimar, entre outras variáveis, a evolução da renda per capita por países. Em seu trabalho fica evidente o ponto de inflexão no período referente à Revolução Industrial onde os países da Europa Ocidental e, posteriormente, os da América do Norte tomaram a dianteira do desenvolvimento. Assim, o mundo passou a ser segregado dois tipos de países, os desenvolvidos e os atrasados.

Uma obra importante que trata do processo de desenvolvimento europeu é o artigo seminal de Alexander Gerschenkron, “O Atraso Econômico em Perspectiva Histórica” de 1962.

O autor, a partir de uma metodologia histórica, identifica o que seriam os elementos do atraso e quais “pré-requisitos” são necessários para se alcançar o desenvolvimento. O autor então percebe que, em geral, os diferentes países partem de situações de atraso distintas e criam formas únicas de substituir os pré-requisitos (GERSCHENKRON, 1962). Por exemplo, as exigências de capital financeiro para a industrialização, que na Inglaterra foram atendidas com lucros retidos dos empresários, foram atendidas pelo surgimento dos grandes bancos universais na Alemanha e pelos investimentos do Estado na Rússia (GERSCHENKRON, 1962).

A ideia central por trás do pensamento de Gerschenkron é que generalizações quanto aos processos de industrialização passadas, apesar de possuírem alguma utilidade como fonte de conhecimentos, não podem ser aplicadas *pari passu* como roteiro de políticas de *catching-up*, pois cada realidade exige esforços para buscar soluções próprias com base na identificação do atraso relativo em que o país se encontra e nos seus recursos detidos. Se fosse possível simplesmente copiar modelos bem-sucedidos realizados por países que lograram o desenvolvimento, não se observaria um aprofundamento da divergência entre países desenvolvidos e atrasados (PEREZ; SOETE, 1988).

O aprofundamento da divergência deve-se a questões de cunho tecnológico e sobre o aprendizado necessário para se acumular conhecimentos apropriados em lidar com a constante necessidade de gerar inovações. Para Perez e Soete (1988), a ampliação da divergência é fruto do *path-dependence* porque a aquisição de novo conhecimento é determinada pela base de conhecimento e de capital detida e, quanto maior essa base, mais fácil é a construção/compra de novo capital. Como, em um dado momento, os países ricos possuem maior base de conhecimento e de capital, a sua velocidade de acúmulo é potencializada. Caso não haja esforços de superação do atraso, gera-se um ciclo vicioso no sentido que as distâncias entre países desenvolvidos e países subdesenvolvidos são ampliadas.

Gerschenkron (1962) e Abramovitz (1986) entendem que a quebra desse ciclo vicioso é justamente a aplicação de esforços de *catching-up*. Gerschenkron considera que quanto mais atrasada a estrutura produtiva de um país, maiores são os possíveis saltos de produtividade em decorrência do uso de novas tecnologias. Argumenta ainda que os países atrasados possuem maior facilidade em aproveitar tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento e em promover a utilização destas em larga escala, o que gera transbordamentos para o resto da economia. O autor destaca que países avançados encontram dificuldades em explorar novas tecnologias pois as instituições e outras estruturas econômicas estão comprometidas com as tecnologias mais antigas.

A explicação para a possibilidade de elevadas taxas de acumulação em processos de *catching-up* dada por Gerschenkron, apesar de se aplicar bem aos casos estudados por ele, é muito simplificada e distante da realidade observada na atualidade. Nos tempos atuais, atingir o desenvolvimento consiste não apenas em produzir de forma eficiente com o uso de determinadas tecnologias, mas sim, ter a capacidade de introduzir constantemente inovações na economia (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Sobre este ponto, Abramovitz (1988) oferece uma explicação mais interessante sobre o potencial de o *catching-up* permitir alcançar, e até superar, os países identificados como avançados. Segundo o autor, de nada adianta o fluxo de tecnologia e conhecimentos dos países avançados para os atrasados se estes não constroem capacidades sociais. Apesar de o próprio autor identificar a dificuldade em se definir capacidades sociais, ele considera que estas podem englobar variáveis tais como o nível de educação, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), a disposição política e os aspectos institucionais (ABRAMOVITZ, 1988).

Com a construção de capacidades sociais, os países conseguem compreender os fundamentos das tecnologias que eles estão importando, o que facilita um posterior processo de inovação. Com o acúmulo de capacidades sociais, os fluxos de conhecimento deixam de ser unicamente do avançado para o atrasado e passam a ser multilateral. Pode-se chegar ao ponto que o acúmulo de capacidades sociais nos países atrasados, e, portanto, de maior capacidade de gerar e de administrar os conhecimentos, faz com que eles possam inovar em trajetórias distintas daquelas em desenvolvimento nos avançados, caracterizando o que o autor chamou de *forging ahead*. Nesta situação, o país, antes atrasado, supera os demais países avançados em algumas áreas tecnológicas.

Apesar de Abramovitz e Gerschenkron focarem no aspecto tecnológico como essencial ao processo de *catching-up*, eles acompanham o processo por variáveis macroeconômicas, como renda, desigualdade, produtividade etc., ou seja, a melhora nesses fatores constitui o resultado de uma trajetória de *catching-up*. As inovações, que passam a gerar ciclos de investimento e aumentos de produtividade, parecem ser resultados espontâneos dos incentivos e investimentos realizados pelos países por meio de suas políticas deliberadas de desenvolvimento (FAGERBERG; GODINHO, 2006).

Lall (1992), Bell e Pavitt (1993) e Figueiredo e Bell (2012) trouxeram o aspecto tecnológico para o centro da análise e passaram a entender o *catching-up* como o acúmulo de capacidades tecnológicas necessárias para gerar mudança tecnológica. Essas capacidades tecnológicas são recursos humanos, organizacionais, relacionais e institucionais presentes em

empresas, setores e países que, quando acumulados, permitem avançar de inovações básicas para inovações cada vez mais complexas. Nesta concepção, a realização do *catching-up* significa a redução da diferença entre o nível de capacidades tecnológicas detidas pelas empresas e setores de países avançados e o nível detido pelas empresas e setores de países atrasados (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

Evoluir os níveis de capacidades é resultado dos esforços de aprendizagem e da busca de conhecimento. As inovações surgem em resposta ao uso de conhecimentos retidos e são mais complexas à medida que mais capacidades são detidas (FIGUEIREDO, COHEN e GOMES, 2013) (LEE; LIM, 2001). Esta abordagem mais micro, no nível da empresa, muitas vezes pode parecer não gerar discussões relevantes para a formulação de políticas econômicas. Porém, na verdade, as firmas possuem papel central em processos de *catching-up* uma vez que grande parte do aprendizado tecnológico é realizado por elas e acumulados em forma de conhecimentos tácitos (BELL; PAVITT, 1993).

A relevância da atuação das empresas e de setores industriais no processo de *catching-up* fica evidente em Lee e Kim (2018) que, ao comparar os casos de desenvolvimento de países asiáticos com os de países latino-americanos. Os autores constataram que os primeiros obtiveram sucesso pois conseguiram evoluir conjuntamente os conhecimentos científicos e as capacidades tecnológicas de suas empresas, que, ao decorrer do processo, passaram a ser geradoras e consumidoras de mais conhecimentos, criando um fluxo virtuoso (LEE; KIM, 2018). Os países latino-americanos, seguindo uma visão schumpeteriana, que valoriza muito mais as inovações ditas radicais (FIGUEIREDO e BELL, 2012), engajaram em um processo voltado para a geração de conhecimento científico, como foco nas universidades e nos centros de pesquisa. Ao negligenciar a relevância das inovações incrementais e os conhecimentos acumulados dentro das firmas, eles falharam em alcançar o status de país desenvolvido (LEE; KIM, 2018).

Com as capacidades tecnológicas percebe-se que crescimento econômico não é o mesmo que *catching-up*. Crescimento econômico não necessariamente é fruto de uma acumulação de conhecimentos capazes de gerar inovações e rupturas tecnológicas na economia (FAGERBERG; GODINHO, 2006; PEREZ; SOETE, 1988). Ele pode ser fruto apenas da modernização de empresas com a assimilação de tecnologias maduras, que exauriram seu dinamismo tecnológico. Deste processo, pode ocorrer aumento da produção com transbordamento para o resto da economia, todavia, não há necessariamente acúmulo de capacidade para inovar (BELL; FIGUEIREDO, 2012).

O acúmulo de capacidades tecnológicas em setores e em empresas não necessariamente gera crescimento econômico, apesar de muitas vezes esses processos estarem relacionados. Todavia, a fuga da situação de país atrasado e a manutenção de crescimento econômico de longo prazo requer necessariamente a presença de setores significativos que realizaram o *catching-up* tecnológico (BELL; PAVITT, 1993; LALL, 1992). É preciso que haja a constante introdução de inovações sistêmicas que levem a novos ciclos de investimento (PEREZ; SOETE, 1988).

Bell e Pavitt (1993) representam essa diferença caracterizando dois tipos de capacidades, as capacidades produtivas e as capacidades tecnológicas. As primeiras incorporam os recursos necessários para atingir eficiência produtiva com determinadas tecnologias. São equipamentos, recursos humanos (operacionais e gerenciais), especificações de produto e de processos necessários para que haja produção competitiva em uma economia.

As capacidades tecnológicas incorporam os recursos necessários para gerenciar mudança tecnológica. Incluem habilidades e conhecimentos inseridos em recursos humanos e organizacionais, estruturas institucionais adequadas e capacidades relacionais entre os diferentes agentes (BELL; PAVITT, 1993).

Para os autores, com as capacidades produtivas é possível um *catching-up* econômico, por meio do qual o país importa tecnologias maduras e constrói capacidades para operar com eficiência. Nesta situação, pode haver crescimento econômico, todavia, este só será sustentável a longo prazo se houver também o acúmulo de capacidades que possibilitem a adaptação das tecnologias às mudanças de ambiente e que possibilitem a criação de novas tecnologias. Ou seja, para se desenvolver, é preciso também acumular capacidades tecnológicas, ou seja, realizar um *catching-up* tecnológico.

Lall (1992) apresenta as capacidades tecnológicas em três diferentes níveis para três diferentes funções. Os níveis variam de acordo com o grau de complexidade da inovação que as firmas conseguem realizar. As capacidades podem ser básicas (baseadas em experiência), necessárias para aprender com o uso de tecnologias existentes, podem ser intermediárias (adaptação duplicativa), que possibilitam a adaptação de tecnologias para novos usos e podem ser avançadas (inovação “arriscada”), que permitem o desenvolvimento de novas tecnologias e novas atividades.

As funções definidas por Lall (1992) são as de “Investimento”, de “Produção” e de “Relacionamento”. Estas funções compreendem conjuntos de capacidades necessárias, mas não suficientes, para as empresas atuarem e crescerem nos mercados. As capacidades de Investimento envolvem as habilidades das empresas identificarem, prepararem e obterem



tecnologias. Possibilitam que as empresas levantem informações necessárias para tomada de decisão e que gerenciem os investimentos realizados.

As capacidades de produção consideram recursos e conhecimentos necessários para utilização eficiente das tecnologias e/ou para absorver tecnologias importadas ou desenvolver novas tecnologias, por imitação ou por pesquisa interna. Por fim, as capacidades de Relacionamento servem para transferir/absorver informações, habilidades e tecnologias para/de outros agentes. São imprescindíveis para criar relações entre diferentes agentes ao longo da cadeia produtiva e possibilitar inovações conjuntas, com a atuação de diversos agentes, que podem ser outras empresas, universidades, centros de pesquisa, consumidores etc. (LALL, 1992).

Tanto Lall (1992) quanto Bell e Pavitt (1993) colocam as firmas como principal agente dentro do processo de inovação e, portanto, no processo de *catching-up*. Todavia, os autores compreendem que a inovação não se limita às fronteiras das firmas e que, para que haja desenvolvimento de países, uma série de outras condições, além dos esforços próprios da firma em inovar, precisam estar presentes.

Bell e Pavitt (1993) consideram como essencial a presença de um Sistema Nacional de Inovação, ou seja, um conjunto de instituições e estruturas de incentivos que possibilitem a geração de conhecimento, de mão-de-obra capacitada e a acumulação de capacidades tecnológicas nas empresas. Dentro do Sistema Nacional, os governos possuem papel essencial ao atuarem sobre as falhas de mercado, principalmente com investimentos em recursos humanos, com investimentos em treinamento e em universidades. Também é relevante que haja os corretos incentivos competitivos, que não podem se limitar às barreiras tarifárias. Estas podem ser relevantes em algumas situações, porém a competição com outros agentes impulsiona o avanço tecnológico.

Para os autores, o papel de governos não deve se limitar às políticas transversais, que atuem sobre as falhas de mercados, ou políticas macroeconômicas quando se fala de acumulação de capacidades. Compreendem que setores mais dinâmicos precisam de incentivos extras pois há grande incertezas quando ao processo de acumulação de capacidades. Também consideram que a atuação de políticas sobre setores selecionados é relevante para redução de riscos e atração de recursos financeiros privados. Os setores mais dinâmicos são aqueles onde há maiores riscos tecnológicos envolvidos, porém há maior expectativa de aprendizado e de geração de novos conhecimentos.

Lall (1992) identifica que há “capacidades nacionais” que são mais do que a simples soma das capacidades individuais das empresas, uma vez que a interação entre as empresas e demais atores econômicos gera sinergias, principalmente na forma de mais conhecimentos.

As “capacidades nacionais” são divididas pelo autor em três partes, as capacidades tecnológicas, os incentivos e as instituições. Esses três eixos atuam de forma simultânea e integrada e não há como segregar a contribuição individual de cada um para o desenvolvimento tecnológico. Contudo, deficiências em um dos eixos, para Lall (1992), é o suficiente para que não haja acúmulo sustentável de conhecimentos e nem o desenvolvimento tecnológico

As capacidades tecnológicas envolvem os investimentos em capital físico, o capital humano e o esforço tecnológico. Representam um conjunto de recursos necessários para buscar tecnologias e conhecimentos e aplicar de maneira produtiva. Envolvem tanto a busca de conhecimentos explícitos, embutidos em tecnologias e em pessoal especializado, quanto conhecimentos tácitos, contidos em pessoal experiente e em rotinas operacionais.

Incentivos servem para dar a direção que as capacidades devem seguir. Podem ser incentivos macroeconômicos, que envolvem uma série de variáveis, como taxa de juros, estabilidade política, câmbio etc., que influenciam a tomada de decisão de investidores. Condições macroeconômicas são necessárias para que haja um ambiente saudável ao investimento produtivo e que reduza os riscos. Em Lall (1992), considerando a inovação tecnológica, o incentivo da competição impacta significativamente no avanço tecnológico. Apenas com a busca de lucros extraordinários e ganhos de mercados é que as empresas realizam os esforços tecnológicos para acumular capacidades.

É importante então que haja competição. Contudo, Lall (1992) destaca que políticas protecionistas podem ser uma boa ferramenta desde que aplicada de modo seletivo, pontual e coordenada com políticas de incentivo às exportações.

Outros incentivos surgem dos mercados de fatores de produção que devem ser flexíveis o suficiente para se alcançar uma produção eficiente e melhor alocação dos recursos. O mercado de capital, por exemplo, necessita de disponibilidade de recursos financeiros de longo prazo para o avanço sobre a curva de aprendizado com o uso de novas. O mercado de trabalho precisa responder às mudanças da demanda de mercado e não ficar travado com práticas restritivas.

Por fim, as instituições são necessárias para ditar as regras do jogo e prover previsibilidade. Em geral, o desenvolvimento de capacidades e os incentivos se expressam por meio de instituições que surgem naturalmente com o avanço dos mercados. Porém, caso as instituições encontrem barreiras para seu surgimento natural, a construção de um arcabouço

institucional se torna necessário, principalmente em países atrasados que possuem deficiências nessa área quando comparados com os avançados.

Em Lall (1992), as instituições são de diferentes naturezas. Há o arcabouço legal, que cria regras estabelece direitos de propriedade, e políticas, que incentivam relações entre empresas, cadeias de valor e pequenas empresas. Instituições que promovam o treinamento e tecnologias, como universidades e centros de pesquisa, também são relevantes para países em desenvolvimento que podem ter uma tendência de subinvestimento em tecnologia e conhecimento.

Os textos apresentados até aqui, principalmente os de Bell e Pavitt (1993) e Lall (1992), servem como referências ou dialogam com uma série de artigos que focam nas capacidades tecnológicas como essenciais para o *catching-up*. A importação de tecnologia passa a ser apenas mais uma forma de gerar conhecimento e, nem sempre, a mais relevante para o desenvolvimento. Como ficará claro, as fontes de conhecimentos necessários ao desenvolvimento podem variar a depender do estágio inicial do processo e da trajetória tecnológica escolhida. Inclusive, fontes internas de conhecimento podem ser relevantes ao desenvolvimento quando não há referências internacionais a se seguir.

### **2.3 Taxonomias de *catching-up* tecnológico**

Sob a ótica das capacidades tecnológicas, diversos estudos sobre *catching-up* tecnológico surgiram ao longo dos anos. Em sua maioria, os trabalhos estão voltados para empresas ou setores de países que foram bem-sucedidos em alcançar o status de desenvolvido (HOBDAÏ, 2003; KIM, 1999; LEE; LIM, 2001)(HOBDAÏ, 2003). Porém, em período recente, muitos trabalhos voltados para países em desenvolvimento têm surgido, principalmente analisando setores específicos desses países que conseguiram atingir elevadas capacidades tecnológicas (CUSMANO; MORRISON; RABELLOTTI, 2010; FIGUEIREDO; COHEN, 2019; HANSEN; LEMA, 2019).

Hobday (2003), por exemplo, observou que empresas do Leste Asiático alcançaram o desenvolvimento em três fases.

A primeira fase, *Original Equipment Manufacturer* (OEM), caracteriza-se pela transferência de pacotes tecnológicos prontos das empresas estrangeiras para as empresas asiáticas. Em seguida, a OEM evoluiu para a *Own Design Manufacture* (ODM) quando as empresas do Leste Asiático passaram a incorporar seus próprios designs de produtos às linhas de produção. Para tanto, os conhecimentos gerados e aplicados advinham das divisões de

engenharia e de projetos das empresas, todavia, a marca ainda pertencia às empresas internacionais. Por fim, na fase *Own Brand Manufacture* (OBM), as capacidades inovativas evoluíram e permitiram às firmas criarem novos produtos, novos designs e novos processos com a própria marca.

Esses estágios revelam um progressivo aumento de capacidades inovativas e simultânea evolução da complexidade das inovações. Percebe-se que, antes de criarem produtos, as empresas em países atrasados precisam realizar pequenas e constantes inovações incrementais, “*behind the frontier*”, para adquirir conhecimentos de engenharia e de produção (HOBDAY, 2003).

A China tem sido objeto de muitos estudos sobre *catching-up* tecnológico uma vez que apresenta muitos exemplos de setores que foram eficazes em atingir a fronteira tecnológica. Yu (2007), estuda o caso de empresas do setor de telecomunicações e, por meio de uma análise similar à de Hobday, observa o *catching-up* segundo a lógica “imitação para a inovação” (YU, 2007). O autor destaca que a relação das empresas chinesas com as empresas estrangeiras se altera conforme maiores capacidades tecnológicas são acumuladas. Percebe que elas deixam passar a atuar diretamente em processos de inovação em conjunto com as empresas estrangeiras e deixam de ser simples importadoras de tecnologias e conhecimentos.

Os principais estudos sobre *catching-up* tecnológico focam em setores e em empresas da Coreia do Sul, um dos principais exemplos de países que evoluíram de uma situação de atraso para uma de desenvolvimento. Lee e Lim (2001) estudam diversos setores da Coreia do Sul e buscam identificar quais condições e fatores foram necessários para que eles realizassem o “*leap frogging*”, termo semelhante ao “*forging ahead*”, definido anteriormente por Abramovitz (1988).

O interessante do trabalho é que os autores contrastam a ideia de *catching-up* tecnológico com *catching-up* de mercado, este último entendido como o processo em que empresas conquistam competitividade produtiva e expandem seu mercado internacional. Lee e Lim (2001) concluem que setores sul coreanos que realizaram *catching-up* de mercado em um primeiro momento, mas não realizaram o tecnológico, como o caso do setor de eletrodomésticos, não sustentaram sua competitividade e perderam espaço no decorrer do tempo.

Os setores que obtiveram sucesso em realizar o *catching-up* tecnológico percorreram as trajetórias por meio de estágios de acúmulo de capacidades que lhes permitiam gerar, inicialmente, pequenas adaptações e, ao fim, inovações completamente novas para o mercado mundial, similar ao processo descrito por Hobday (2003). No que tange às fontes de

conhecimento e aos mecanismos de aprendizado, os autores destacam que eles variam a depender das características setoriais e do nível de desenvolvimento das trajetórias tecnológicas de cada setor.

Neste sentido, uma contribuição importante dos autores foi definir o processo de *catching-up* tecnológico segundo padrões subsequentes de evolução. O primeiro foi chamado de *path-following*, situação em que países atrasados seguem a trajetória tecnológica traçada pelos líderes mundiais. Apesar de o processo ser similar nos aspectos qualitativos da trajetória, isto é, os atrasados evoluem importando tecnologias ou copiando designs, a velocidade em que eles percorrem a trajetória é superior à percorrida pelos desenvolvedores.

Este processo de fato exige acúmulo de capacidades tecnológicas pois a implementação de tecnologias e designs mais complexos exige ampliação dos conhecimentos, principalmente organizacionais e de engenharia de processos. Todavia, a manutenção estrita deste padrão dificilmente permite uma fuga da situação de atraso, pois, como Lee e Lim (2001) observaram, conforme os *latecomers* assimilavam cada vez mais rápido as inovações realizadas nos países desenvolvidos, estes passaram a dificultar a saída de tecnologias e de conhecimentos.

A superação do atraso, o *leap frogging*, advém de outros dois padrões de *catching-up*, o *stage-skipping* e o *path-creating*. Com o primeiro, os *latecomers* percorrem, inicialmente, a trajetória percorrida pelos líderes, contudo, em algum momento realizam esforços de criação interna de conhecimento e/ou de captação de novas fontes de conhecimentos externos e conseguem evitar estágios percorridos pelos líderes. O salto se dá com o fim de se alcançar a fronteira tecnológica.

No artigo de 2001, Lee e Lim consideram que os setores coreanos de memória *ram* e o de automóveis, uma vez que passaram a sofrer restrição das principais fontes de conhecimentos, começaram a realizar internamente P&D, além de buscarem parcerias com universidades e outros centros de pesquisas nacionais. Como resultado do *stage-skipping*, as empresas coreanas passaram a desenvolver suas próprias inovações de processo e de produto, ainda sobre a mesma trajetória tecnológica acumulada por elas e pelas empresas líderes.

Com o *path-creating*, o *catching-up* segue uma trajetória qualitativamente diferente daquela traçada pelos líderes. Assim como o *stage-skipping*, para Lee e Lim, 2001, esse desvio é feito posteriormente à acumulação de capacidades segundo uma trajetória estabelecida. O desvio qualitativo representa o desenvolvimento de uma nova trajetória tecnológica, ou seja, utilizam-se novas tecnologias, com características e princípios diferentes das estabelecidas, que exigem a busca de soluções específicas para a sua aplicação. Conseqüentemente, há necessidade

da criação interna de conhecimentos, uma vez que os líderes não são capazes de fornecê-los (LEE; LIM, 2001).

Para os autores, empresas do ramo de comunicação realizaram um processo de *path-creating* quando desviaram da trajetória que estava sendo desenvolvida pelas empresas dos EUA e da Europa. Devido à natureza do regime tecnológico, caracterizado por alta frequência de introdução de inovações, esforços de P&D eram desincentivados pois a todo momento havia a disponibilidade de cópia de produtos que ficavam obsoletos rapidamente nos mercados de origem.

A Coreia optou por desenvolver a trajetória baseada na tecnologia *Code Division Multiple Access* (CDMA) em contraposição à trajetória de *Group Special Mobile* (GSM), padrão dominante nos EUA e na Europa. Ambas são tecnologias digitais que desbancaram as antigas tecnologias analógicas baseadas em sinais de rádio. A opção pelo CDMA possibilitou à Coreia do Sul desenvolver capacidades e, ao final de um processo de acumulação, competir com os líderes no segmento de celulares. Cabe ressaltar que esta opção era muito arriscada e incerta e só foi possível graças aos esforços do Estado coreano, por meio de políticas de incentivo que permitiram a diluição dos riscos e os investimentos privados.

Apesar de parte dos trabalhos apresentados focarem em diferentes aspectos sobre o *catching-up*, a ideia de que esse processo percorre fases da “imitação para inovação” está presente em todos. Quer dizer, o *catching-up* é visto como uma corrida com um alvo definido, a fronteira tecnológica da qual, inicialmente, importam-se tecnologias maduras e, ao final, criam-se tecnologias. Os *latecomers* entram na corrida copiando tecnologias obsoletas das trajetórias tecnológicas, dispensadas pelos líderes. Aos poucos, eles passam a atuar sobre a trajetória, contribuindo inicialmente com pequenas adaptações e, em seguida, com o acúmulo de capacidades, com inovações incrementais cada vez mais complexas.

Porém, saindo da lógica do *catching-up* tradicional, diversos autores estudaram casos em setores de países atrasados nos quais a acumulação de capacidades tecnológicas se deu a partir do desenvolvimento de novas trajetórias tecnológicas. Muitos desses autores, como Figueiredo (2010), Figueiredo e Cohen (2019), Kuramoto (2016) e Bell e Figueiredo (2012), recuperaram o termo *path-creating* criado por Lee e Lim (2001) para caracterizar o acúmulo de capacidades tecnológicas desde o momento inicial de uma nova trajetória, e não apenas como um último estágio para o “*leapfrogging*” (BELL; FIGUEIREDO, 2012; FIGUEIREDO, 2010; GONZALEZ, 2016; LEE; LIM, 2001) .

Outros autores como Perez e Soete (1988), Lee e Malerba (2016), Cusmano, Morrison e Rbellotti (2010), e Hasen e Lema (2019) consideram a possibilidade de *catching-up* a partir do desenvolvimento de novas trajetórias, contudo não utilizam o termo *path-creating*.

A ideia por trás do *path-creating* é buscar um “atalho”, no sentido que se iniciam processos de acumulação de capacidades tecnológicas sem precisar possuir capacidades produtivas de antemão, estas são desenvolvidas conjuntamente com a trajetória (BELL; PAVITT, 1993; PEREZ; SOETE, 1988). Porém, esse atalho não se traduz necessariamente em tempo, pois, como Figueiredo (2010) e Gonzalez (2016) mostram, o processo de acumulação de capacidades por meio de novas trajetórias pode levar décadas, equivalente ou superior aos processos de *catching-up* considerados tradicionais.

Segundo Perez e Soete (1988), iniciar um *catching-up* a partir de uma nova trajetória tecnológica permite o desenvolvimento sem necessidade de elevada experiência e com baixos investimentos iniciais em capital fixo. Porém, são necessários elevados esforços em expansão da base de conhecimentos científicos. Também é preciso o desenvolvimento de infraestrutura e de instituições, função destinada ao Estado que, por meio de políticas públicas e regulações, deve prover um ambiente que possibilite interação entre agentes e acesso a serviços básicos de forma eficiente.

Apesar de não usarem o termo *path-creating*, para Perez e Soete (1988), realizá-lo permite o aproveitamento de janelas de oportunidades (os autores chamam de fase 1), iniciando o processo de *catching-up* como “*early innovators*”. Nesta fase, a base de conhecimento é expandida realizando experimentações logo em estágios iniciais de capacidades tecnológicas. Inicia-se os percursos de desenvolvimento a partir da fronteira tecnológica da uma nova trajetória tecnológica.

Os autores também consideram a possibilidade de um *catching-up* tradicional, quando o país inicia sua trajetória em uma fase madura das trajetórias tecnológicas, chamada de fase 4 pelos autores. Nesse caso, os processos produtivos e tecnológicos estão padronizados e as empresas atuantes necessitam importar tecnologias e acumular conhecimento principalmente pelo uso. O maior desafio nessa entrada é possuir o capital necessário, uma vez que é preciso atender elevadas escalas para se ter baixos custos (PEREZ; SOETE, 1988).

Além do “*path creating*” e do “*catching-up*”, há, para os autores a possibilidade de entrada em estágios intermediários, as fases 2 e fases 3. Quanto mais próxima do início de uma trajetória, maiores as necessidades de conhecimentos científicos, porém menores são as necessidades de inversões em capital físico. Importante destacar que apenas é considerada a entrada no início do processo de desenvolvimento e não todo o processo de avanço até a

fronteira de inovação. Quer dizer, conforme as capacidades são acumuladas, as exigências de conhecimentos e de capital irão variar.

A construção de conhecimentos tácitos e de rotinas produtivas crescem conforme as fases evoluem e atingem um máximo na fase 3, que pode ser considerada o surgimento de um design dominante como descrito por Utterback and Abernathy (1975). Na fase 4, esforços desses tipos são menos necessários uma vez que os conhecimentos e as rotinas estão quase todas codificadas e bem estabelecidas (UTTERBACK; ABERNATHY, 1975).

## 2.4 Uso de tabelas de capacidades tecnológicas em estudos de *catching-up* tecnológico

Figueiredo e Bell (2012) representaram as capacidades tecnológicas em seis diferentes níveis progressivos, variando de “Capacidade de produção básica” até “Líder mundial”. Cada um dos níveis exige recursos, habilidades e conhecimentos para a realização de inovações cada vez mais complexas. A Tabela 1 representa de forma genérica cada um desses diferentes níveis, detalhando o tipo de atividade inovadora passível de ser realizada dado um nível de desenvolvimento.

Nível da capacidade tecnológica	Elementos ilustrativos que expressam esses níveis de capacidade
<b>Capacidades inovativas</b>	
Nível 6 – Inovação de fronteira (Worldleading innovation)	Capacidade para realizar atividades inovadoras baseadas em P&D de classe mundial que avançam a fronteira tecnológica internacional de inovação e/ou estabelecem uma nova direção da fronteira tecnológica internacional com a implementação de inovações que são novas para o mundo.
Nível 5 – Inovação avançada	Capacidade para realizar atividades inovadoras com modificações complexas perto da fronteira tecnológica com a implementação de inovações que são novas para a economia.
Nível 4 – Inovação intermediária	Capacidade para realizar atividades inovadoras que são principalmente adaptações de tecnologias atuais, sem P&D formal, com base em diferentes tipos de experimentação criativa e engenharia, com a implementação de inovações que são novas para a indústria.
Nível 3 – Inovação básica	Capacidade para realizar atividades inovações pequenas que são em sua maioria com base em experiências
<b>Capacidades produtivas</b>	
Nível 2 – Capacidade de produção avançada	Capacidade para executar atividades operacionais com base no uso das mais avançadas tecnologias e sistemas de produção existentes. Atendimento de padrões globais de eficiência, qualidade, confiabilidade e segurança.



Nível 1 – Capacidade de produção básica	Capacidade para implementar atividades operacionais com base no uso de tecnologias e sistemas de produção existentes. Operação com base na replicação de especificações de processos e produtos. Atendimento de padrões locais/nacionais de eficiência, qualidade, confiabilidade e segurança.
---	--

**Tabela 1- Capacidades tecnológicas em seis níveis**

Fonte: Gonzalez (2016) e Figueiredo e Bell (2012)

A representação por meio de uma tabela é interessante pois facilita a identificação do atraso relativo de um país, uma vez que, quanto menor o nível detido, menor a complexidade e a novidade da inovação e mais distante se está da fronteira internacional de inovação, mas distante se está de ser um “*World Leading*” (BELL; FIGUEIREDO, 2012). Outro ponto, percorrer os níveis da tabela não requer seguir uma trajetória tecnológica já estabelecida. No caso de quebra de paradigmas, como apresentado por Perez e Soete (1988), “inovações básicas” são necessárias desde o princípio do processo.

As descrições dos níveis observadas na Tabela 1, assim como em Bell e Pavitt (1993), estão divididas em dois grupos, as capacidades produtivas e capacidades inovativas. Ambas são relevantes para o processo de *catching-up* e crescimento econômico. Porém, enquanto as produtivas são essenciais para se atingir competitividade econômica, as inovativas são importantes para a contínua introdução de mudanças tecnológicas. Considerá-las em seis diferentes níveis foge da simples divisão entre inovação incremental e inovação radical e revela que o processo de *catching-up* depende de conhecimentos de diferentes níveis para o atendimento de problemas específicos a cada situação.

A Tabela 1 apresenta o que se é possível realizar dado determinado nível de desenvolvimento. Subir pelos degraus da tabela significa acumular recursos (humanos e tecnológicos) e conhecimentos, construir rotinas e possuir instituições que favoreçam a inovação e incentivos que guiem os processos. Tais variáveis podem ser muito específicas para diferentes setores, o que justifica a elaboração de tabelas de capacidades tecnológicas adaptadas às características dos diferentes setores.

Nos últimos anos, diversos estudos utilizaram tabelas com níveis de capacidades tecnológicas, similares à Tabela 1, para avaliar o nível de desenvolvimento de setores industriais específicos. A avaliação do nível de desenvolvimento de países, como em Druténit et al. (2020), consideram estatísticas da indústria como um todo para identificar o posicionamento dos países segundo grau de desenvolvimento e permitir comparações entre as regiões (DUTRÉNIT et al., 2020). Essa avaliação de país, agregando setores industriais, está de acordo com Bell e Figueiredo (2012). Eles afirmam que o *catching-up* de um país ocorre

quando há um conjunto de setores relevantes que alcançaram níveis elevados de capacidades tecnológicas.

Dutrénit et al. (2000) compreendem que o *catching-up* e, portanto, o acúmulo de capacidades tecnológicas, não pode estar dissociado do ambiente econômico, condições macroeconômicas, por exemplo, e de questões sociais, como distribuição de renda. Em geral, os autores concluem que baixos níveis de acúmulo de capacidades tecnológicas estão associados com ambientes econômicos instáveis e baixos índices sociais. Todavia, consideram que o *catching-up* requer políticas industriais (com foco no acúmulo de capacidades) coordenadas com políticas sociais e econômicas. Apenas atuando nos três eixos de forma simultânea, é possível fugir da armadilha da renda média, observada nos países da América Latina.

Quanto às capacidades tecnológicas, os autores consideram quatro níveis que evoluem de capacidades de rotinas (produtivas), inovações básicas, inovações intermediárias e inovações avançadas. Cada nível representa tipos de inovações que as empresas dos países conseguem realizar. Assim, por meio de levantamento de informações sobre os tipos de inovações que as empresas dos países realizam (com base em amostra de empresas), os autores conseguiram definir o nível de desenvolvimento tecnológico de países da América Latina como apresentado na tabela.

Firmas por estágio de capacidade tecnológica				
	Uruguai	Brasil	Chile	México
Capacidades produtivas rotinas	50,32%	61,50%	67,01%	68,80%
Capacidades inovativas básicas	3,96%	7,90%	12,56%	11,07%
Capacidades inovativas intermediárias	25,26%	23,60%	9,40%	10,87%
Capacidades inovativas avançadas	14,73%	7%	11,03%	9,26%

**Tabela 2- Atividades de inovação para quatro países selecionados**

Fonte: Dutrénit et al. (2000).

A Tabela 2 mostra que no Brasil 61,5 % das empresas possuem capacidades produtivas, ou seja, buscam competitividade segundo tecnologias dadas. Interessante que 23,6% das empresas brasileiras entrevistadas buscam diferentes fontes de conhecimento e realizam diferentes atividades inovadoras. Este valor é superior ao valor de empresas que realizam apenas inovações básicas, o que revela grande heterogeneidade produtiva, com a existência de poucos setores dinâmicos, e uma grande maioria de empresas que apenas sabem produzir e não são capazes de realizar mesmo inovações básicas.

Para Dutrénit et al. (2000), países com melhor distribuição das capacidades tecnológicas, como o Uruguai, estão em melhor situação de desenvolvimento. Nestes casos,

empresas e setores mais dinâmicos conseguem gerar inovações sistêmicas e são acompanhadas pelas demais empresas do país. Geram-se ciclos de investimento em novas tecnologias e ganhos contínuos de produtividade.

Indo para análise de setores específicos, os trabalhos de Figueiredo (2010) e Figueiredo e Cohen (2019), exploram o caso de sucesso das empresas atuantes no setor de papel e celulose brasileiro que optaram em desenvolver uma trajetória com base na exploração do eucalipto e por meio do desenvolvimento da tecnologia *bleached eucalyptus kraft pulp* (BEKP). Segundo os autores, o Brasil desviou-se das trajetórias estabelecidas, baseadas em outras matérias-primas e outras tecnologias, antes mesmo de acumularem capacidades produtivas, ou seja, em fases iniciais de um processo de *catching-up*.

Figueiredo (2010) utiliza as capacidades tecnológicas como as da Tabela 1. Para o autor, os níveis das capacidades evoluem segundo o grau de complexidade e de novidade das tecnologias para inovações de processo, de produto, de marketing e de organização, alinhado de acordo com o manual de Oslo. Com base na literatura e extensas entrevistas, o autor elabora uma tabela própria que contém, para cada nível de capacidade, exemplos de inovações que representam o resultado do acúmulo.

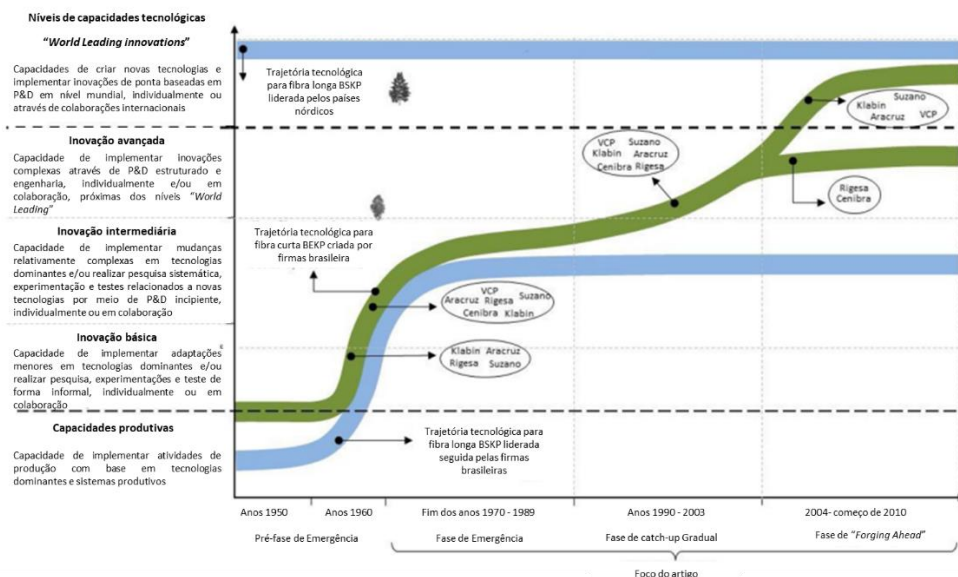
O autor utilizou a tabela para avaliar cada segmento da cadeia de papel e celulose, isto é, ela foi utilizada para avaliar o segmento florestal, o segmento de celulose e o de papel, revelando que cada etapa da cadeia possui particularidades no que tangem as capacidades. A unidade de análise foram as empresas do setor. Também foi feita uma avaliação avaliação setorial com a agregação da contribuição de cada empresas (FIGUEIREDO, 2010).

Como resultado, percebeu-se que o setor obteve sucesso no processo de *catching-up* uma vez que as principais empresas do setor alcançaram níveis de “*world leading*” nas três etapas do setor, sendo o elo florestal o segmento com maior número de empresas e o de papel com menor. O processo de desenvolvimento partiu do uso de tecnologias já conhecidas e dentro de um setor estabelecido, mas que foram utilizadas para processos distintos. Isto desencadeou o surgimento de novos processos produtivos, distintos dos estabelecidos, e gerou encadeamentos no resto da cadeia, principalmente na produção florestal.

Figueiredo e Cohen (2019) também avaliam o setor de papel e celulose, mas mesclam o uso da tabela de capacidades tecnológicas com uma avaliação de “janelas de oportunidades” como apresentadas por Perez e Soete (1988), discutida anteriormente, e operacionalizadas por Lee e Malerba (2017). O foco dos autores está em explicar as condições que permitiram que o setor de papel e celulose desse início ao processo de *catching-up* partindo de uma nova

trajetória, ou seja, percorrendo desde o princípio o *path-creating* (FIGUEIREDO; COHEN, 2019; LEE; MALERBA, 2017).

A tabela utilizada pelos autores também segue a lógica da Tabela de capacidade tecnológica em seis níveis de Bell e Figueiredo (Tabela 1), porém, ela traz uma adaptação para diferenciar o que seria iniciar a trajetória por um *catching-up* tradicional ou por um *path-creating*. Pela Figura 1, percebe-se que para cada nível de capacidade há pelo menos dois processos distintos de inovar. Um processo voltado para atuar sobre trajetórias existentes, como por exemplo “capacidade de implementar adaptações em tecnologias dominantes”. O outro processo é voltado para atuações em trajetórias ainda fluídas, abertas pelas janelas de oportunidades, como “experimentação informal com novas tecnologias”.



**Figura 1- O processo de *path-creating* na indústria florestal e de celulose do Brasil**

Fonte: Figueiredo e Cohen (2019)

A Figura 1 revela que o desenvolvimento não segue uma regra específica, quer dizer, estratégias de *catching-up* tradicional e de *path-creating* podem ser realizadas simultaneamente. Segundo o artigo, a estratégia de *path-creating* se estabeleceu sobre a trajetória tradicional pois apenas ela conseguia atender as janelas de oportunidades abertas, principalmente para conseguir aproveitar o eucalipto que se mostrou uma matéria-prima mais produtiva.

Outra contribuição do artigo é relacionar a passagem de níveis com diferentes mecanismos de aprendizado. Eles observam que, para o caso do papel e celulose, que seguiram uma trajetória de *path-creating*, a geração de conhecimento interna, quer dizer, por recursos próprios, foi essencial no início do desenvolvimento. Conforme a evolução ocorreu, um equilíbrio entre os mecanismos de aprendizado interno e externo se estabeleceu.

Em ambos os artigos, é importante salientar que a tabela de capacidades tecnológicas foi utilizada como instrumento para guiar as entrevistas realizadas com agentes do setor para que os autores enquadrassem as inovações prospectadas em diferentes níveis. Portanto, trata-se de uma metodologia de “capacidades reveladas”, ou seja, uma vez que as inovações foram realizadas, as capacidades tecnológicas para esses níveis devem existir.

Hansen e Lema (2019) utilizaram a tabela de capacidades tecnológicas para avaliar o nível de desenvolvimento de dois setores, de geradores a partir de biomassa e geradores eólicos, localizados em países diferentes, Malásia e China, respectivamente. A tabela de capacidades tecnológicas foi adaptada para cada setor, assim, os diferentes níveis foram preenchidos com diferentes recursos necessários para se atingir aquele nível específico (HANSEN; LEMA, 2019). Segundo os autores, a tabela adaptada foi feita com revisão da literatura, entrevistas e revisada por agentes atuantes nos setores.

Assim como os autores anteriores, Hansen e Lema (2019) utilizaram a tabela de capacidades tecnológicas para avaliar o nível de desenvolvimento de empresas, utilizando entrevistas com agentes atuantes no setor para identificar a existência ou não das capacidades e categorizar as inovações. Uma das conclusões relevantes é que, tanto para a indústria de geradores quanto para indústria de turbinas, apenas geração interna de conhecimento não é suficiente. Para a evolução de níveis é necessário a atuação conjunta entre empresas e entre fornecedores de tecnologia. Os autores destacam que as fontes de conhecimento variam ao longo do tempo e alteram sua importância a depender do nível de capacidade tecnológicas. Outro ponto, os mecanismos de aprendizado mudam de importância ao longo do tempo.

Aprendizados do tipo “*learning by doing*”, que são extremamente importantes em etapas iniciais, perdem importância relativa em fases mais avançadas, onde conhecimento gerado em estruturas de P&D passam a ser mais necessários. A relação com os agentes externos também muda, caminhando cada vez mais para atuações colaborativas, quer dizer, as relações deixam de ser unilaterais e passam a ser multilaterais.

Para Hansen e Lema (2019) a indústria de geradores a biomassa, por depender da biomassa, produto heterogêneo, envolveu maior necessidade de interação entre empresas e recursos nacionais, como atuação conjunta com outras empresas e universidades. Consideram que o tipo de tecnologia é “*complex product system*” (CoPS), caracterizadas por necessitar de bens de capital produzidos em pequenos lotes com alto grau de complexidade do produto e onde o aprendizado é altamente específico ao projeto.

Gonzales (2016) escreveu sua tese sobre o setor de etanol de cana-de-açúcar no Brasil. Assim como o caso do setor de papel e celulose, para o caso do etanol brasileiro, o autor chegou

à conclusão que o país divergiu das tradicionais rotas tecnológicas de produção de etanol logo em estágios iniciais, isto é, realizou um *path-creating*, e alcançou elevados níveis de capacidades tecnológicas (GONZALEZ, 2016).

Para avaliar a evolução, o autor também faz uso de uma tabela de capacidades com seis níveis, porém a segrega em três funções (colunas), quais sejam, a função *feedstock*, onde são avaliados recursos e conhecimentos necessários para gerar uma oferta sustentável e produtiva de biomassa, a função processos agrícolas, onde são necessários os recursos e conhecimentos para criar disponibilidade de matérias-primas, ou seja, a logística com a matérias-primas e, por fim, a função processos industriais, cujos recursos envolvem aqueles necessários para desenvolver melhores tecnologias para processar a biomassa, transformar em etanol e melhor aproveitar os subprodutos.

A construção da tabela de capacidades tecnológicas feita por Gonzalez (2016) envolveu uma base de extensas entrevistas com agentes do setor de etanol e com base em revisões bibliográficas. Por exemplo, o autor cita que utilizou os artigos de Dantas et al. (2013), Figueiredo, Cohen e Gomes (2013) e Figueiredo (2014) para a construção da tabela. A tabela desenvolvida caracteriza para cada célula o tipo de inovação que a empresa deve ser capaz de realizar e cita exemplos de recursos e conhecimentos necessários para realizar tais inovações (DANTAS et al., 2013; FIGUEIREDO, 2014; FIGUEIREDO; COHEN; GOMES, 2013).

A tabela também serviu como base para a realização de entrevistas semi-estruturadas onde autor identificava no discurso dos entrevistados a realização, ou não, dos diferentes tipos de inovações ou a existência, ou não, de determinados recursos. As entrevistas foram realizadas com agentes das empresas, da universidade e de centros de pesquisa. Ir além das empresas é relevante pois grande parte dos conhecimentos utilizados foram gerados fora das empresas. Portanto, o autor faz uma avaliação da indústria como um todo.

## **2.5 Conclusão**

Os estudos sobre *cacthing-up* com base na evolução de capacidades tecnológicas apresentados possuem diferentes metodologias e formas de avaliar a evolução do desenvolvimento tecnológico. Todavia, é interessante notar que, em geral, os textos utilizam algum tipo de taxonomia com distintas etapas que servem para mostrar que há, no processo de *catching-up*, mudanças qualitativas quanto à necessidade de conhecimentos e à geração de inovações.

Outro importante ponto em comum é que os trabalhos consideram a construção de capacidades tecnológicas, por empresas, por setores ou por países, como essencial para se atingir o sucesso econômico de longo prazo, ou seja, não apenas produzir bem, mas inovar de maneira constante e com impactos sistêmicos. Atingir o desenvolvimento passa a ser atingir a fronteira internacional de inovação, situação em que há troca constantes de informações entre agentes. Estes agentes estão espalhados por diversos setores e países e, dessas trocas, surgem inovações para o mundo capazes de abrir caminhos para o surgimento de novos setores e que expandem a fronteira de inovação.

O papel das taxonomias é sintetizar o processo e auxiliar na identificação de elementos chave que possibilitam a evolução entre as etapas do desenvolvimento. Como Gerschenkron (1962) ressaltou, processos de desenvolvimento bem-sucedidos não servem de roteiro para outras situações, porém, são bons indicativos de elementos essenciais que podem ser adaptados às distintas realidades.

Ainda sobre as taxonomias, algumas bem estabelecidas, como as descritas por Hobday (2003) e Lee e Lim (2001), são bastantes utilizadas e geralmente explicam processos com o padrão “imitação para inovação”. Padrão que explica bem casos de desenvolvimento de países no Sudeste Asiático, como o da Coreia do Sul. São casos que há uma trajetória tecnológica bem definida a se seguir e o processo de *catching-up* representa atingir o mesmo patamar dos líderes. Quer dizer, produzir tecnologias semelhantes às geradas pelas empresas de países líderes.

A utilização de tabelas de capacidades tecnológicas mais descritivas, como as exemplificadas na seção anterior, são recentes e auxiliam estudos de processos de desenvolvimento caracterizados como *path-creating*. São mais genéricas que outras taxonomias uma vez que caracteriza as inovações e os recursos sem estar necessariamente relacionados com uma trajetória tecnológica específica.

Não por outro motivo, os exemplos de artigos citados utilizam estudos de casos de setores intensivos em recursos naturais que, como Figueiredo e Cohen (2019) destacam, possuem diversas especificidades que exigem esforços únicos de criação de conhecimento. Os textos revelam que é possível construir capacidades avançadas e gerar desenvolvimento em setores intensivos em biomassa. Importante destacar que em uma literatura mais tradicional estruturalista, setores intensivos em recursos naturais são desconsiderados como relevantes e, em geral, sem dinamismo tecnológico.

Outro ponto em comum entre os artigos é que eles tratam de estudos de caso que, como dito, são interessantes para gerar *insights* para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais. Dutrénit et al. (2000) apresentam uma exceção ao mostrar o nível de

desenvolvimento atual de países quanto o acúmulo de capacidades tecnológicas. Além de fazer uma análise histórica, os autores também discutem o momento atual dos diferentes países e quais pontos relevantes devem ser tratados para os diferentes perfis de desenvolvimento nos países da América Latina.

Esta tese está inserida na literatura apresentada uma vez que busca construir uma taxonomia de capacidades tecnológicas para a bioeconomia. Assim como em Figueiredo (2012), Hansen e Lema (2019) e Figueredo e Cohen (2019), busca-se construir uma tabela de capacidades tecnológicas específica para o caso da Bioeconomia Brasileira. Porém, diferente dos casos levantados, a bioeconomia encontra-se atualmente em estruturação e não há no mundo países com uma ampla bioeconomia estabelecida, como será discutido no capítulo 4.

Assim, nesta tese, a construção e utilização das capacidades tecnológicas servirão para compreender a bioeconomia e quais condições necessárias para desenvolvê-la no Brasil de maneira que ela se transforme em um eixo de desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, econômico e social.

Outro ponto, a bioeconomia é uma quebra de paradigma e, portanto, uma janela de oportunidade ao Brasil para gerar conhecimentos e inovações desde momentos iniciais. Ela é uma possibilidade do país se desenvolver por meio do aproveitamento de oportunidades únicas da região. A construção de uma tabela de capacidades tecnológicas voltada para bioeconomia contribui para melhor compreensão dos recursos necessários e dos objetivos necessários para o acúmulo de conhecimento e avanço nos níveis tecnológicos.



## **3 DESENHO E MÉTODO DA PESQUISA E COLETA DE DADOS**

### **3.1 Introdução**

Como apresentado, esta tese constrói um quadro analítico, com base na identificação de capacidades tecnológicas, que permite avaliar o nível de desenvolvimento do Brasil em para a construção da bioeconomia. A tese, primeiro, constrói um ferramental de avaliação da bioeconomia e, segundo, aplica a ferramenta para estudar o caso brasileiro.

A pesquisa utilizou um método qualitativo baseado na coleta de evidências empíricas por meio de entrevistas realizadas com agentes relevantes que atuam em setores envolvidos com pesquisa e desenvolvimento da bioeconomia. Porém, além de entrevistas, fontes secundárias como artigos científicos, relatórios governamentais e sites especializados foram utilizados como suporte e para validação de informações.

Como em Gerschenkron (1962), dentro do contexto de processos de *catching-up*, estudos de natureza qualitativa, como os estudos de caso, são importantes por dois motivos. O primeiro é a identificação de padrões e/ou particularidades que podem auxiliar na definição de trajetórias de desenvolvimento. Como destaca Gerschenkron (1962), estratégias de desenvolvimento partem de situações distintas e, portanto, necessitam de esforços únicos para serem implementadas. Assim, mapear e identificar a situação atual de desenvolvimento de um país é relevante para traçar os passos seguintes.

Segundo, para o autor, estudos dessa natureza são necessários para criar massa crítica e possibilitar que estudiosos e tomadores de decisão possam realizar melhores perguntas e discutir boas proposições para fundamentar ações futuras.

Neste capítulo, os principais elementos presentes na tabela de capacidades tecnológicas são detalhados e a metodologia de construção é apresentada na subseção 3.2. A metodologia de aplicação da tabela encontra-se na subseção 3.3 que é seguida pela apresentação dos dados coletados, ou seja, do número e perfil das entrevistas (subseção 3.4).

### **3.2 Construção da tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia**

A tabela de capacidades tecnológicas representa um esforço de agrupar condições necessárias, como recursos, habilidades e conhecimentos, para se realizar distintos níveis de inovação dentro da bioeconomia. Note-se que os requisitos apresentados na tabela não englobam todo o conjunto de capacidades possíveis para se atuar dentro da bioeconomia,

porém, apresentam aqueles de grande relevância para o cumprimento das características da bioeconomia, como a circularidade, a sustentabilidade e integração de múltiplos agentes.

A elaboração da tabela tem como base a literatura de capacidades tecnológicas iniciada a partir de Lall (1992) e de Bell e Pavitt (1993) e aprofundada por Figueiredo e Bell (2012). Esses autores consideram que as capacidades tecnológicas representam o resultado dos esforços de acumulação de conhecimentos que as firmas, os setores ou os países realizam com o intuito de implementar diferentes tipos de inovação.

Dentro desta lógica, Lall (1992) destaca a natureza intrínseca das capacidades tecnológicas uma vez que elas são acumuladas por meio de distintas formas de aprendizado. Nas formas mais básicas de transferências de tecnologia, o aprendizado necessário para acumular as capacidades será particular a cada caso, pois o ponto de partida de acumulação difere quanto ao ambiente e recursos já possuídos.

Bell e Pavitt (1992) reforçam essa visão opondo-se à ideia de que a difusão tecnológica é automática e subsequente ao processo de inovação. Os autores consideram que a incorporação de novas tecnologias, mesmo que maduras, necessitam de esforços de aprendizado que culminam em acúmulo de capacidades. Consideram também que adaptações em tecnologias importadas, mesmo que básicas, podem gerar processos de acúmulo de capacidades distintas para cada empresa.

A literatura de capacidades tecnológicas distingue capacidades produtivas e capacidades inovativas. Tal divisão é interessante ao se contrastar um *catching-up* econômico, o que pode ser realizado apenas com o acúmulo de capacidades produtivas, e um *catching-up* tecnológico, alcançado com as capacidades inovativas. Apenas o *catching-up* tecnológico gera uma fuga da situação de atraso das empresas e dos países. Todavia, a tabela desenvolvida nesta tese apenas considera capacidades inovativas por dois motivos.

Primeiro, a tabela de capacidades tecnológicas desenvolvida nesta tese é voltada para a bioeconomia como definida no capítulo 4, entendida como uma área em estruturação. As capacidades inovativas são as mais relevantes, pois são as responsáveis pela identificação e solução dos desafios necessários para a estruturação. Ainda, a bioeconomia envolve uma enorme variedade de setores os quais possuem aspectos produtivos muito específicos. As capacidades inovativas são mais gerais uma vez que contemplam em maior proporção os recursos necessários para atividades de pesquisa básica, de interface com agentes externos e de mudança organizacional.

Segundo, a tese concentra-se no chamado *catching-up* tecnológico pois está interessada na fuga da situação de atraso de um país em desenvolvimento, isto é, alcançar a fronteira tecnológica internacional. Identificar especificamente níveis de capacidades produtivas não é revelador visto que elevados níveis de capacidade produtiva não garantem a capacidade para gerar e administrar mudança tecnológica.

É importante notar que a fronteira entre níveis de capacidade é difusa e o mesmo vale na fronteira entre capacidades produtivas e capacidades inovativas (BELL; PAVITT, 1993). Isso quer dizer que alguns aspectos do aprendizado produtivo podem ser encarados como inovativos, principalmente no nível de firma. Tecnologias maduras, disseminadas em diversos setores, podem ser incorporadas, em alguma etapa da cadeia produtiva, por empresas que desejam avançar na bioeconomia. Assim, a busca de capacidades produtivas, que empreguem as melhores técnicas conhecidas com tais tecnologias, pode ser uma inovação para algumas empresas. Por fim, Bell e Pavitt (1993) consideram que, em diversos casos, as capacidades inovativas podem ser construídas antes mesmo de se acumular elevada capacidade produtiva.

A Tabela 3 apresenta os níveis de capacidade tecnológica na bioeconomia. Ela contém três níveis de capacidades inovativas que variam entre básica, intermediária e avançada. Cada um destes níveis corresponde a diferentes tipos de inovações que podem ser realizados em três dimensões principais, as colunas da tabela. Foram consideradas na bioeconomia três dimensões, matérias-primas, biomanufatura e bioprodutos.

	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade		
Avançadas	Indústria 4.0 na oferta de biomassa; Agricultura de base biológica; Engenharia genética de ponta no melhoramento e no desenvolvimento de variedades de matérias-primas	Engenharia genética de ponta no desenvolvimento de novas variedades (ex: cana energia); Capacidade para criar novas tecnologias de processos agrícolas com base em P&D de ponta	P&D com a biodiversidade molecular; Mimetismo tecnológico	Capacidade para criar novas tecnologias para o aproveitamento integral biomassa com base em P&D de ponta; Biotecnologia industrial e P&D de ponta com biologia sintética; Disseminação de simbioses industriais	Busca de novas funcionalidades para a valorização dos bioprodutos; Segmento de ativos complementares desenvolvido e adaptável
	<b>Capacidades sistêmicas:</b> Combinação de fluxos bidirecionais, unidirecionais e unidirecionais reversos de conhecimentos entre os diferentes agentes (Hub tecnológico); P&D de ponta integrando toda a cadeia da bioeconomia com acesso a conhecimentos interdisciplinares, tanto tecnológico quanto comercial; P&D de ponta descentralizado mas interconectado (Glocal) com foco no aproveitamento da biodiversidade				
Intermediárias	Compensações sobre serviços ambientais e certificações (regulação de mercado); Disseminação de sistemas agroflorestais; Uso amplo da bioinformática aplicada ao melhoramento e desenvolvimento de variedades de matérias-primas	Experimentações com culturas regionais e resíduos para ganhar escala; Incentivos a novas culturas e ao uso de resíduos; Capacidade para implementar modificações em tecnologias maduras para logística de matérias-primas	Produção e pesquisa de compostos bioativos extraídos da biodiversidade; Capacitação das comunidades, valorizando o potencial da biodiversidade e gerando produtos de maior valor	Disseminação do uso e de pesquisa com plantas multipropósitos; Capacidade para implementar modificações complexas em tecnologias maduras para o trato de biomassa; P&D na valorização de coprodutos	Avaliação de sustentabilidade dos bioprodutos; Biocombustíveis avançados e biomaterias em escala; Capacidade de atender mercados segmentados
	<b>Capacidades sistêmicas:</b> Existência de uma governança em bioeconomia; Compreensão da natureza aberta da inovação e disposição para buscar relações “win-win” com os parceiros; ambiente que possibilite pesquisa aplicadas e que haja disponibilidade de profissionais multidisciplinares com os parceiros				
Básicas	Melhoramento genético clássico; Legislação ambiental que limite expansão desordenada (comando e controle); Uso de métodos de produção mais sustentáveis com variações de IPLF	Formação de cooperativas de produtores; Base de informação sobre as características edafoclimáticas e da biomassa; Valorização das culturas regionais	Bases de informação sobre a biodiversidade; Desenvolvimento de técnicas de manejo adaptadas; Reconhecimento e valorização conhecimentos tradicionais	Adaptações básicas em tecnologias maduras para o trato de biomassa; Estímulos à agregação de valor aos resíduos industriais; Incentivos ao desenvolvimento de arranjos e de tecnologias locais com a compreensão da biomanufatura	Valorização dos benefícios ambientais quanto o combate ao agravamento do aquecimento global; Marketing de valorização dos bioprodutos
	<b>Capacidades sistêmicas:</b> Massa crítica pensando a bioeconomia e as particularidades da bioeconomia em oposição ao fóssil; Globalização da conectividade; Regulação e sistema de proteção de propriedade intelectual adaptados à realidade da biotecnologia e da biodiversidade				

**Tabela 3- Capacidades tecnológicas em bioeconomia**

Fonte: elaboração própria

Este capítulo tem a função de apresentar a metodologia utilizada para a criação da Tabela 3 e a sua forma de aplicação neste estudo. Nas próximas seções as linhas, a definição das colunas e das linhas da tabela são apresentados. Em seguida, há a apresentação da metodologia para o preenchimento da tabela.

### **3.2.1 As linhas da tabela de capacidades tecnológicas- Diferentes níveis de inovação**

Esta tese considera apenas as capacidades inovativas. Porém, a separação dos diferentes níveis de capacidades é difusa e o reconhecimento exato do ponto em que um nível termina e outro começa nem sempre é possível. Neste sentido, quanto menores os números de possíveis níveis de capacidade tecnológica mais precisa é a classificação dos recursos. Em contrapartida, menor é o poder de avaliação do atraso relativo das firmas, dos setores ou dos países em relação aos líderes.

Esta tese segue o modelo de Figueiredo e Bell (2012) e separa os diferentes níveis de capacidade tecnológicas de acordo com os diferentes tipos de inovação que elas conseguem realizar. Estes, por sua vez, variam de acordo com o nível de novidade e complexidade. A classificação segundo esses critérios é interessante pois foge da ideia disseminada da distinção única entre inovação incremental e inovação radical. Esta última considerada por muitos como mais relevante que as incrementais.

Fugir da classificação estrita entre inovações incrementais e inovações radicais é importante quando a unidade de análise trata de agentes em situação de atraso. Para o caso de empresas, por exemplo, incorporar uma nova tecnologia e adaptá-la à sua realidade, o que seria uma inovação incremental, pode ser um desafio tão grande quanto desenvolver uma nova tecnologia. A pura distinção entre incremental e radical não dá o devido valor ao aprendizado necessário para a realização das inovações que, segundo a classificação usada nesta tese, podem ser “básicas”, “intermediárias” e “avançadas”.

É importante mencionar que Figueiredo e Bell (2012) utilizam quatro níveis de capacidades inovativas. No nível acima das inovações avançadas, eles consideram as inovações “*world leading*”. Para os autores, alcançar a capacidade de realizar inovações “*world leading*” representa atingir a fronteira internacional de inovação, ou seja, ter obtido sucesso em realizar o *catching-up*. Nesta tese, preferiu-se não fazer uso deste último nível pois, no caso da bioeconomia, por ainda estar em estruturação, não existem referências estabelecidas internacionais de forma que não há a necessidade de maior precisão na avaliação do atraso relativo, mas sim de maior precisão na construção dos níveis de capacidade.

Dentro da tabela de capacidades tecnológicas, cada nível contém recursos necessários para a realização dos diferentes tipos de inovação. Portanto, os níveis de capacidades serão chamados de nível básico, nível intermediário e nível avançado. Quanto aos recursos, vale a pena lembrar que eles contemplam recursos humanos, como especialistas, habilidades/talentos que são formal e informalmente alocados dentro projetos e times; arranjos organizacionais, como rotinas, valores disseminados e estruturas de reporte; sistemas físicos como máquinas e equipamentos, laboratórios e bases de dados.

No *nível básico* consideram-se as capacidades necessárias para implementar pequenas adaptações em tecnologias dominantes, ainda muito próximo do que seria uma imitação (BELL; FIGUEIREDO, 2012). Há também a possibilidade do desenvolvimento de tecnologias maduras para aplicações distintas das originais, isto é, aplica-se um novo modelo de negócio às tecnologias estabelecidas, criando assim a possibilidade do desenvolvimento de novas trajetórias tecnológicas.

Este último ponto foi observado por Christensen (2013) que cunhou em 1997 o termo “inovação disruptiva” (CHRISTENSEN, 2013) para caracterizar processos em que novos entrantes passavam a atuar no que ele chamou de “*low-end markets*” com tecnologias consideradas maduras, mas com uma proposta de valor diferente do que está sendo oferecido no mercado estabelecido.

Lee e Malerba (2017) e Figueiredo e Cohen (2019), quando avaliam diversos processos de *catching-up*, percebem que, recorrentemente, empresas e países líderes são superados por *latecomers* que entraram nos diferentes setores estabelecidos. Os *latecomers* partem com uma tecnologia disruptiva que não apresentava bons rendimentos iniciais, mas ofereciam alguma diferenciação e possibilidade de melhora/aprendizado para ganhar espaço no mercado .

Assim, a inovação disruptiva não é necessariamente aquela com maior complexidade tecnológica e de elevados custos. Ela pode derivar de tecnologias maduras aplicadas a novos mercados que, se por um lado garantem margens baixas em um primeiro momento, por outro, possibilitam a entrada dos *latecomers* livre da concorrência de empresas e países líderes, uma vez que estas estão voltadas para os mercados mais lucrativos (CHRISTENSEN, 2013).

Tanto a imitação quanto a disrupção necessitam de capacidades básicas que permitam a compreensão dos aspectos técnicos das tecnologias já conhecidas. As informações necessárias, em geral, podem ser encontradas no mercado e por isso, unidades de engenharias são importantes para absorver e converter os conhecimentos externos em conhecimentos práticos.

No caso de inovações disruptivas, também são importantes recursos voltados para a análise de mercado, capaz de observar as janelas de oportunidades (LEE; MALERBA, 2017). Christensen (2013) também considera a atuação em mercados classificados como “*high end*”, situação em que a competição é realizada pelas empresas líderes e envolve capacidades tecnológicas avançadas.

Há possibilidade de se partir de um processo de *catching-up* também buscando inovações do tipo “*high-end*”. Nesses casos, voltados para quebras de paradigmas, como defendem Perez e Soete (1988), é necessária a compreensão não só das possibilidades de uso de novas tecnologias, mas também dos aspectos ligados às mudanças no ambiente, como regulações, políticas públicas e mudanças de consumo.

Assim, o processo de acumulação de capacidades tecnológicas deve ser visto de forma sistêmica, envolvendo conjuntamente diversas dimensões de um novo paradigma. Perez e Soete (1988) e Dosi (1982) argumentam que o início de um novo paradigma é o ambiente do empresário schumpeteriano, em que é preciso expandir o conhecimento em múltiplas áreas e criar designs originais.

Em níveis básicos são necessárias as capacidades para a realização de experimentações exploratórias (FIGUEIREDO; COHEN, 2019). Recursos que facilitem a articulação com instituições internacionais são relevantes para captarem as mudanças externas e trazerem informações para dentro das firmas (COHEN; LEVINTHAL, 1990), do setor ou do país. Para Cohen e Levinthal (1990), há a necessidade de se ampliar a capacidade absorptiva que constitui uma base de conhecimento prévio necessária para reconhecer o valor das informações externas, assimilar essas informações e aplicar em inovações.

Como os autores estudam empresas em países desenvolvidos, consideram que a ampliação de capacidades absorptivas é um resíduo dos investimentos em P&D. Contudo, autores como Kim (1999) relacionaram a capacidade absorptiva com o processo de *catching-up*. Kim (1999) destaca que o acúmulo de capacidades tecnológicas necessariamente requer o acúmulo das capacidades absorptivas. Por sua vez, as capacidades absorptivas dependem de dois elementos: base de conhecimento prévia e intensidade do esforço de aprendizado.

Portanto, *latecomers*, mesmo que iniciem o *catching-up* com pouca base de conhecimento, podem ampliar seu nível de capacidade intensificando seu esforço de aprendizado. Podem ser realizados investimentos em P&D, porém estes não são a única forma de expandir conhecimento. Como visto no Capítulo 2, P&D é apenas uma das formas de aprendizado e, nem sempre, é a mais relevante. Nos níveis básicos, contratações de profissionais e de consultorias são importantes mecanismos de expandir a base de conhecimento.

No *nível intermediário*, considera-se a possibilidade de implementar adaptações complexas em tecnologias dominantes. Seria um estágio de imitação criativa onde os resultados das inovações seriam percebidos de forma regional, isto é, percebe-se alguma diferenciação, mas ainda sem impacto nos mercados internacionais (BELL; FIGUEIREDO, 2012; KIM, 1999). Há predominantemente o fluxo de conhecimento de fora, partindo de fornecedores e de organizações de pesquisa, para dentro das organizações que estão acumulando capacidades.

Apesar de assimétrico o fluxo, inicia-se a maior participação de conhecimentos gerados internamente (DANTAS; BELL, 2009) no processo de inovação, pois, os princípios gerais envolvidos nas tecnologias importadas ou incipientes passam a ser dominados pelos *latecomers*. Este tipo de conhecimento possibilita a compreensão dos problemas observados no uso das tecnologias e amplia a percepção de possíveis novas aplicações (BELL, 1984).

Pesquisa básica de ponta ainda não é a principal fonte do conhecimento. Observa-se a presença de especialistas em processos e engenharias alocados em diferentes etapas do desenvolvimento tecnológico (HANSEN; LEMA, 2019) gerando conhecimentos a partir da superação de gargalos técnicos, da busca de soluções operacionais e melhorias necessárias (DANTAS; BELL, 2009).

As experimentações exploratórias do nível básico evoluem para testes sistemáticos com novas tecnologias. Estes podem ser realizados internamente ou em parcerias, por meio de P&D incipiente (FIGUEIREDO; COHEN, 2019). Observam-se testes em escala experimental como ferramenta para design e ampliação de produtos e / ou processos (FRISHAMMAR et al., 2015). As oportunidades percebidas ultrapassam os mercados de nicho e já almejam atender mercados estabelecidos de produtos que podem ser substituídos com o uso das novas tecnologias.

Tanto no nível básico como no intermediário, é possível observar diferenças para o caso em que se segue estritamente uma lógica de *catching-up* tradicional ou uma lógica de *path-creating*. No *nível avançado*, essa diferenciação é menos distinta, uma vez que o objetivo de se alcançar a fronteira internacional de inovação foi atingido. Vale lembrar que, na concepção original, o *path-creating* é o último estágio do desenvolvimento de um processo de *catching-up* (LEE; LIM, 2001)

Porém, independente do processo original, as capacidades no nível avançado fazem com que as empresas sejam dinâmicas, no sentido de serem capazes de captar as mudanças do ambiente, de traduzir essas mudanças em oportunidades e de realizar mudança organizacional para aproveitar as oportunidades (TEECE; PISANO; SHUEN, 1997). Na lógica das capacidades absorptivas, a geração de conhecimento interno é essencial para a compreensão do



que acontece no ambiente externo. Portanto, é essencial o mecanismo de criação de conhecimento. Porém, diferente do nível básico no qual tal conhecimento estava muito associado à figura de recursos humanos pontuais, no nível avançado os principais recursos de geração de conhecimento são os centros de P&D (COHEN; LEVINTHAL, 1990)

As parcerias de P&D entre empresas e centros de pesquisas, nacionais e internacionais, são essenciais. Interessante notar que pesquisa com possíveis consumidores finais dos produtos é uma importante fonte de conhecimento acerca das exigências do mercado. Porém, tal atuação conjunta exige recursos avançados relacionados a estratégias de apropriabilidade (VAN LANCKER; WAUTERS; VAN HUYLENBROECK, 2016).

Um corpo jurídico é essencial para lidar com questões contratuais e a relacionadas a patentes e propriedade intelectual. São também relevantes recursos menos formais, impregnados nas rotinas organizacionais das empresas como corpo técnico de ponta capaz de lidar com designs altamente complexos (VAN LANCKER; WAUTERS; VAN HUYLENBROECK, 2016) e a disseminação de uma linguagem comum entre os diferentes setores organizacionais (COHEN; LEVINTHAL, 1990; NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

Há a necessidade de recursos capazes de liderar projetos em escala comercial do tipo *first-of-a-kind* (LALL, 1992). Tais projetos representam de fato as primeiras plantas comerciais a utilizarem novas tecnologias e, em muitos casos, precisam construir toda uma cadeia de valor. Durante esse processo, desafios não previstos em fases anteriores de P&D surgem o que torna as primeiras plantas comerciais verdadeiros laboratórios de experimentação. Como não há no mercado agentes que disponham de soluções prontas para esses desafios, é essencial que haja recursos capazes para acessar e coordenar capacidades contidas em agentes diversos com o fim de superar os problemas que surgirão (DANTAS; BELL, 2009).

### **3.2.2 As colunas da tabela- Diferentes funções de capacidades tecnológicas**

As linhas da tabela, detalhadas de forma geral na seção anterior, tratam das capacidades para se realizar diferentes níveis de inovação. Porém, como Lall (1992) e, posteriormente, Figueredo (2003) afirmam, os recursos necessários para o desenvolvimento de cada tipo de inovação variam a depender do tipo de atividade realizada (FIGUEIREDO, 2003; LALL, 1992). Lall (1992) considera três funções principais: as relacionadas aos investimentos, as relacionadas à produção e as relacionadas aos *links* com agentes externos. Para cada uma delas há uma série de capacidades necessárias e distintas para a realização dos diferentes tipos de inovação. As funções não são exaustivas e nem todas estão necessariamente internalizadas pelos agentes industriais.

Esta tese segrega as capacidades em distintas dimensões, de forma similar à observada em Figueiredo (2010 e 2017). Figueiredo, ao avaliar as capacidades tecnológicas das empresas do setor de papel e celulose e do setor de etanol brasileiro, segmentou-as em três funções referentes aos elos da cadeia. O autor conclui a possibilidade de, em um mesmo setor, haver diferentes níveis de capacidades ao longo dos elos da cadeia. Dentro de uma mesma firma integrada é possível haver essa diferenciação.

A Tabela de Capacidades tecnológicas em bioeconomia (Tabela 3) é específica para a bioeconomia e as dimensões consideradas são as de matérias-primas, de biomanufatura, de bioprodutos e as capacidades sistêmicas. Apesar de conterem especificidades, as funções não devem ser vistas de maneira isolada, mas sim inseridas em um sistema onde a evolução de uma dessas dimensões depende da evolução da outra. Bomtempo, Alves e Oroski (2017) consideram as dimensões destacadas inseridas em uma paisagem sociotécnica, como definida por Geels (2005), onde a evolução de cada uma impacta no desenvolvimento da outra e, ao mesmo tempo, influencia e é influenciada por todo o contexto social e tecnológico onde estão inseridas (BOMTEMPO; ALVES; OROSKI, 2017)

As capacidades sistêmicas, que transpassam todas as funções, são importantes pois permitem a compreensão do caráter aberto da inovação e facilita o intercâmbio de conhecimentos entre as funções da bioeconomia.

### **3.2.2.1 Matérias-primas**

A dimensão matérias-primas contempla os recursos e conhecimentos necessários ao desenvolvimento de cadeias de abastecimento de biomassa aos consumidores industriais, principalmente as biomanufaturas. Além da fase referente à produção da biomassa, esta função também contempla a etapa de logística com esses materiais.

Um ponto interessante é que a biomassa envolve uma infinidade de possíveis materiais, cada um com características únicas. Inclusive um mesmo vegetal, por exemplo, se cultivado em regiões diferentes e com técnicas diferentes apresentará características distintas (NYKO et al., 2013; OECD, 2018). Portanto, a relação entre a dimensão matérias-primas e as demais dimensões é essencial para que a bioeconomia avance.

A função matéria-prima é a única que possui subdivisões. Na função produção sustentável e meio ambiente, as capacidades tecnológicas evoluem no sentido de elevar a produtividade das culturas existentes e de ampliar aspectos relacionadas com a sustentabilidade do fornecimento de matérias-primas.

Em novas culturas e resíduos, novas cadeias são consideradas, seja com o desenvolvimento de novas variedades de matérias-primas, seja com o aproveitamento de uma cultura regional ou com o aproveitamento de algum fluxo residual ou de subprodutos. O avanço de capacidades passa pela ampliação dos conhecimentos sobre as características da matérias-primas e evolui no sentido de teste e aplicações com novos maquinários e metodologias, que considerem também as tecnologias da informação.

Esse ponto é de suma importância para os resíduos primários, aqueles dispersos ao solo após a colheita ou corte das árvores. Apesar de abundantes e não possuírem custos de produção, necessitam do desenvolvimento de toda uma metodologia e maquinários específicos para que sejam coletados de forma eficiente e preservem a qualidade dos solos.

A função biodiversidade envolve a produção ou a coleta de recursos que apresentam características únicas, possuem valor agregado intrínseco, e não necessariamente dialogam com uma produção em larga escala. Os desafios de acumulação de capacidades tecnológicas são de natureza distintas e, em geral, envolvem a estruturação de cadeias de abastecimento que insiram a agricultura familiar e as comunidades residentes nos diversos biomas (NOBRE; NOBRE, 2019).

As capacidades tecnológicas devem possibilitar a criação de soluções que ampliem as boas práticas de manejo, o beneficiamento dos produtos e o transporte. Em fases iniciais, os conhecimentos colhidos junto às comunidades locais devem ser aproveitados para a rápida identificação dos potenciais especialidades, seus usos e áreas de coleta (YOUNG; MEDEIROS, 2018). Em níveis mais avançados, há a necessidade do desenvolvimento de redes mult institucionais na realização de pesquisas, para conseguir acessar as moléculas de elevado valor econômico presentes nas especialidades e compreender a biodiversidade molecular.

### **3.2.2.2 Biomanufatura**

Nesta função, são consideradas as capacidades necessárias para o estabelecimento de processos industriais adaptados às características das diferentes matérias-primas. Para pequenas escalas e acesso ao potencial da biodiversidade, consideram-se escalas e plantas versáteis que possibilitem a extração de valor dos produtos da biodiversidade. Para maiores escalas, considera-se que as capacidades tecnológicas evoluem de forma a possibilitar o estabelecimento de biorrefinarias flexíveis, que deixem de usar apenas matérias-primas de fácil acesso e passem a processar matérias-primas cada vez mais complexas (IEA, 2020).

Níveis iniciais de capacidade tecnológica representam o caso de adaptações básicas em tecnologias maduras já amplamente utilizadas no processamento de biomassa. Como por exemplo, as tecnologias que utilizam açúcares facilmente extraídos das “*sugar crops*”, as chamadas, tecnologias de primeira-geração (IEA, 2020; LEWANDOWSKI, 2018). Como o açúcar é a molécula de interesse e este é facilmente extraído, o processo de utilização requer adaptações básicas nos processos mecânicos e biológicos de tratamento da biomassa. Tais adaptações podem ser feitas em conjunto com amplo escopo de fornecedores.

Níveis intermediários possibilitam a utilização de um maior escopo de matérias-primas e também a utilização de outras moléculas além dos açúcares facilmente extraídos de biomassas, como a celulose e a glicerina (IEA, 2022). Para se chegar a essas moléculas de interesse, há a necessidade de pré-tratamento adequados para as diferentes biomassas. Apesar de serem conhecidas diversas formas de pré-tratamento, a adaptação das tecnologias conhecidas aos distintos insumo requer esforços complexos de adaptação, muitas vezes envolvendo capacidades de áreas do conhecimento muito distintas, como química, engenharia mecânica, biotecnologia, engenharia de processos (LEWANDOWSKI, 2018).

É importante que haja uma destinação produtiva dos coprodutos, subprodutos e resíduos, com a incorporação desses em processos que gerem insumos para as biorrefinarias (IEA, 2022). Neste ponto, a simbiose industrial configura-se com o compartilhamento de recursos entre os agentes que passam também a tomar decisões de forma coordenada.

Níveis avançados consideram a biotecnologia de ponta com o objetivo de desenvolver processos biológicos industriais (LOKKO et al., 2018) e novos bioprodutos (IEA, 2022). Capacidades com as ciências ômicas interagindo com diferentes áreas do conhecimento, como a bioquímica, genética, fisiologia e computação são necessárias para avançar com a biotecnologia industrial e no desenvolvimento de produtos com maior valor agregado (IEA, 2022; LOKKO et al., 2018).

### **3.2.2.3 Bioprodutos**

Bioprodutos incluem bioenergia, em particular biocombustíveis avançados, bioquímicos, biomateriais, alimentação humana e animal. Cada um desses bioprodutos envolve especificidades relacionadas aos aspectos técnicos e mercadológicos de forma que se torna pouco operacional do ponto de vista da pesquisa discutir capacidades tecnológicas para cada um.

Os bioprodutos *drop-in* são capazes de substituir produtos derivados do petróleo reaproveitando infraestruturas existentes e requerem capacidades básicas quanto à sua

comercialização pois não necessitam da construção de cadeias de distribuição até o consumidor final e já contam com mercados estruturados (IEA, 2022). As capacidades necessárias para sua comercialização e sua apropriação estão voltadas para a adequação às regulações vigentes e às políticas públicas e a criação do reconhecimento das vantagens ambientais do bioproduto em relação aos substitutos fósseis.

Apesar de relevantes, principalmente para a transição energética, a produção dos *drop-in* “limita” o potencial da biomassa pois funcionalidades inerentes da biomassa, como maior oxigenação e biodegradabilidade, são suprimidas. Portanto, é importante avançar para a produção dos não *drop-ins*. Porém, estes, além dos desafios tecnológicos, como também observado nos *drop-in*, apresentam maiores dificuldades mercadológicas. O ponto central é o desenvolvimento de aplicações o que exige desenvolver relações ao longo da cadeia com os complementadores.

Capacidades intermediárias exigem a incorporação das tecnologias de comunicação para o atendimento de mercados de nicho para os produtos com algum grau de diferenciação, como os derivados das especialidades (PEREZ, 2015). Biofarmácios e alimentos especiais surgem aproveitando os mercados de nicho identificados (IEA, 2022; PEREZ, 2015). Equipes de marketing passam a ser relevantes para a busca desses mercados e são essenciais para que os benefícios ambientais dos bioprodutos sejam reconhecidos.

O foco começa a mudar dos bioenergéticos e passa a contemplar a produção de bioquímicos e de biomateriais (LEWANDOWSKI, 2018; OECD, 2018). Esses produtos, além do desempenho ambiental, oferecem novas funcionalidades que precisam ser reconhecidas, o que exige capacidades avançadas de estruturação dos mercados. Envolve recursos de assistência técnica, parcerias entre agentes que detenham recursos complementares e P&D em parceria com potenciais consumidores finais.

#### **3.2.2.4 Capacidades sistêmicas**

As capacidades sistêmicas são transversais a todas as dimensões da bioeconomia e evoluem conjuntamente. Ou seja, é possível que haja em um país diferentes níveis de capacidade em cada uma das dimensões, todavia, para o estabelecimento da bioeconomia avançada, é necessário a comunicação entre todas as dimensões. Isto pois, em processos de desenvolvimento de novos paradigmas, as soluções precisam ser coordenadas (GEELS, 2005).

De outra forma, para a bioeconomia, níveis avançados de capacidade com matérias-primas só possuem valor se houver condições para o desenvolvimento de tecnologias de processamento para novas variedades de recursos. Ainda, só haverá incentivo para novas

tecnologias de processo se houver condições de acesso ao mercado para os novos bioprodutos e rentabilidade.

Este é o desafio sistêmico que a bioeconomia enfrenta, em que um elo da cadeia necessita dos outros para o seu desenvolvimento. Portanto, as capacidades sistêmicas são essenciais para a estruturação da bioeconomia. Essas evoluem no sentido de ampliação da base de conhecimento e das formas de interação entre os agentes envolvidos com a bioeconomia. A ideia é que se ampliam os conhecimentos acerca das novas matérias-primas, tecnologias e mercados. As interações entre agentes evoluem para que sistemas de inovação sejam possíveis e novas cadeias de valor sejam criadas.

### **3.2.3 As células da tabela- As condições necessárias para alcançar os níveis de capacidades tecnológicas**

A tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia (Tabela 3) é preenchida com diversas condições necessárias para se alcançar os níveis de capacidades tecnológicas. Assim como em Bell e Figueiredo (2012), as condições apresentadas na tabela são “capacidades reveladas”, ou seja, se elas existem, então a capacidade tecnológica necessária para gerar tal condição também existe. Por simplificação, os itens presentes nas células serão chamados de capacidades tecnológicas.

O preenchimento da tabela com as capacidades tecnológicas distintas aos diferentes níveis e funções foi feito através de uma sequência de processos que incluem revisão de literatura, workshop com pesquisadores, entrevistas com agentes atuantes na bioeconomia e revisões realizadas entre o autor da tese e os orientadores.

O primeiro passo para montagem da tabela foi a revisão da literatura sobre capacidades tecnológicas e textos sobre bioeconomia. O ponto de partida foram artigos acadêmicos que utilizam a literatura de capacidades tecnológicas e tratam de setores envolvidos com biomassa. No capítulo 2, diversos desses artigos e suas metodologias aplicadas são apresentadas.

Em seguida, diversos artigos científicos com foco na bioeconomia e relatórios de agências governamentais foram pesquisados. O foco da pesquisa era identificar gargalos tecnológicos, definições de bioeconomia, características da bioeconomia e especificidades em tratar com biomassa. Como resultado foi gerada a Tabela 4.

Matérias-primas (MP)				
	Commodities	Especialidades	Processos	Bioprodutos
<b>Avançadas</b>	P&D de ponta na adaptação dos solos a novas variedades de matérias-primas e/ou variedades mais produtivas; Disseminação das tecnologias envolvendo engenharia genética, transgenia e bioinformática; Disseminação processos agrícolas de baixo impacto ambiental e alto rendimento e de Técnicas de agricultura de precisão; Rastreabilidade total	P&D de ponta no mapeamento do genoma dos produtos da biodiversidade; Disseminação do uso de tecnologias de controle/gerenciamento remoto; Técnicas avançadas de conservação das matérias-primas	P&D de ponta em diversas áreas do conhecimento; Designs otimizados de biorrefinarias; Compliance com regulações em diversas áreas; P&D de ponta com ligninas e outras substâncias residuais; Coordenação estratégica	Parceria de P&D entre produtores e consumidores finais; Massa crítica* de pesquisadores voltados ao desenvolvimento de biomateriais avançados; Diversidade de agentes atuando no desenvolvimento de novas cadeias de logística; Capacidades organizar ecossistemas de inovação para químicos plataformas
<b>Capacidades sistêmicas:</b> P&D de ponta integrando toda a cadeia da bioeconomia com acesso a conhecimentos interdisciplinares, tanto tecnológico quanto comercial; Capacidade de realizar testes em escala comercial organizando a atuação dos fornecedores de ativos complementares; Combinação de fluxos bidirecionais, unidirecionais e unidirecionais reversos de conhecimentos entre os diferentes agentes				
<b>Intermediárias</b>	Compreensão dos fatores bióticos e abióticos para controle e manipulação das características do solo; Identificação dos impactos da expansão da área de produção; Busca de elevada padronização na qualidade das matérias-primas; Mecanização da produção, inclusive com o desenvolvimento de máquinas e equipamentos	Massa crítica de pesquisadores dedicados à compreensão das características regionais; Inclusão de biomimética** para a busca de soluções práticas e designs criativos; Profissionalização dos trabalhadores locais com uso das tecnologias da informação; Agregação de valor aos produtos da biodiversidade	Domínio das tecnologias de segunda geração; Capacidade de implementar modificações relativamente complexas em tecnologias de pré-tratamento de MP com base em experimentação, envolvendo corpo de engenharia e fornecedores de tecnologia <sup>3</sup> ; P&D incipiente*** na valorização de co-produtos; Canais de compartilhamento de fluxos de informação e de produtos entre as empresas	Existência de departamentos de marketing e de assistência técnica capazes de apresentar as funcionalidades dos bioprodutos e auxiliar na utilização dos mesmos; Capacidade de implementação, pelos consumidores industriais, de adaptações complexas em máquinas e equipamentos (retrofit) para o uso de bioprodutos; Adequação aos sistemas de proteção de propriedade intelectual
<b>Capacidades sistêmicas:</b> compreensão da natureza aberta da inovação e disposição para buscar relações “win-win” com os parceiros; Capacidade de realizar experimentações em escala piloto/demonstração; Uso de abordagens transdisciplinares como fim de obter conhecimentos diversos necessários para avaliar a viabilidade de ideias inovadoras				
<b>Básicas</b>	Massa crítica de agentes buscando ampliar os conhecimentos sobre propriedades das MP e encontrar novos usos; Aplicação das melhores práticas agrícolas; Capacidade de implementar pequenas alterações nas MP e nos processos agrícolas por meio de experimentação e testes de adaptabilidade; Técnicas agroflorestais	Valorização da biodiversidade e dos conhecimentos das comunidades locais; Inclusão das comunidades locais e dos pequenos produtores nas cadeias de valor; Disseminação das tecnologias da informação para organizar pequenos produtores e coletores e alcançar mercados de nicho; Pesquisas sobre manejo sustentável	Domínio das tecnologias de primeira-geração; Capacidade de implementação de adaptações básicas em processos industriais; Implementação de processos de controle de qualidade seguindo recomendações ambientais; Disseminação de uma lógica circular com a busca produtiva dos resíduos industriais	Valorização dos benefícios ambientais dos bioprodutos; Disseminação das tecnologias de informação para atender mercados segmentados; Adequação às regulações e às certificações (nacionais e internacionais); Rede eficiente de transporte e de distribuição dos biocombustíveis e dos bioprodutos que considere a produção descentralizada
<b>Capacidades sistêmicas:</b> massa crítica de agentes que compreendam os drivers que guiam a bioeconomia; Disseminação de um ambiente que favoreça o empreendedorismo, a criatividade e a tomada de riscos; Identificação das oportunidades e das ameaças para o desenvolvimento da bioeconomia; Presença de redes atuando como “gatekeepers”, interface entre o que há internamente e o que está sendo desenvolvido no ambiente externo				

**Tabela 4- primeira versão da tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia**

Fonte: elaboração própria

A Tabela 4 é uma versão preliminar e foi utilizada para dar início às discussões sobre capacidades tecnológicas na bioeconomia. A divisão inicial em matérias-primas, processos e bioprodutos foi inspirada principalmente no artigo de Figueiredo (2017) que divide a tabela feita para o setor de papel e celulose brasileiro em floresta, celulose e papel.

A divisão entre commodities e especialidades em matérias-primas foi por identificar desde o princípio diferenças entre a produção em larga escala, voltada principalmente para abastecimentos de biorrefinarias, e da produção de produtos da biodiversidade que, em parte, não dialoga com produção em escala e requer interação com ecossistema regional.

A tabela foi utilizada para discussões de um workshop realizado em junho de 2021 com professores e pesquisadores da UFRJ. Além dos orientadores desta tese, foram chamados mais 5 pesquisadores que atuam no Grupo de Economia da Energia (IE/UFRJ) e no Grupo de Estudos em Bioeconomia (EQ/UFRJ). A tabela 4 foi enviada para cada um dos participantes com a antecedência de uma semana junto com um vídeo explicativo de 5 minutos feitos pelo autor da tese sobre o que são capacidades tecnológicas e o contexto da tese.

O workshop foi feito de forma virtual e teve duração de aproximadamente 2 horas. Cada um dos participantes teceu comentários sobre a tabela e contribuições de melhorias. A reunião não foi gravada e os comentários foram anotados para análises posteriores.

Com base na tabela preliminar e com os inputs do workshop foi desenvolvido um roteiro para realização de entrevistas com agentes atuantes na bioeconomia. O roteiro serviu apenas para apoiar as entrevistas que foram de caráter semiestruturado. O roteiro das perguntas encontra-se no anexo. As entrevistas realizadas possuíam foco pré-estabelecido mas permitiam que os entrevistados explorassem o tema da maneira que desejassem (GIL, 2008). Este formato dá liberdade ao entrevistado o que gera grande quantidade de informação e, inclusive, possibilita explorar pontos relevantes não previstos nas fases anteriores (GIL, 2008; VERGARA, 1998).

Ao todo, nesta fase, foram realizadas 18 entrevistas, com duração média de 1 hora. As entrevistas foram realizadas de forma virtual, gravadas e transcritas. O objetivo das entrevistas era obter dados para evoluir com a construção da tabela de capacidades tecnológicas para bioeconomia. Todos os entrevistados foram convidados por e-mail que, além da apresentação pessoal do autor desta tese, continha uma breve descrição do escopo da pesquisa.

As entrevistas foram codificadas utilizando o Software Nvivo, um programa de análises para pesquisas qualitativas. Trechos das entrevistas eram agrupados em nós temáticos. Os nós



eram criados ao longo da leitura dos textos quando alguma nova capacidade tecnológica era identificada.

Após a primeira leitura e codificação, cada nó foi revisado e trechos foram reposicionados em diferentes nós quando necessários. Outra ação foi agrupar nós e classificá-los quanto aos tipos de função e nível de capacidade. Como resultado, foi construída a tabela 5, ainda uma versão preliminar, que contém, além dos dados identificados nas entrevistas, recursos e capacidades mantidos da tabela 4.

	Matérias-primas (MP)			Biomanufatura	Bioprodutos
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade		
<b>Avançadas</b>	Indústria 4.0 na oferta de biomassa; Agricultura orgânica; Edição genética no desenvolvimento de novas variedades de matérias-primas	Dinâmica interna de inovação com biomassa	Inovações a partir da observação dos ecossistemas e a relação entre os seres e os seres e o ambiente (inclusive microrganismos)	Biotecnologia industrial e P&D de ponta com biologia sintética; Indústria de bens de capital e insumos renovada (Desenvolvimento de novas tecnologias para o aproveitamento para biomassa); Disseminação de simbioses industriais. Intensificação de processos	Segmento de ativos complementares desenvolvido; Busca de novas funcionalidades para a valorização dos bioprodutos
<b>Capacidades sistêmicas:</b> P&D de ponta descentralizado mas interconectado; P&D de ponta integrando toda a cadeia da bioeconomia com acesso a conhecimentos interdisciplinares, tanto tecnológico quanto comercial; Combinação de fluxos bidirecionais, unidirecionais e unidirecionais reversos de conhecimentos entre os diferentes agentes					
<b>Intermediárias</b>	Compensações sobre serviços ambientais e certificações (regulação de mercado); Melhoramento transgênico; Disseminação de sistemas agroflorestais; Uso amplo da bioinformática	Experimentações com culturas regionais e resíduos para ganhar escala	Desenvolvimento de aplicações para os produtos da biodiversidade	Disseminação do uso e de pesquisa com plantas multipropósitos; Aprimorar tecnologias maduras para o trato de biomassa; P&D na valorização de coprodutos	Avaliação de sustentabilidade dos bioprodutos; Biocombustíveis avançados e biomateriais em escala; Capacidade de atender mercados segmentados
<b>Capacidades sistêmicas:</b> Existência de uma governança em bioeconomia; Disponibilidade de profissionais multidisciplinares; Ambiente que possibilite pesquisa aplicadas; Compreensão da natureza aberta da inovação e disposição para buscar relações “win-win” com os parceiros					
<b>Básicas</b>	Melhoramento genético clássico; Legislação ambiental que limite expansão desordenada (comando e controle); Uso de métodos de produção mais sustentáveis com variações de IPLF; Globalização da conectividade	Incentivos a novas culturas e ao uso de resíduos; Formação de cooperativas de produtores; Base de informação sobre as características edafoclimáticas e da biomassa	Base de informação sobre a biodiversidade; explorar os usos tradicionais para fomentar novas cadeias	Adaptações básicas em tecnologias maduras para o trato de biomassa; Estímulos à agregação de valor aos resíduos industriais; Incentivos ao desenvolvimento de arranjos e de tecnologias locais;	Valorização dos benefícios ambientais; Valor percebido pelos consumidores para a sustentabilidade; Atualização dos sistemas de proteção de propriedade intelectual
<b>Capacidades sistêmicas:</b> Bioeconomia em oposição ao fóssil; Massa crítica pensando a bioeconomia; Valorização das culturas regionais					

**Tabela 5- Segunda versão da tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia**

Fonte: elaboração própria

A tabela 5 serviu para dar início às discussões e montar novo roteiro para a próxima fase de entrevistas que será explicada na subseção 3.3. Importante, a tabela 5 foi alterada até alcançar a versão final da tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia, a tabela 3. Pois, conforme as entrevistas da segunda fase e discussões com os orientadores foram sendo realizadas, novas capacidades e informações foram sendo consideradas.

### **3.3 Utilização da tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia para o caso brasileiro**

A tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia (tabela 3) consiste em um quadro analítico que permite identificar o nível de desenvolvimento da bioeconomia dos países. Nesta tese, ela foi aplicada para avaliar o nível de desenvolvimento do Brasil em relação à bioeconomia, ou seja, o quão distante o país está da fronteira tecnológica de inovação.

Para essa avaliação, uma nova rodada de entrevistas foi feita com profissionais atuantes em setores envolvidos com a bioeconomia. Foram realizadas 26 entrevistas com uma média de 56 minutos cada. Novamente, as entrevistas foram todas virtuais, gravadas e transcritas, e seguiram um caráter semiestruturado com base em roteiro pré-estabelecido.

Após as transcrições, as entrevistas foram classificadas segundo a origem do entrevistado (indústria, Governo, ONG, academia ou centro de pesquisa) e codificadas no software NVivo. Os nós de codificação eram as capacidades tecnológicas presentes na tabela 3.

Foram codificadas sentenças inteiras das entrevistas quando estas eram relacionadas a alguma capacidade tecnológica. Uma mesma sentença não foi codificada em mais de uma capacidade. Não necessariamente todo o texto da entrevista foi codificado pois algumas falas não estavam relacionadas com a bioeconomia.

Após a codificação das entrevistas, o Nvivo permite a visualização nó a nó de codificação, o que facilitou o processo de revisão. Neste processo, as sentenças foram relidas e, caso necessário, foram alteradas de nós de codificação ou repartida em diferentes nós. Este processo foi necessário pois ao longo da realização da segunda fase de entrevistas, novas capacidades tecnológicas surgiram. Importante destacar que todas as entrevistas realizadas (parte 1 e parte 2) foram codificadas.

A codificação pelo Nvivo possibilita avaliar as capacidades que são mais mencionadas pelos entrevistados. Ele permite ainda segregar essa avaliação por grupo de entrevistados.

Portanto, foi possível comparar como os diferentes grupos pesquisados tratam dos diferentes temas.

Cada nível de capacidades tecnológicas e cada função, ou seja, cada célula da tabela, foi classificada em três status distintos: Capacidades estabelecidas (verde), capacidades parcialmente estabelecidas (amarela) e capacidades não estabelecidas (vermelha).

Capacidades estabelecidas (verde): maioria dos atores entrevistados consideram que as capacidades necessárias para atender determinado nível estão estabelecidas no contexto brasileiro.

Capacidades parcialmente estabelecidas (amarela): maioria dos atores entrevistados consideram que as capacidades necessárias para atender determinado nível estão parcialmente estabelecidas no contexto brasileiro. Por parcialmente estabelecida entende-se que os recursos e os conhecimentos necessários que geram as capacidades existem mas são utilizados de forma isolada, limitada a alguns setores, e/ou aplicadas sem continuidade.

Capacidades não estabelecidas (vermelha): maioria dos atores entrevistados consideram que as capacidades necessárias para atender determinado nível não estão estabelecidas no contexto brasileiro.

Em caso de empate entre as classificações, foi adotada a seguinte ordem de preferência Verde > Amarela > Vermelho

### **3.4 Perfil dos entrevistados**

Ao todo foram realizadas 43 entrevistas, 17 na primeira rodada e 26 na segunda rodada de entrevistas, com duração média de 57 minutos cada. A identidade dos entrevistados e os nomes das empresas e outras instituições foram preservadas para que os entrevistados pudessem ter liberdade para tratar o tema proposto.

A tabela 6 apresenta todos os entrevistados e seus respectivos segmentos de atuação. Foram considerados 5 segmentos: Academia, Indústria, Governo, Centro de Pesquisa e ONGs.

Entrevistado	Cargo	Setor
Entrevistado 1	Professor	Academia
Entrevistado 2	Pesquisador	Centro de pesquisa
Entrevistado 3	Professora	Academia
Entrevistado 4	Consultora técnica	Governo
Entrevistado 5	Diretor de projetos e suprimentos	Indústria
Entrevistado 6	Consultora técnica	ONG
Entrevistado 7	Professor	Academia
Entrevistado 8	Gerente setorial	Governo
Entrevistado 9	Coordenador de inovação	Centro de pesquisa
Entrevistado 10	Consultor técnico	Indústria
Entrevistado 11	Coordenadora de Inteligência Competitiva	Centro de pesquisa
Entrevistado 12	Gerente do Departamento de Química	Governo
Entrevistado 13	Pesquisadora	Centro de pesquisa
Entrevistado 14	Gerente	Centro de pesquisa
Entrevistado 15	Diretor de P&D	Indústria
Entrevistado 16	Coordenador de projetos e programas com bioeconomia	Governo
Entrevistado 17	Diretor	Centro de pesquisa
Entrevistado 18	Analista Secretaria de Inovação e Negócios	Governo
Entrevistado 19	Professor	Academia
Entrevistado 20	Diretora	Centro de pesquisa
Entrevistado 21	Gerente gestão e negócios	Centro de pesquisa
Entrevistado 22	Professor	Academia
Entrevistado 23	Especialista em gestão da inovação	Indústria
Entrevistado 24	CEO	Indústria
Entrevistado 25	Presidente	Indústria
Entrevistado 26	Coordenadora de políticas florestais	Indústria
Entrevistado 27	Diretor de políticas públicas	ONG
Entrevistado 28	Professora	Academia
Entrevistado 29	Consultor técnico	Centro de pesquisa
Entrevistado 30	CEO	Indústria
Entrevistado 31	Consultora técnica	Governo
Entrevistado 32	Coordenador-Geral de extrativismo	Governo
Entrevistado 33	Analista de políticas	Indústria
Entrevistado 34	Pesquisador	Centro de pesquisa
Entrevistado 35	Diretor executivo	Indústria
Entrevistado 36	Diretor	ONG
Entrevistado 37	CEO	Indústria
Entrevistado 38	Diretor	Centro de pesquisa
Entrevistado 39	CEO	Indústria
Entrevistado 40	Diplomata	ONG
Entrevistado 41	CEO	Indústria
Entrevistado 42	Diretora de assuntos regulatórios	Indústria
Entrevistado 43	Diretora de assuntos regulatórios	Indústria

**Tabela 6- Perfil dos entrevistados**

Fonte: elaboração própria

Academia: professores e pesquisadores de instituições de ensino superior

Indústria: profissionais que atuam em empresas que operam dentro da bioeconomia ou associação de empresas. Em geral, foram convidados profissionais em cargos de diretoria, que possuem uma visão mais ampla do negócio. Foram selecionados entrevistados de perfis distintos de empresas. Os perfis foram pequenas e médias empresas que operam com produtos

da biodiversidade, grandes empresas que operam com o processamento de biomassa em larga escala e *start-ups* de biotecnologia

Governo: profissionais que operam no Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação e no Ministério de Agricultura. Também foram entrevistados agentes de agências de fomento, como a FINEP e o BNDES

Centro de Pesquisa: profissionais que atuam em centros de pesquisa de referência no Brasil. Também foram priorizados profissionais em cargos de diretoria por possuírem uma visão mais sistêmica do negócio

ONGs: profissionais que trabalham nas organizações não governamentais. Foram escolhidas ONGs que trabalham em prol da conservação do meio ambiente e na capacitação pequenos e médios produtores agrícolas e comunidades locais

Foram 15 entrevistas com agentes de indústria, 6 com agentes da academia, 7 com agentes de governos, 11 com agentes de centros de pesquisas e 4 com agentes de ONGs.

## 4 BIOECONOMIA EM CONSTRUÇÃO

### 4.1 Introdução

Este capítulo apresenta três análises distintas sobre o conceito bioeconomia. A primeira, presente na subseção 4.2, apresenta a origem do termo bioeconomia e as principais visões de bioeconomia existentes. A segunda, subseção 4.3, foca na evolução bibliográfica sobre bioeconomia no Brasil e as traz algumas definições de bioeconomia utilizadas no Brasil. Por fim, na subseção 4.4, há a identificação dos principais temas sobre a bioeconomia abordados por agentes atuantes em áreas relacionadas à bioeconomia brasileira.

### 4.2 Definições de bioeconomia

Estudos bibliográficos destacam que o termo bioeconomia ganhou espaço na literatura econômica a partir dos anos 2000 (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; GOLEMBIEWSKI; SICK; BRÖRING, 2015). Golembiewski, Sick e Broring (2015) são taxativos ao afirmar que o termo tem origem em 2000, quando identificam pela primeira vez o uso do nome “*biobased economy*”, um sinônimo para bioeconomia.

Frisvold et al. (2021) comentam que o grande impulso para difusão do termo bioeconomia nos Estados Unidos foi a crise de 2009. Na situação, diversas políticas de incentivo à bioeconomia surgiram como forma de estimular a escala com o uso de novas tecnologias de processamento da biomassa e a produção de novos bioprodutos. A ideia era gerar maior renda no campo e empregos de maior qualidade (FRISVOLD et al., 2021).

Porém, autores como Vivien et al. (2019) consideram que as origens das discussões sobre bioeconomia são mais antigas, datam da década de 1920, quando o biólogo russo Baranoff cunhou o termo “*bioeconomics*” para descrever a economia relacionada à atividade de pesca (VIVIEN et al., 2019). Baranoff descrevia algo parecido com o problema do uso de bens comuns, uma falha de mercado na economia neoclássica. No caso da pesca, exigia-se soluções para encontrar a produção ótima que permitisse a reprodução natural do pescado.

Quem de fato trabalhou com o termo “*bioeconomics*” para descrever uma compreensão ampla do funcionamento da economia foi Georgescu-Roegen, na década de 1970 (VIVIEN et al., 2019). O autor desenvolve uma teoria que compreende a relação entre a tecnosfera, economia e a sociedade, e a biosfera, que compreende a ecologia do planeta.

Dentro da tecnosfera, mesmo que ela seja considerada sustentável, só há equilíbrio quando o total de recursos consumidos é igual aos recursos provenientes da biosfera. Uma

bioeconomia em equilíbrio seria então aquela onde a biosfera consegue repor o que foi degradado (GIAMPIETRO, 2019). O crescimento econômico gera desequilíbrios pois aumenta a tecnosfera e aumenta a degradação, exigindo mais da biosfera. Para Georgescu-Roegen, em equilíbrio, não há crescimento econômicos. Aumentos da tecnosfera pressionam a biosfera, que possui uma capacidade fixa de reposição, gerando desequilíbrios. Estes são “corrigidos” por períodos de decrescimento ou até de colapso econômico (GIAMPIETRO, 2019; SAVIOTTI, 2017).

O crescimento econômico observado a partir da Revolução Industrial, deve-se ao estabelecimento de um modelo de produção linear baseado na exploração dos recursos fósseis. Tal modelo gerou fluxos de energia para a tecnosfera gerando o crescimento. Contudo, tal crescimento gerou desequilíbrios entre as duas esferas e a taxa de reposição da biosfera parece não atender a degradação gerada (GIAMPIETRO, 2019). Conseqüentemente, observa-se fenômenos como o do Aquecimento Global, anomalias climáticas, extinção de espécies etc.

Além do decrescimento e do colapso, Georgescu-Roegen também vê a possibilidade do surgimento de “*Promethean technologies*”, um tipo de tecnologia que permite saltos tecnológicos qualitativos e quantitativos e que tornam abundante uma nova oferta de energia, possibilitando um novo ciclo de crescimento. Importante, a biosfera continua com seus fluxos fixos, o que se altera é a capacidade de aproveitá-los (GIAMPIETRO, 2019; SAVIOTTI, 2017; VIVIEN et al., 2019).

A tecnologia do motor a vapor, desenvolvida no século XVIII, é considerada uma “*Promethean technology*” pois permitiu o uso do carvão mineral como insumo energético e foi a origem da Revolução Industrial, comentada anteriormente (GIAMPIETRO, 2019; SAVIOTTI, 2017; VIVIEN et al., 2019). Todavia, a pressão sobre os fluxos da biosfera foi ampliada.

O fato de Golembiewski, Sick e Broring (2015) não considerarem a abordagem da “*bioeconomics*” como origem das discussões sobre a bioeconomia moderna deve-se à disparidade de visões. Enquanto eles identificam as diferentes definições de bioeconomia como uma oportunidade de crescimento, a “*bioeconomics*” de Georgescu-Roegen prescreve o decrescimento em algumas situações de busca de equilíbrio (GIAMPIETRO, 2019; SAVIOTTI, 2017; VIVIEN et al., 2019).

Uma definição clara de bioeconomia possibilita que governos, empresas e demais agentes desenvolvam métricas e outras formas de avaliar o status da bioeconomia. Permite a adoção de estratégias e de formas de acompanhá-las. Portanto, formalizar uma definição



abrangente de bioeconomia que considere as especificidades de cada país, é um passo primordial para a construção e a avaliação de políticas públicas.

Como base de políticas e por incorporar especificidades regionais, diferentes definições de bioeconomia surgiram. Bugge, Hansen e Klitkou (2016) identificam a existência de diversidade de definições sobre bioeconomia e as agrupam em três grandes visões. Duas que eles consideram “*business as usual*” e uma de ruptura, que, segundo Vivien et al. (2019), sofre influência de Georgescu-Roegen.

A primeira é a visão biotecnológica que dá ênfase ao papel da biotecnologia e sua aplicação em larga escala. Esta é uma visão cujo centro dinâmico é globalizado, tendo como agentes principais aqueles envolvidos em P&D de ponta, sobretudo grandes empresas de biotecnologia, *start-ups*, centros de pesquisa e universidades. Ela é considerada *business as usual* pois considera o crescimento da bioeconomia como a ampliação do uso da biotecnologia (KLITKOU; FEVOLDEN; CAPASSO, 2019; OECD, 2018).

O objetivo central da bioeconomia é o de crescimento econômico possibilitado pelos investimentos sistêmicos em nova capacidade produtiva, com o uso das novas tecnologias, e pelo surgimento de novos setores (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016).

A questão da sustentabilidade e do meio ambiente é colocada em segundo plano, considerada como uma consequência da disseminação da biotecnologia que permite ganhos de produtividade (agrícola e industrial), uso de novas matérias-primas renováveis e uso de processos industriais menos intensivos em energia e em produtos químicos (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; VIVIEN et al., 2019). A biotecnologia seria como uma nova revolução tecnológica, descrita em Perez (2015), que ao avançar impacta na produtividade de diferentes setores e permite, inclusive o surgimento de outros setores econômicos.

As fronteiras entre a agricultura, a silvicultura, a química e a indústria farmacêutica, por exemplo, vão ficando cada vez mais difusas. As características de cada setor vão perdendo suas especificidades e todos vão caminhando para a bioeconomia, que na visão biotecnológica seria intensiva em conhecimento e com uso de processos biológicos em substituição aos físico-químicos.

A visão de bioeconomia centrada na biotecnologia, além de presente em grande parte das publicações estudadas por Bugge, Hansen e Klitkou (2016) é a visão predominante na OCDE e com forte influência nas políticas adotadas nos EUA (FRISVOLD et al., 2021; OECD, 2018).

A segunda visão de bioeconomia é a baseada em biomassa e valorização dos recursos biológicos. Essa é uma ótica com foco regional que busca valorizar os recursos biológicos das

diversas regiões. Há um caráter “glocal” (global + local) pois cada região depende de soluções únicas, principalmente no desenvolvimento de cadeias de abastecimento de matérias-primas, e de conhecimentos científicos gerados além dos limites regionais, principalmente para solucionar entraves nos processos industriais (OECD, 2018).

A biotecnologia é importante nesta visão, contudo, é apenas mais uma ferramenta para valorizar a biomassa. Para se explorar a biomassa nesse conceito de bioeconomia são necessárias inovações derivadas de uma base de conhecimento complexa, de várias áreas científicas e tecnológicas, tais como ciências da vida, agronomia, ecologia, ciência dos alimentos, ciências sociais, nanotecnologia, tecnologias de informação e comunicação (TIC) e engenharia (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; VAN LANCKER; WAUTERS; VAN HUYLENBROECK, 2016).

Um grande grau de cooperação entre diferentes atores é necessário para desenvolver esses conhecimentos complexos e configurar as biorrefinarias integradas (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; VAN LANCKER; WAUTERS; VAN HUYLENBROECK, 2016), elemento central desta visão. Esses conhecimentos, que cruzam as fronteiras das organizações existentes, geraram novos conceitos de organização industrial, envolvendo cada vez mais simbioses entre os agentes envolvidos (D’AMATO; VEIJONAHU; TOPPINEN, 2020; SANZ-HERNÁNDEZ; ESTEBAN; GARRIDO, 2019).

As inovações são de amplo aspecto, variando de básicas até muito avançadas, e buscam validar conceitos de biorrefinarias por meio da utilização de plantas piloto e de demonstração que possibilitam avaliar a maturidade e a prontidão das tecnologias (BUGGE; HANSEN; KLITKOU, 2016; VIVIEN et al., 2019).

Um dos focos dessa visão é a bioeconomia em oposição à economia fóssil, onde a biomassa substituiria os recursos de origem fóssil como principal insumo para a geração de energia, de químicos e de materiais. Um ponto chave é a evolução tecnológica dentro de setores estabelecidos e intensivos em biomassa, como agricultura, papel e celulose e biocombustíveis.

O objetivo central da bioeconomia é o crescimento econômico e a sustentabilidade. Todavia, parte relevante dos trabalhos e das ações baseadas nessa visão possuem uma fraca integração dos aspectos relacionados à sustentabilidade nos modelos econômicos. Resumem a sustentabilidade como a transição de uma economia fóssil para uma renovável (VIVIEN et al., 2019).

É verdade que a visão centrada na biomassa possui preocupação no desenvolvimento do uso integral da biomassa e no ganho de produtividade agrícola. Porém, assumir que há benefícios sem uma avaliação dos reais impactos diretos e indiretos da mudança do uso da terra

e sem atenção à proteção da biodiversidade pode comprometer a sustentabilidade da produção da biomassa.

A última visão é a bioecológica que, como já adiantada, sofre influência da “*bioeconomics*”. Ela destoa das outras pelo foco na sustentabilidade, a qual deve ser sempre priorizada. O crescimento econômico e a geração de emprego são secundários. Eles são resultados de uma mudança nas relações entre o homem e a terra, da valorização dos produtos da biodiversidade e do reconhecimento dos serviços ecossistêmicos (externalidades positivas) (VIVIEN et al., 2019).

A inovação é um ponto central nessa visão, porém ela assume um caráter transdisciplinar, onde as soluções tecnológicas são apenas uma parte necessária dos esforços inovativos. Albrecht et al. (2012), por exemplo, entendem como mais relevante o foco em pesquisas relacionadas ao cultivo de biomassa sustentável, a busca de um comércio justo global e a inclusão social (ALBRECHT et al., 2012). A biotecnologia também é vista como uma ferramenta importante, porém, a visão bioecológica entende que há limites para sua aplicação e é muito crítica ao uso de organismos geneticamente modificados.

A bioeconomia bioecológica é a que mais dialoga com os princípios da economia circular por defender a necessidade de pensar a cadeia como um todo desde o princípio da produção. Isto é, pensar em modelos que gerem a menor quantidade de resíduos possível. Para biomassa, a economia circular inclui fortemente o princípio do *cascading*, onde a biomassa deve ser utilizada de forma integral e destinada primordialmente para produtos de maior valor agregados e duráveis. Apenas os resíduos que ainda não possuem formas de utilização duradoras devem ser utilizados como bioenergia. Nesta lógica, a atual produção de biocombustíveis está longe de ser enquadrada na economia circular e na bioeconomia.

A promoção da biodiversidade é outro eixo relevante para a bioecologia por diversos motivos. Primeiro, preservar a biodiversidade é essencial para a manutenção da vida no planeta. Segundo, a diversidade genética e a biomimética são um grande ativo que podem gerar incontáveis inovações no desenvolvimento de produtos e de processos (ABRAMOVAY, 2020; NOBRE, 2019).

No Brasil, país com a maior biodiversidade terrestre do mundo, a visão bioecológica possui forte influência, sobretudo nos trabalhos voltados para a preservação e a valorização dos biomas locais, como a Amazônia. Nobre (2019), Abramovay (2020), Young e Medeiros (2018) são referências para trabalhos que destacam a importância dos serviços sistêmicos gerados pela preservação e que avaliam o potencial econômico que a exploração da biodiversidade pode gerar.

### 4.3 Visões de bioeconomia no Brasil

Estudos bibliográficos que acompanham a evolução do uso do termo “bioeconomia”, como Golembiewski, Sick e Broring (2015), são importantes para indicar o caminho que as diferentes áreas envolvidas estão seguindo. Em especial, para a elaboração de políticas públicas e estratégias de desenvolvimento, definir o escopo de bioeconomia é essencial para concentrar esforços em áreas de atuação críticas para o acúmulo de capacidades tecnológicas, apresentado no capítulo 2.

No Brasil, o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), organização ligada ao Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação, estudou o panorama das publicações científicas brasileiras sobre a bioeconomia. Foram catalogados mais de oito mil artigos publicados entre os anos de 1976 até 2021 (CGEE, 2022). Importante destacar que o “boom” de publicações envolvendo a bioeconomia no Brasil teve início nos anos 2000, coincidindo com a observação feita por Golembiewski, Sick e Broring (2015).

O interessante do texto da CGEE foi o agrupamento dos artigos em *clusters* temáticos. A análise dos *clusters* revela que a maior parte das publicações estão relacionadas com produtos energéticos, principalmente o etanol e o biodiesel. Essa constatação não é surpresa uma vez que o Brasil se destaca no panorama mundial como um grande produtor de biocombustíveis e um dos poucos países com elevada participação de biocombustível na frota.

Outra área de destaque envolve os artigos ligados aos processos agrícolas. Porém, o CGEE destaca que o *cluster* de sistema de processos agrícolas está fortemente relacionado com os biocombustíveis pois a maioria das publicações dedicam-se a estudar a cana-de-açúcar.

A quebra por *cluster* é interessante pois permite avaliar como os diferentes temas estão evoluindo ao longo do tempo. Como dito, não é surpresa que a maioria dos artigos estejam focados nos biocombustíveis, pois, além dos fatores citados, o período de análise é longo e pega o período de implementação do Proálcool, política de desenvolvimento nacional voltada ao etanol. Porém, ao avaliar outros temas, como sustentabilidade, Amazônia e serviços ecossistêmicos, percebe-se que estas áreas atraíram mais atenção nos últimos anos.

Indicadores de sustentabilidade são um tema que passou a ter maior destaque a partir de 2010 e reflete o avanço das exigências de governos e de entes privados de acompanhamento de sustentabilidade.

O *cluster* sobre Amazônia também tem interesse crescente, principalmente a partir de 2013. Ele possui diversos temas que podem ser mais isolados, como valorização dos produtos da biodiversidade, ou mais transversais, como quantificação dos serviços ecossistêmicos.

Todavia, cabe ressaltar que o *cluster* está ainda descolado dos demais, possuindo pouca relação com as temáticas envolvendo transição energética.

Segundo o boletim do CGEE, a bioeconomia no Brasil, pelo menos sob a ótica das publicações científicas, tem um foco mais centrado na biomassa e seu papel na transição energética. As questões mais diversas, relacionadas à sustentabilidade e à biodiversidade são recentes, porém apresentam trajetória de crescimento.

Um outro trabalho relevante no Brasil sobre a bioeconomia foi o texto “A Bioeconomia Brasileira em Números”, de 2018, que estimou o impacto da bioeconomia brasileira no Produto Interno Bruto brasileiro. O texto utilizou uma matriz insumo produto, que identifica os fluxos de produtos e serviços entre diferentes cadeias produtivas, para estimar a geração de renda das cadeias inseridas na bioeconomia (SILVA; PEREIRA; BOMTEMPO, 2018).

O texto considerou qualquer setor que utilize biomassa como pertencente à bioeconomia, ou seja, toda a agricultura, produção florestal, produção de animais e seus encadeamentos. O texto claramente parte de uma visão baseada em biomassa sem se ater à sustentabilidade como critério necessário para bioeconomia. Ainda, o texto se concentra em setores estabelecidos.

Seguindo uma definição mais restrita de bioeconomia, o CGEE e o próprio MCTI consideram que a “bioeconomia compreende toda a atividade econômica derivada de bioprocessos e bioprodutos que contribui para soluções eficientes no uso de recursos biológicos – frente aos desafios em alimentação, produtos químicos, materiais, produção de energia, saúde, serviços ambientais e proteção ambiental - que promovem a transição para um novo modelo de desenvolvimento sustentável e de bem-estar da sociedade” (CGEE, 2022).

Esta definição coloca a bioeconomia como uma alternativa ao atual modelo de produção baseado em fóssil pois a considera capaz de trazer soluções, em forma de produtos e serviços, para atender as necessidades ambientais e sociais. Ao considerar apenas “soluções eficientes”, a definição do MCTI concentra a bioeconomia em atividades que exigem inovações para superação de desafios tecnológicos, principalmente desafios de escala com novas tecnologias.

Outro ministério que tem atuado com a bioeconomia é o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que criou o “Programa Bioeconomia Brasil Sociobiodiversidade” que possui uma visão de bioeconomia que vai além do produto e busca valorizar os conhecimentos tradicionais das mais diversas comunidades brasileiras. Há um claro foco em construir novas cadeias de matérias-primas aproveitando os recursos da biodiversidade brasileira, principalmente estimulando as cadeias extrativistas (BRASIL, 2022).

Apesar de não definir a bioeconomia como o MCTI, o programa do MAPA está mais alinhado com uma visão ecológica, já que busca fomentar tecnologias sociais e manutenção do estilo de vida das comunidades tradicionais. O programa busca ainda reforçar o extrativismo sustentável e criar mercado para os produtos da biodiversidade.

No âmbito da indústria, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) tem incentivado uma agenda de conscientização sobre a bioeconomia com o objetivo de facilitar a interação entre empresas e agentes de ciência e tecnologia que atuam com áreas afins à bioeconomia (CNI, 2020). A CNI define a bioeconomia “como resultado de uma revolução de inovações aplicadas no campo das ciências biológicas. Está diretamente ligada à invenção, ao desenvolvimento e ao uso de produtos e processos biológicos nas áreas da saúde humana, da produtividade agrícola e da pecuária, bem como da biotecnologia. Envolve, por isso, vários segmentos industriais”.

A agenda da CNI alinha-se com a visão da biotecnologia e entende a bioeconomia como um resultado da revolução da biotecnologia. Os diferentes setores passam a sofrer influência de novos processos e a concorrer com novos produtos. Eles acabam caminhando para um novo paradigma, no caso, a bioeconomia. Interessante que, quando a CNI trata da biodiversidade, há uma visão de processo e não apenas de produto. A ideia é explorar a biodiversidade brasileira para identificação de microrganismos e de enzimas capazes de gerar novos processos (CNI, 2020).

Outra iniciativa é a Uma Concertação pela Amazônia realizada que, além de realizar um esforço de catalogar as diferentes definições de bioeconomia praticadas no mundo e no Brasil elaborou uma definição própria de bioeconomia que compreende as diferentes possibilidades produtivas da Amazônia.<sup>2</sup>

Para Uma Concertação pela Amazônia não faz sentido falar em uma bioeconomia, mas sim, em diferentes bioeconomias que podem ocorrer no território amazônico. Há por exemplo a bioeconomia tradicional, onde áreas degradadas devem ser recuperadas para produção agrícola e pecuária com a utilização dos melhores métodos agrícolas. Os produtos gerados podem atender as biorrefinarias que operariam em larga escala e produziriam produtos necessários para a transição para economia de baixo carbono (WAACK et al., 2021).

Há uma bioeconomia transitória, que ocorre em áreas sensíveis que não comportam as escalas da monocultura. Nesta, seriam utilizadas produções como os Sistemas Agroflorestais

---

<sup>2</sup> <https://pagina22.com.br/2021/02/01/o-valor-da-diversidade-para-a-bioeconomia/#:~:text=A%20Bioeconomia%20do%20Amazonas%20se,fruticultura%3B%20possibilitando%20a%20interioriza%C3%A7%C3%A3o%20do>

(SAFs) e seriam produzidos produtos da biodiversidade brasileira para atender biomanufaturas e/ou diretamente o consumidor final. Por fim, a bioeconomia extrativista seria em áreas que não podem sofrer interferência de produções agrícolas. Seriam áreas dedicadas ao extrativismo e valorização dos conhecimentos das comunidades locais. As inovações giram em torno da construção de organizações produtivas, capacitação dos agentes participantes e inserção em cadeias de valor. Em todos os casos, há a contabilização dos serviços ambientais.

#### 4.4 Bioeconomia no Brasil pela visão dos atores entrevistados

Como apresentado no capítulo 3, esta tese realizou uma série de entrevistas com agentes atuantes em setores envolvidos com a bioeconomia. Dentre os objetivos das entrevistas, está o de identificar a percepção de cada setor em relação a bioeconomia. Em específico, busca-se ver qual a aderência das entrevistas com as visões de bioeconomia apresentadas anteriormente neste capítulo ou se há alguma nova visão de bioeconomia que possa ser considerada.

##### 4.4.1 Árvore de palavras: principais tópicos discutidos sobre a bioeconomia no Brasil

Um primeiro exercício realizado foi a construção de uma árvore de palavras com base nas transcrições das entrevistas. A árvore gerada, Figura 2, contém nomes que representam grupos de palavras de uma mesma família. Como era de se esperar, dentre as palavras mais citadas estavam “Bioeconomia” e “Brasil”, uma vez que estes são os temas principais desta tese. Todavia, a árvore de palavras mostra algumas outras palavras que possibilitam discussões interessantes.

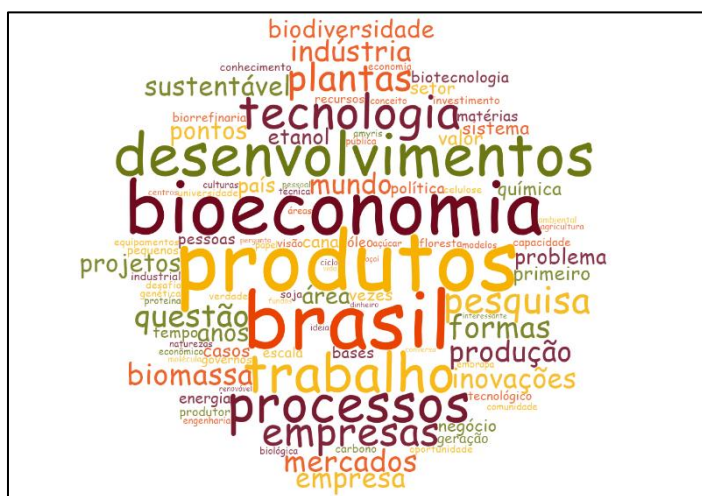


Figura 2- Árvore de palavras com base nas entrevistas realizadas  
Fonte: elaboração própria

O grupo de palavras “produtos”, que contempla palavras como “produto”, “produção”, “produtividade”, foi a mais citada pelos entrevistados. Isso deve-se em boa parte a forte relação da biomassa com os processos industriais e a necessidade de ganhos de produtividade para se alcançar maior sustentabilidade.

*“Buscar mais **produtividade** e mais biomassa por hectare. Tecnologias que permitam o aproveitamento integral da biomassa como o etanol celulósico que dobra a **produtividade**. Há muitas saídas! **Produtividades** podem crescer bastante. Pode-se reduzir os insumos. Uma economia circular completa pode ser utopia, mas é para lá que você tem que olhar”* (Entrevistado 8, agente de governo),

Codificações como a citada acima permearam as entrevistas. Em muitos casos, a “produtividade” estava relacionada com biomassas em que o Brasil é líder, como cana e soja, e como essas variedades contribuem e podem contribuir mais para a construção bioeconomia sustentável por meio de inovação. Importante, palavras como cana, soja e celulose, biomassas em que o Brasil é líder de produção, também possuem destaque na árvore de palavras.

*“Então, não pode deixar que o cara ganhe terra na Amazônia para fazer o mais fácil. Melhor que ele gaste recursos para desenvolver tecnologia na área que ele tem. Essa cana energia, por exemplo, enquanto a **cana normal a produtividade** chega a 80 toneladas por ha, a energia chega a 200 - 250. Tecnologia resolve isso. Para forçar a tecnologia tem que ter restrições. Obriga o camarada a desenvolver tecnologia.”* (Entrevistado 14, agente de centro de pesquisa).

Outro grupo de palavras interessante é a “Desenvolvimentos” que engloba palavras como “desenvolver”, “desenvolvimento” e “desenvolvido”. Este grupo relaciona-se com diversos temas como o avanço de tecnologias (sociais e físicas) específicas, como o entrevistado 24 (agente da indústria) que cita o caso de uma empresa: *“Eles têm uma longa história de **desenvolver** comunidades e **desenvolver** processos de extração do óleo e promover os óleos brasileiros no Brasil mesmo e lá fora.”*. E o entrevistado 16 (agente de governo) que comenta das possibilidades que o Brasil possui por ter desenvolvido seu próprio acelerador de partículas: *“até o **desenvolvimento** mega absurdo no Sirius, em São Paulo, que permite observar estrutura molecular de alimentos para uma série de coisas. Exemplo, produção de coquetéis específicos para degradar biomassas”*.

Todavia, o uso mais corrente da palavra desenvolvimento estava relacionado a necessidade de construção de capacidades de pesquisa & desenvolvimento, identificado pelos entrevistados como uma capacidade que deve ser construída no Brasil para o avanço da



bioeconomia, principalmente na área de biotecnologia industrial. Exemplos de citações a seguir:

*“O mercado de carne cultivada, ele é intensivo em pesquisa. Fica definido pelo apetite de CNPJ em investir em Pesquisa & Desenvolvimento e em Pesquisa & Desenvolvimento disruptivo. Não é um mercado winner takes it all, mas é um mercado onde a intensidade de capital na hora da multiplicação das plantas pode definir as coisas.”* (Entrevistado 27, agente de ONG).

*“E dar tempo! O resultado não vem em dois ou três anos. O desenvolvimento de uma bioindústria e de complexo industrial leva tempo. Assim como levou tempo para desenvolver o setor de petróleo e gás, no etanol, na Embraer. E olha aonde chegou, somos excelência. Temos exemplos que dão referência para acreditar que, com a bioeconomia, a gente possa realmente conseguir ter essas histórias para contar para os nossos netos.”* (Entrevistado 16, agente de governo).

*“Eu acredito que o Brasil tem espaço para desenvolver e ter mais pesquisa e desenvolvimento. Mas, nessa questão de biotecnologia industrial, acredito que o Brasil tem sim vários grupos de pesquisa sobre”* (Entrevistado 33, agente de indústria).

“Biomassa” contém outro grupo de palavras entre as mais citadas. Este grupo poderia ser complementado com muitos outros presentes na Figura 2 como “resíduos”, “matérias”, “culturas”, “agricultura” e as biomassas já exemplificadas, como “cana” e “soja”. O surgimento dessas palavras com elevada frequência é esperado uma vez que a biomassa é a base da bioeconomia e estruturante dos setores industriais.

As referências à biomassa perpassam distintos temas. Parte deles exaltam a competitividade de culturas estabelecidas e como elas apresentam um diferencial para expandir o processamento da biomassa e ampliar o escopo de bioprodutos. Por exemplo, o Entrevistado 33, agente de um centro de pesquisa internacional, comenta que, em sua experiência no exterior ele trabalhou em *“um projeto com o pessoal de papel e celulose e a visão que o pessoal tem do Brasil é impressionante. ... Eles têm muita apreciação, respeito e reconhecem essa capacidade e até agradecem ao Brasil andar lento no desenvolvimento tecnológico”*

Sobre a cana-de-açúcar as citações foram amplas e focavam na longa tradição da produção e da sua relação com a produção de biocombustíveis.

*“O usineiro é tradicionalmente conservador (300 anos). Gilberto Freyre escreveu a Cana-de-Açúcar. Mas as coisas estão mudando pois há investidores institucionais pesados Raízen se associou com a Biosev (ainda é um mercado pouco concentrado). Essa consolidação está ocorrendo. A cana cresceu em SP por conjunção de fatores: necessidade de sair do café,*

*solo adequado, indústria metal mecânica e escola de **agriculturas***” (Entrevistado 7, agente da academia).

*“Tem áreas que estão devastadas que algumas variedades de bioeconomia, como a **cana** energia, poderiam ser utilizadas para melhorar as condições dessas terras devastadas. Recuperar e ainda assim ter **biomassa** para isso. Sobre esse ponto de vista não há dúvida que o Brasil é líder.”* (Entrevistado 34, agente de centro de pesquisa)

Parte significativa das citações envolvendo biomassa falam do potencial do desenvolvimento de novas culturas e das oportunidades que elas representam. Em particular, por um lado, destacam as vantagens do Brasil como disponibilidade de terras, clima favorável e biodiversidade e, por outro lado, ressaltam que há dificuldades como falta de financiamento, de políticas públicas e de pouca inserção social.

*“O Brasil tem incentivado novas cadeias? Eu vejo incipiente. Ainda existe muita atenção nos winners globais. As iniciativas para a diversificação são poucas, isoladas e definidas por iniciativas privadas. Se você pegar a cadeia de **grãos**, também tem uma limitação. Tem pequenos pontos onde há cultivos de **grãos** alternativos. Mas isso aí acaba perdendo não tem uma política nacional que olhe isso. Até a Embrapa olha para muitas coisas diferentes. Inclusive tem **pancs**, grãos diferentes. Ela olha para isso, mas a percepção é que isso não tem tanta tração. Anda de lado com menos apoio do que devia ter.* (Entrevistado 24, agente da indústria).

*“... se a gente for pegar a **macaúba**, um hectare tem um potencial de produzir 40 vezes mais óleo que a **soja**. Isso é fabuloso. Só que a macaúba é uma planta de ciclo longo. Você não tem, ou não tinha pelo menos, o desenvolvimento em termo de cultivares e de fitotecnia quanto a **soja**, tudo isso vai dificultado. Você tem uma empresa que é nossa associada inclusive, que é a Soleá. Eles desenvolveram uma start-up, o CEO da empresa é um visionário, ele começou o desenvolvimento tanto da fitotecnia da **macaúba** como fazer o melhoramento desenvolver a técnica de plantio e ele vai com a parte de extração de óleo e desenvolvimento de produtos de alto valor agregado e como transforma aquele óleo extraído em produtos de valor agregado.”* (Entrevistado 25, agente da indústria).

*“A gente tem área suficiente para alimentar uma planta exclusiva de **macaúba**? Não tem. Está começando agora a ter plantação industrial (extrativista até agora). A Embrapa estuda sistema de produção da **macaúba** de irrigação, genótipo... A gente acredita muito na **macaúba**. Para o setor investir em uma planta específica de macaúba, precisa ter muita **macaúba**. Precisa alguém apostar. ... . Ainda não dá para plantar (são três, quatro anos para começar a produzir). É um investimento que você vai deixar seu dinheiro parado ali. Há estudo*

que buscam fazer consorciamento da cultura até ela chegar em uma idade produtiva. consorciar com pasto ou alguma outra cultura, feijão ou algo assim. Há experimentos no Nordeste. Cada oleaginosa tem problema específico e desafios particulares.”( Entrevistado 13, agente de centro de pesquisa).

“Temos a evidência do potencial falta aquele plano mais agressivo, uma missão mesmo. ‘eu quero ser o maior produtor de óleo de palma do mundo até 2050’ vamos plantar 10 milhões de hectares nos próximos 20 anos. A macaúba começa a explorar depois de 10 - 20 anos (ela gera fruto até 90 anos). Planta a macaúba, não precisa tirar seu gado. Tem coisas que não precisa ser tão radical. Pode fazer uma transição inteligente e que consiga agregar valor. Acima de tudo, a questão da bioeconomia é agregar valor localmente. Temos que mudar o paradigma de exportador de commodities.” (Entrevistado 16, agente de governo)

“Processos”, “Plantas” e “Biorrefinarias” são grupos de palavras que foram utilizadas com foco na parte de processamento da biomassa a implantação de unidades industriais. Entre os entrevistados, pareceu haver uma tendência de considerar a biorrefinaria como algo a mais do que uma simples unidade processadora de biomassa e produtora de bioprodutos ou como algo inserido em um contexto maior de biomanufatura.

O entrevistado 17, agente de centro de pesquisa, por exemplo, considera a biorrefinaria como apenas um elemento a ser considerado no processamento da biomassa e relacionado a grandes escalas. Ele diz: “Quando você pensa em **biorrefinaria**, pensa primeiro no setor sucroenergético e depois pensa em papel e celulose. ... O etanol se sobressai porque o agro é muito forte. Então, esse discurso de **biorrefinaria** domina. Toda vez que você tenta discutir **biomanufatura** industrial com quem só entende de **biorrefinaria** ele só pensa no etanol e vai quebrar o discurso em matéria-prima, pré-tratamento, hidrólise fermentação e produto. Pelo amor de deus, não é isso. A **biomanufatura** é muito mais abrangente. A **biorrefinaria** também faz parte de uma **biomanufatura**”

Já o entrevistado 5, agente de indústria, olha a **biorrefinaria** como uma evolução das usinas tradicionais de etanol. “No futuro, a chance de haver melhoramento tecnológico das usinas e transformá-las em **biorrefinarias** existe se houver novas empresas entrando no setor com o etanol de segunda geração e buscando parceria com a primeira geração”. Ainda, ele complementa: “pode ser que as biorrefinarias não sejam grandes refinarias. Mas sim pequenas refinarias descentralizadas.”

Na mesma linha, o entrevistado 16, agente de governo, considera que a atual indústria de etanol e de grãos pode contribuir para o avanço do que ele chamou de biorrefinarias avançadas, mais intensivas em conhecimentos. “A gente tem essa indústria do açúcar e do

etanol. A gente tem a indústria dos grãos. A gente tem competência para poder ser realmente um grande player na questão das **biorrefinarias**. Nesse contexto, a gente traz a questão das **biorrefinarias avançadas**”

Nas entrevistas com agentes que atuam com produtos da biodiversidade, eles apresentam um modelo de produção que se distancia do modelo de evolução da usina de etanol. O entrevistado 24, agente de indústria, ao comentar do processo produtivo de sua empresa diz: “Existem tecnologias disponíveis e equipamentos disponíveis, há tecnologias mais sofisticadas pelo mundo. Mas você pode fazer **processos de extração**, são sempre **processo de extração**. O nosso negócio é usar o que a natureza tem. A gente não faz a **biotransformação**.”. Continua: “a gente hoje está expandindo para uma fábrica nova que tem uma capacidade de processamento de material de 5 a 8 vezes maior que a atual. Mas elas fazem a mesma coisa, são operações de extração, de separação, de refino e mistura e composições, ponto. A unidade **multipropósito**, as tecnologias são desenvolvidas pensando na unidade que a gente tem.”

Faz então sentido pensar biomanufatura como um escopo amplo de possibilidades produtivas para a bioeconomia. Onde as diferenças de matérias-primas, regionais e regulatórias determinarão o modelo ótimo de produção.

O exercício realizado com a árvore de palavras revela de forma geral e rápida os principais temas sobre a bioeconomia considerados pelos agentes envolvidos. Porém não revela se há ainda convergência ou divergências entre os diferentes setores avaliados e nem possibilita uma avaliação de como os principais temas estão relacionados.

#### 4.4.2 Avaliação temática: principais temas sobre a bioeconomia identificados nas entrevistas

Ao todo foram identificados quatro grandes temas durante as entrevistas (Tabela 77). Esses temas serão detalhados nas subseções seguintes, todavia, é interessante identificar como os diferentes perfis de entrevistados lidaram com cada uma dessas áreas.

	Academia	Centro de pesquisa	Governo	Indústria	ONG
Definições de bioeconomia	11	12	15	35	15
Desenvolvimento socioeconômico e ambiental	35	70	62	147	10
Mudança de paradigmas e revolução tecnológica	65	79	52	80	14
Processo de inovação e tecnologias	63	141	94	181	62

**Tabela 7- Matriz de codificação segundo grandes temas e setores entrevistados**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

O primeiro grande tema identificado é o de “Definições de bioeconomia” onde os entrevistados apresentavam suas definições claras de bioeconomia ou identificavam elementos essenciais que devem existir no processo de produção e de inovação para que este se enquadre na bioeconomia. Identifica-se que, dentre os entrevistados, há grande aderência com as visões de bioeconomia apresentadas nas seções 4.2 e 4.3 deste capítulo.

Importante a definição de bioeconomia é vista pelos entrevistados como algo imprescindível para criação de políticas voltadas ao desenvolvimento tecnológico e para definição de metas para evoluir dentro do que pode ser considerado uma bioeconomia.

O tema de “processos de inovação e tecnologias” é o que mais gerou codificações uma vez que grande parte dos entrevistados apresentou experiências envolvidas com o desenvolvimento de tecnologias específicas. Ainda, número relevante de entrevistados destacou às dificuldades de “*scale-up*” de novas tecnologias. Os entrevistados focaram em apresentar desafios que precisam ser superados para avançar das escalas piloto para escalas comerciais.

“Mudança de paradigmas e revolução tecnológica” esteve presente na fala de diversos entrevistados. Eles apontaram as rupturas que o avanço da bioeconomia representa em relação ao atual modelo econômico. Em geral, comentaram as características distintas entre operar com a biomassa e operar com os insumos fósseis. Os impactos do avanço das trajetórias da biotecnologia e da indústria 4.0 nos processos produtivos e nos modelos de negócios também foram abordados com frequência.

Por fim, “Desenvolvimento socioeconômico e ambiental” apareceu como o resultado esperado da construção de uma bioeconomia. Sobre este tema, os entrevistados apresentavam suas considerações sobre quais mecanismos políticos necessários para incentivar a bioeconomia e o papel do Estado. A bioeconomia como oportunidade de realizar uma industrialização ampla, que desenvolvesse inovações em solo brasileiro e que gerasse melhorias na qualidade de vida das populações, também foi muito abordada.

A Tabela 7 apresenta uma matriz de codificação que mostra a relevância que cada grupo de agentes entrevistados deu para as diferentes grandes áreas temáticas. Basicamente, ela revela a quantidade de vezes que determinado tema foi citado pelos entrevistados de cada grupo. Por exemplo, os entrevistados da Indústria fizeram referência a “processos de inovação e tecnologias” 181 vezes. Cada um dos grandes temas será desmembrado a seguir com uma avaliação de como cada um dos setores tratou cada um dos temas.

#### 4.4.2.1 Definições de bioeconomia

Como apresentado, em “Definições de bioeconomia” os entrevistados definiram a bioeconomia ou comentaram algum princípio necessário para caracterizar modelos produtivos como pertencentes à bioeconomia. Ao todo, foram identificados três subtemas: “baseado em biomassa”, “Sustentabilidade presente” e “bioeconomia moderna”. Os dois primeiros estão alinhados com as visões de bioeconomia baseada em biomassa e visão ecológica discutidas anteriormente no capítulo. O terceiro dialoga com as visões baseadas em biomassa, todavia, restringe a bioeconomia a segmentos intensivos em conhecimento e deixa clara a diferença entre um processamento de biomassa, com a utilização de tecnologias de primeira geração, por exemplo, e uma produção avançada, com uso intenso de biotecnologia e outras tecnologias avançadas.

A visão da biotecnologia apresentada na subseção 4.1 também esteve presente durante as entrevistas, mas as citações referentes à biotecnologia foram codificadas em outros nós, principalmente no tema sobre “Processos de inovação e tecnologias”. Na Tabela 8 observa-se como cada um dos setores citaram os subtemas.

	Academia	Centro de pesquisa	Governo	Indústria	ONG
Baseada em biomassa	4	6	4	23	5
Bioeconomia moderna	3	2	6	4	0
Sustentabilidade presente	4	4	5	8	10

**Tabela 8- Matriz de codificação do tema “definições de bioeconomia”**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

A indústria foi a que apresentou maior diferença entre os subtemas ao possuir 23 codificações em “baseado em biomassa” e 4 e 8 codificações em bioeconomia moderna e sustentabilidade presente, respectivamente. Pelo menos dois fatores comuns entre os entrevistados da indústria justificam o padrão observado.

O primeiro é a identificação da relevância da agricultura brasileira e dos setores processadores de biomassa, como setor de etanol, da cadeia da soja e de papel e celulose, para a bioeconomia. Em geral, os entrevistados consideram que estes setores atingiram elevadas capacidades tecnológicas e apresentam grande oportunidades de diversificação no desenvolvimento de bioprodutos.

Interessante que essa visão é a mais comum quando se considera os agentes da academia e dos centros de pesquisa em conjunto. Esses agentes estão intimamente relacionados com as indústrias estabelecidas uma vez que compõem parte do sistema de inovação desses setores.

Consideram os setores tradicionais como elementos chave para a construção da bioeconomia uma vez que desenvolveram cadeias eficientes de disponibilidade de biomassa.

Bioeconomia moderna considera que indústrias tradicionais podem se enquadrar na bioeconomia desde que incorporem tecnologias inovadoras em seus processos e no desenvolvimento de novas cadeias de abastecimento. Diferente na visão baseada em biomassa, não há na bioeconomia, a possibilidade de coexistência de produção tradicionais com as avançadas é, portanto, uma visão mais restrita.

A maior codificação deste tema pelos agentes de governo deve-se ao foco em desenvolvimento tecnológico que os agentes possuem. Muitos dos entrevistados atuam em agências de fomento que, por contarem com recursos limitados, focam no desenvolvimento de setores mais dinâmicos.

Por fim, “sustentabilidade presente” foi destaque nos entrevistados de ONGs que, em muitos casos, consideram que a bioeconomia representa uma mudança social mais ampla. Com a valorização mais forte das comunidades locais e preservação no estilo de vida mais integrado com o ambiente. Na lógica da visão bioecológica, é imprescindível buscar equilíbrio entre o que a natureza oferece que o que a comunidade pode absorver.

A “sustentabilidade presente” também foi relacionada com outras formas de produção tanto por agentes das ONGs, quanto agentes de outras áreas. A bioeconomia, segundo alguns entrevistados, precisa ser necessariamente sustentável e, por isso, é importante a existência de mecanismos que possibilite a avaliação da sustentabilidade.

#### 4.4.2.2 Processos de inovação e tecnologias

Este foi o tema mais codificado pelos agentes o que vai de acordo com a CGEE (2022) que, ao avaliar as publicações científicas feitas no Brasil, constatou que a maior parte focava em descrever novas tecnologias e processos tecnológicos em setores envolvidos com a bioeconomia, principalmente setores tradicionais. A Tabela 9 apresenta a matriz de codificação de “Processos de inovação e tecnologias”.

	Academia	Centro de pesquisa	Governo	Indústria	ONG
Biorrefinaria	9	26	10	18	1
Ecossistema	3	10	1	27	3
Ir além dos produtos	1	1	1	5	20
Mercado de nicho	3	8	6	20	8
Hub tecnológico	10	17	9	14	0
Inovação	12	22	8	25	11
Modelo de negócio	2	2	0	5	0
Multidisciplinaridade	2	7	4	3	0

Biodiversidade	8	16	16	19	6
Criar disponibilidade de biomassa	9	23	37	35	10
Particularidades da biomassa e microrganismos	5	9	2	12	3

**Tabela 9- Matriz de codificação do tema “Processos de inovação e tecnologias”**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

O nó mais citado entre os agentes foi o de “criação de disponibilidade de biomassa” uma vez que os agentes identificam este tema como o maior desafio para a construção da bioeconomia. Criar disponibilidade é entendido como o desenvolvimento de cadeias de abastecimento eficientes, que envolva não só a produção de biomassa, mas também a criação de cadeia logística.

Os entrevistados de todos os setores identificam que há no Brasil grandes oportunidades de desenvolvimento de novas culturas, como babaçu e macaúba, todavia, compreendem que a criação da cadeia de abastecimento eficiente de uma nova biomassa envolve muita pesquisa e desenvolvimento assim como tempo para avançar com a escala produtiva. Consideram como um processo tão inovador como o desenvolvimento de novas tecnologias de processamento.

“Biorrefinarias”, para entrevistados da academia e de centros de pesquisa, ainda aparece como um conceito em aberto que precisa de validação. Mas, apesar de não existir uma definição estabelecida do termo, conceitos presentes na literatura sobre bioeconomia, como simbiose industrial e uso integral da biomassa, estavam presentes nas falas. Revela-se assim, que esses agentes compreendem a biorrefinaria não apenas como oposta à refinaria tradicional, mas como um locus de produção e de interação de diferentes players

Outro tema referente às biorrefinarias é o relacionado a flexibilização, isto é, como a produção pode ser adequada às variações de qualidade da biomassa e a sazonalidade de grande parte das fontes de matérias-primas. Essa discussão é relevante quando se considera uma maior penetração dos bioprodutos e a maior substituição de fósseis. Este último com a característica de ter grande disponibilidade, estocabilidade e fonte de matérias-primas relativamente homogênea.

Sobre lidar com as características da biomassa, os entrevistados comentam sobre a simbiose industrial como possibilidade de utilização dos fluxos residuais por diferentes empresas e, portanto, utilização de diferentes tecnologias e conhecimentos. Outros discutem sobre avanço de tecnologias mais flexíveis e a dificuldade de processamento de diferentes matérias-primas.

“Ecosistema” trata de posicionamento dos agentes em elos da cadeia, isto é, a relação entre fornecedores de insumos, desenvolvedores de tecnologias, produtores de biomassa e



produtores de bioprodutos. As empresas que focam em processos mais inovadores, como a exploração de produtos da biodiversidade, concentram-se no processo de extração e criação da cadeia de abastecimento e divulgação dos produtos.

Dentro do setor Indústria, ecossistema foi o segundo nó mais codificado. Os agentes comentaram sobre as dificuldades de criar laços com fornecedores de matérias-primas, principalmente quando se tratava do fornecimento de produtos extrativistas da biodiversidade. Destacaram a falta de gestão profissional, as incertezas regulatórias e irregularidade no fornecimento como barreiras para a criação de relações duradouras.

Em “mercado de nicho” foi consenso entre todas as áreas que há a necessidade do desenvolvimento de novos bioprodutos que apresentem diferenciação, valor agregado e que possam atender mercados de nicho. Muito foi discutido da rastreabilidade dos bioprodutos, para que os consumidores identifiquem diferenciação na origem da biomassa. Todavia, parte significativa dos entrevistados comentou sobre a necessidade de desenvolvimento de bioprodutos que apresentem qualidades únicas e possam substituir os produtos de origem fóssil apresentando novas e melhores funcionalidades.

Ir “além dos produtos” teve destaque nas falas dos entrevistados de ONGs que consideram que a produção de bioprodutos é uma parte da bioeconomia e, nem sempre a mais relevante. Para eles, é preciso que serviços ecossistêmicos sejam reconhecidos e valorizados. Além disso, consideram como essencial a preservação e valorização dos conhecimentos locais que apresentam modelos de produção que convivem com o meio ambiente, que são fonte de conhecimentos para inovações e podem gerar diferenciação no produto.

“Biodiversidade” foi apresentada como um diferencial brasileiro uma vez que o Brasil é considerado o país com maior biodiversidade terrestre. O tema não foi discutido de forma similar entre os agentes. Dentro da indústria e dos centros de pesquisa, as principais questões levantadas foram a dificuldade na realização de pesquisas e na exploração comercial dos produtos da biodiversidade em função de riscos regulatórios e dificuldade de acesso às matérias-primas. Outros pontos destacados foram o desenvolvimento de plantas multipropósitos adaptadas aos produtos da biodiversidade e a necessidade de P&D para a busca de aplicações com os compostos extraídos da biodiversidade. Já o governo e as ONGs identificam a biodiversidade como possibilidade criação de cadeias extrativistas e maior possibilidade de desenvolvimento local.

Biodiversidade molecular foi citada algumas vezes entre os entrevistados de centros de pesquisa. Este tema foi apresentado como promissor para o desenvolvimento de novos processos industriais biológicos. Argumentam que é possível encontrar soluções eficientes para

novos processos produtivos com o que a natureza oferece. Todavia, destacam que essa área é negligenciada por órgãos públicos e privados.

“Hub tecnológico” relaciona-se como o conceito de inovação aberta, isto é, o processo de inovação acontecendo de forma coordenada entre agentes da cadeia produtiva e, inclusive, entre empresas competidoras. Agentes, principalmente dos centros de pesquisa, argumentam que há pouca interação entre as empresas e os centros e que, geralmente, eles são procurados para apresentar soluções pontuais. A exceção é para inovação envolvendo novas variedades de vegetais de culturas estabelecidas, que parece haver forte interação entre empresas e centros de pesquisa.

Muitos dos entrevistados da academia e da indústria citaram casos bem-sucedidos de processo de inovação de variedades de biomassa, principalmente do eucalipto, que contou com a atuação conjunta de indústria, academia e centros de pesquisa.

O segundo nó mais codificado foi o de “inovação”, que consideram a percepção das entrevistas em relação ao processo de inovação. Neste nó, os entrevistados comentavam geralmente as dificuldades de realizar o processo de inovação no Brasil. O mais destacado foi a dificuldade de dar escala com o uso de novas matérias-primas e novas tecnologias de processamento.

Parece haver consenso entre as áreas que, na base, há dificuldade de acesso à informação sobre os produtos da biodiversidade e processos biológicos, ou seja, falta o básico para inovar nessas áreas. Para o ganho de escala, argumentam que os riscos são muito grandes e há pouco investimento em plantas de demonstração.

“Multidisciplinaridade” foi apontada pelos entrevistados como uma condição necessária aos profissionais da bioeconomia. A bioeconomia requer profissionais que consigam dialogar entre as fases de pesquisa mais básicas e as áreas de engenharia. A ideia é que os pesquisadores precisam sair dos laboratórios e atuar com maiores escalas, seja aplicando os novos processos, seja coordenando equipes e/ou se relacionando com parceiros e fornecedores.

A bioeconomia também foi entendida como multidisciplinar, envolvendo a utilização de diversas áreas do conhecimento, como agronomia, biologia, ecologia, química, engenharias etc. Portanto, para melhor compreensão da oferta eficiente de biomassa e a utilização de tecnologias adequadas à diversidade de biomassas é capacidade de diálogo com profissionais de distintas áreas. Os entrevistados destacam como importante a existência de cursos multidisciplinares nas universidades.

No nó “Modelos de negócios”, os entrevistados relacionam sobre como deve ser o posicionamento das empresas na bioeconomia e como elas devem capturar valor. Dentro da

indústria, os entrevistados exemplificaram como atuam e como criam a percepção de diferenciação do seu produto. Em geral, as empresas que atuam com produtos da biodiversidade relacionam seu produto com sustentabilidade ambiental e social e acessam mercados de nicho que valorizam essas qualidades. Patentes foram identificadas como importantes para o processo de apropriação dos ganhos da inovação, porém, muitas das empresas não fazem patentes pois já possuem modelos e relações com fornecedores de difícil imitação.

Por fim, “Particularidades da biomassa” possui codificações onde os entrevistados deixam claro que a biomassa possui particularidades que necessitam de soluções personalizadas. Consideram a biomassa como estruturante pois suas particularidades definem a melhor forma de logística e as melhores tecnologias de produção.

#### 4.4.2.3 Desenvolvimento socioeconômico e ambiental

Para muitos dos entrevistados a bioeconomia foi tratada como uma oportunidade de desenvolvimento econômico para o Brasil. Em especial, a possibilidade de realizar uma ampla industrialização a partir do processamento da biomassa foi destacada como o principal benefício econômico da bioeconomia ao país.

	Academia	Centro de pesquisa	Governo	Indústria	ONG
Catching-up	16	23	18	40	3
Estruturas complementares	7	21	14	54	3
Falhas de mercado	8	24	27	44	4
Inserção social	4	2	3	9	0

**Tabela 10- Matriz de codificação do tema “Desenvolvimento socioeconômico e ambiental”**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

A Tabela 10 mostra as codificações dos entrevistados em quatro subtemas. O “*catching-up*” foi relacionado com a possibilidade de industrialização a partir do aproveitamento da biomassa. Entre os entrevistados, agregar valor à biomassa, o surgimento de serviços complementares e o encadeamento produtivo foram identificados como benefícios que a bioeconomia provê. Em específico, para Centros de pesquisa e indústria, o desenvolvimento a partir da biomassa foi confrontado com o desenvolvimento a partir de outras trajetórias tecnológicas, principalmente às relacionadas com tecnologias da informação.

Neste sentido, eles destacaram a possibilidade de o Brasil realizar um *path-creating*, desenvolvendo tecnologias internamente e adaptadas às características locais. Este *path-creating* é visto como benéfico pois cria uma necessidade de criação de conhecimento interno, ou seja, consideram que o aproveitamento da biomassa dentro da bioeconomia cria um desafio que só pode ser superado com novos esforços realizados internamente, próximo a origem da biomassa.

Para se alcançar o desenvolvimento a partir da bioeconomia, os entrevistados apontaram algumas “estruturas complementares” que precisam estar presentes e/ou se adaptarem à realidade da bioeconomia. Regulação ambiental foi a estrutura mais citada pois é entendida como essencial para a definição de regras que criem incentivos a adoção de melhores práticas e a busca para inovação. Outra área de discussões é a referente à regulação para o aproveitamento da biodiversidade brasileira e o quanto é necessário avançar com regulações que compreendam às especificidades locais, que não dificultem o avanço tecnológico e incluam de fato as comunidades locais.

Para agentes da indústria, financiamento para o desenvolvimento foi colocada como outra estrutura que precisa ser adaptada ao contexto da bioeconomia. Identifica-se que o setor financeiro atual não atende as necessidades de financiamento da bioeconomia que, por envolver desenvolvimento de elevado risco, não atraem o interesse de instituições financeiras tradicionais. Outro ponto é que, trabalhar com biomassa leva tempo pois é necessário aprendizado tecnológico com uso de tecnologias disruptivas e algumas das fontes de biomassa podem levar anos para se desenvolver.

Para os entrevistados, ficou claro que há a necessidade do apoio público para diluição de riscos de projetos e a atração do financiamento privado. Esse suporte é mais importante para as fases posteriores ao P&D básico, quando se busca ganhos de escala com o uso de novas matérias-primas e novas tecnologias, momento em que os investimentos se tornam mais intensivos em capital e se cria maiores laços com fornecedores. Isto é, o apoio público é imprescindível para a superação do que chama de vale da morte.

Alguns entrevistados citaram a necessidade do amadurecimento de mercados de capitais no Brasil, como o mercado de venture capital e de *private equity* pois, em geral, eles contam com a presença de investidores profissionais que entendem dos novos negócios e estão mais dispostos ao risco.

Universidades e centros de pesquisa foram indicados como essenciais à criação de conhecimentos voltados para a particularidades da biomassa. Importante que parte dos entrevistados, sobretudo de centro de pesquisa e da indústria, apontam que há dificuldades de interação entre a indústria e a academia, principalmente para o *scale-up* de novas tecnologias de processos.

Dentro de “falhas de mercado” o ponto mais discutido foi a necessidade do reconhecimento de externalidades, sejam as positivas, que reconheçam os benefícios dos bioprodutos e bioprocessos, sejam as negativas, que penalizem os produtos fósseis. Esse

reconhecimento é essencial para que as novas tecnologias e produtos sejam competitivos frente aos fósseis e que eles possam percorrer a curva de aprendizado.

Mercado de carbono é um instrumento que parte das externalidades ambientais dos bioprodutos ao valorizar sua menor pegada de carbono. Esse instrumento foi mais discutido por ser um instrumento transversal, que atende diversos setores ao mesmo tempo.

“Inserção social” traz o tema de que a bioeconomia deve também gerar benefícios sociais e inseri nas cadeias produtivas pequenos produtores agrícolas e comunidades extrativistas. Dois pontos foram mais citados, o primeiro é a possibilidade de aumento de renda com a utilização de sistemas produtivos sustentáveis, como os sistemas agroflorestais, para aumento de renda e inserção de pequenos produtores no fornecimento de produtos regionais.

Consideram que os SAFs são tecnologias que podem revolucionar a forma de produzir biomassa pois trata-se de uma produção regenerativa que exige grande capacitação dos produtores e que aumenta a oferta de produtos da biodiversidade, necessários para produção de bioprodutos de alto valor.

O segundo ponto foi sobre cooperativas e como elas são importantes para profissionalização da oferta de biomassa, disseminação rápida de novos conhecimentos, aumento do poder de barganha dos produtores agrícolas e extrativistas.

#### 4.4.2.4 Mudança de paradigma e revolução tecnológica

Mudança de paradigma apresenta rupturas de caráter estrutural entre a bioeconomia e a economia baseada em recursos fósseis. Na fala de grande parte dos entrevistados, a bioeconomia era apresentada como uma forma de construção de uma economia de baixo carbono e a solução para o agravamento dos problemas climáticos e até de recuperação do que já foi degradado.

	Academia	Centro de pesquisa	Governo	Indústria	EONG
Mudança de paradigma	31	35	33	44	8
Revolução tecnológica	34	44	19	36	6

**Tabela 11- Matriz de codificação do tema “Mudança de paradigma e revolução tecnológica”**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

Os entrevistados apontaram que uma das diferenças da bioeconomia é o seu caráter circular. Este ponto é interessante pois gera certo conflito entre as diferentes áreas entrevistadas. Para a academia, a economia circular é uma condição necessária para que haja bioeconomia. Há foco para a necessidade do uso integral da biomassa, uso da biomassa para bioprodutos de maior valor e agricultura orgânica e regenerativa.

Nesta lógica, produções relacionadas com monoculturas e com foco na produção de bioenergia não se enquadram na economia circular. Porém, uso de novas tecnologias, como as tecnologias de segunda geração e maior uso de biotecnologia é considerada como uma forma de caminhar para bioeconomia.

Uma das rupturas mais destacadas pelos entrevistados é a regionalização produtiva que consiste em realizar o processamento da biomassa próximo às fontes de matérias-primas. Tal característica implica em maior adaptação das tecnologias ao contexto local assim como menores escalas produtivas. Regionalização produtiva exige a prospecção de muitos conhecimentos sobre a biodiversidade regional e às características da região de produção. Este ponto foi considerado como um dos grandes gargalos para a bioeconomia no Brasil, principalmente quando se considera a criação de novas cadeias de biomassa.

Tanto a biotecnologia quanto a indústria 4.0 foram consideradas revoluções tecnológicas no sentido descrito por Perez (2015). Elas são trajetórias tecnológicas que ao evoluírem impactam nos diversos setores estabelecidos, o que exige adaptação por parte deles, ou possibilitam surgimento de setores completamente novos.

Entre os entrevistados, a biotecnologia é vista como uma trajetória que impacta na forma de produzir e processar a biomassa. Em especial, foi apresentado que o Brasil possui grandes competências com culturas estabelecidas, mas carece de aplicação de biotecnologia avançada em novas matérias-primas.

Em fases industriais, o uso de processos biotecnológicos é citado como um avanço em relação aos processos termoquímicos pois é poupador de energia e mais intensivo em conhecimentos. Todavia, o Brasil é apresentado como atrasado na parte de biotecnologia industrial principalmente por carecer de regulações, insumos e mão de obra qualificada.

A indústria 4.0 é outra revolução citada com frequência. Em especial, ela é identificada como importante na criação de oferta eficiente de biomassa. Diversos entrevistados destacaram o papel das novas tecnologias no ganho de produtividade de produções estabelecidas. Revelaram que o Brasil é um grande expoente da agricultura de alta precisão. Outros entrevistados comentaram que a tecnologia da informação é imprescindível para criar cadeias uma vez que possibilita melhor coordenação e facilidade de aprendizado de cooperativas, permite integrar áreas isoladas, facilita o mapeamento de fontes de matérias-primas e facilita o compartilhamento de dados e conhecimentos. A indústria 4.0 também altera a forma de comercialização dos bioprodutos ao facilitar a identificação e/ou a criação de mercados de nicho.

### 4.4.3 Conclusões

No início do capítulo, o texto de Viven et al. (2019) apresentado considera que as duas primeiras visões de bioeconomia, a visão baseada em biomassa e a visão biotecnológica, se apropriaram do termo bioeconomia, originalmente tratado por Georgescu-Roegen, e negligenciaram o aspecto fundamental de busca de equilíbrio ambiental. Para os autores, cada uma das visões possui diferentes atores que as promovem e que estão em constante disputa por maior apoio político. Bugge et al (2016) entendem essas diferenças, mas reconhecem que as visões não são excludentes. Cada uma foca em alguns aspectos, mas há sim a possibilidade de interseções.

Com base nas entrevistas com agentes atuantes no Brasil, percebe-se que há alinhamentos com as diferentes visões descritas inicialmente. Em diferentes níveis, a substituição dos fósseis está presente em todas as visões, apesar de algumas tentarem replicar o modelo linear e com grandes escalas e outras buscarem uma ruptura mais drástica em relação ao modo de produções. A biotecnologia também é elemento presente em todas as visões e é vista como um importante eixos de inovação. Todavia, para alguns dos entrevistados, há ressalvas quanto ao desenvolvimento de variedades de animais, vegetais e microrganismos geneticamente modificados.

Importante, há consenso que a “sustentabilidade” precisa estar presente para que o modo de produção praticado se enquadre na bioeconomia. Nos modelos de produção estabelecidos, em geral, ela é uma resposta às demandas de mercado que passam a exigir certificações de sustentabilidades. Para muitos dos entrevistados, dada a disponibilidade de terras e de biomas, há no Brasil a possibilidade de convívio de diversos modelos de produção.

Pelas entrevistas, parece que há a possibilidade de modelos de produção tradicionais e sistemas agroflorestais ganharem escala com difusão de tecnologias da informação, de ferramentas biotecnológicas e de tecnologias agrícolas (manejo, por exemplo). Por outro lado, grandes produções agrícolas ou pecuárias, podem avançar para uma agricultura orgânica, com uso de biofertilizantes e outros modelos de recuperação de solos. Ao mesmo tempo, modelos de produção mais intensivos, como integração lavoura pecuária floresta (ILPF), mostram-se cada vez mais como uma opção de alcançar sustentabilidade.

Biocombustíveis foram entendidos como essenciais para a realização da transição energética uma vez que, com a biomassa, é possível gerar energia para setores de difícil descarbonização e gerar bioquímicos e biomateriais, necessários para reduzir a dependência da petroquímica e, conseqüentemente, a dependência de fóssil.

**Baseada nas entrevistas, esta tese define a bioeconomia como o conjunto de setores relacionados à produção de biomassa e seu uso como matéria-prima para a geração de ampla gama de bioprodutos como alimentos, rações, energéticos, biomateriais e bioquímicos. Porém, apenas considera inseridos na bioeconomia aqueles setores com produção sustentável, que não ameaça o meio ambiente, protege a qualidade dos alimentos e valoriza a biodiversidade.**

Esta definição revela que há entre os agentes um maior alinhamento com a visão baseada em biomassa. Contudo entende-se que diferente dos tradicionais setores que atualmente exploram a biomassa, como os de biocombustíveis, de papel e celulose e da agricultura, na bioeconomia não pode restar dúvidas quanto o compromisso com a sustentabilidade e há a necessidade de intensa pesquisa para a criação de soluções que gerem empregos, valorizem as especificidades locais e criem encadeamentos produtivos em outros setores.



## **5 NÍVEL DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA BIOECONOMIA BRASILEIRA**

### **5.1 Introdução**

Este capítulo tem como objetivo apresentar o nível de capacidades tecnológicas do Brasil dentro da bioeconomia como definida no Capítulo 4. Para tanto, utilizado o quadro analítico apresentado no capítulo 3, a tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia (Tabela 3), e a realização de entrevistas com diferentes profissionais que atuam na bioeconomia brasileira. A metodologia de realização das entrevistas e a forma como a tabela foi aplicada encontram-se detalhadas também no capítulo 3.

Neste capítulo, duas análises foram realizadas. A primeira avalia o volume de citações para cada nível de capacidade tecnológicas e para cada função da bioeconomia. Assim, é possível identificar quais os principais tópicos tratados sobre o desenvolvimento tecnológico na bioeconomia brasileira e como os diferentes grupos de entrevistados estão tratando esses temas. Esse olhar, segregando pelos diferentes grupos, possibilita ver se há coesão, divergências ou complementaridade entre os agentes dos diferentes setores quanto às capacidades tecnológicas para a bioeconomia.

O segundo estudo é a identificação da existência ou não de capacidades tecnológicas nas diferentes funções da bioeconomia e como o Brasil está posicionado para se desenvolver tecnologicamente com base na construção da bioeconomia. Nesta etapa, por meio de avaliação qualitativa realizada para cada célula da tabela de capacidades tecnológicas da bioeconomia, é avaliado se as capacidades tecnológicas estão estabelecidas, parcialmente estabelecidas ou não estabelecidas.

O presente capítulo define qual o ponto de partida para uma possível estratégia de desenvolvimento tecnológico no Brasil ao identificar as capacidades tecnológicas que precisam ser construídas. Em especial, é possível detectar se o desenvolvimento tecnológico requer uma trajetória de *path-creating*, com base na construção de conhecimentos e capacidades únicas e específicas ao contexto brasileiro, e/ou uma trajetória de *catching-up* tradicional, com apoio e assimilação de conhecimentos e capacidades internacionais.

### **5.2 Percepção das capacidades tecnológicas segundo os diferentes setores**

#### **5.2.1 Percepção geral sobre as capacidades tecnológicas da bioeconomia**

A Tabela 12 contém a matriz de codificação para os diferentes níveis de capacidades tecnológicas e para as diferentes funções da bioeconomia. Cada célula da tabela apresenta o somatório das citações feitas pelos entrevistados em cada uma das capacidades tecnológicas presentes na tabela de capacidades tecnológicas (Tabela 3). Ao todo foram feitas 1100 codificações, ou seja, em todas as entrevistas, 1100 passagens foram destacadas e relacionadas a um elemento da Tabela 3.

	Matérias-primas					
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade	Biomanufatura	Bioprodutos	Sistêmicas
Avançadas	58	13	20	91	37	53
Intermediárias	47	72	44	69	68	159
Básicas	54	59	54	40	62	100

**Tabela 12- Número de citações por função da bioeconomia e por nível de capacidade tecnológica**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

Na Tabela 12, a função sistêmica foi a mais codificada. Os entrevistados identificam como essencial ao desenvolvimento tecnológico a existência de um ambiente que possibilite pesquisa aplicada, envolvendo todos os elos das cadeias produtivas. Por pesquisa aplicada entende-se pesquisa com plantas piloto e plantas demonstração até o estabelecimento de plantas pioneiras.

Estes são estágios importantes pois, para a construção de novas cadeias de fornecimento de matérias-primas, para a adaptação ou invenção de equipamentos e para a busca de novos mercados, o *scale-up* de tecnologias por meio plantas piloto e demonstração é essencial para simular a produção em maiores escalas e começar o desenvolvimento de relações entre agentes nos diferentes elos da cadeia.

Pesquisas com plantas piloto e plantas demonstração exigem esforços conjuntos e coordenados de diferentes players em diferentes elos da cadeia. Não por outro motivo, os entrevistados deram grande relevância à necessidade da compreensão de inovação aberta. Ou seja, a percepção que as capacidades e os recursos necessários para inovar encontram-se além da fronteira de uma empresa ou centro de pesquisa individual, mas sim em diversos agentes com competências distintas. No caso da bioeconomia, essa busca de complementaridade exige

conhecimentos distintos existentes entre fases de oferta de matérias-primas e as fases industriais.

Outro tema de destaque nas capacidades sistêmicas considerado pelos atores é a necessidade de uma governança que incentive na determinação de rotas tecnológicas dentro da bioeconomia. A atuação de grandes players foi citada como uma forma de governança que dita alguns caminhos a seguir. Todavia, a maioria dos entrevistados creditaram ao Estado a função de criar uma estratégia nacional para a bioeconomia.

Biomanufatura foi a segunda função mais citada pois os entrevistados deram muito peso à biotecnologia industrial e à necessidade de pesquisa avançada em biotecnologia sintética. Consideram as capacidades nesses temas como importantes tanto para o desenvolvimento de bioprocessos como para o desenvolvimento de bioprodutos.

Nos discursos sobre biotecnologia industrial e biotecnologia sintética ocorreram comparações com outros países. Os entrevistados deixaram claro que há um *gap* na área de biotecnologia industrial e que há referências mundiais que devem ser seguidas pelo Brasil. Também deixaram claro a importância de internalizar essas competências para a geração de bioinsumos que atendam as condições locais.

Outro ponto citado pelos entrevistados foi a construção do conceito de biorrefinaria. Os entrevistados comentaram sobre a necessidade de flexibilidade tecnológica para o uso de diferentes matérias-primas, porém destacaram que há barreiras econômicas para utilização de diferentes rotas tecnológicas em uma mesma planta e há desafios para atuar em mercados distintos. Inovações organizacionais, que envolvam o conceito de simbiose industrial foram apresentadas como soluções para o estabelecimento de biorrefinarias. Mas, pelas entrevistas, este conceito ainda não é disseminado e carece de boas referências.

Nesta linha, diversos entrevistados apresentaram sua ideia de biorrefinaria, comentando que há a necessidade de fugir na visão tradicional de uma usina de etanol que diversifica sua produção e/ou passa a processar mais resíduos. Esta, para parte dos entrevistados é apenas uma possibilidade de biomanufatura. Para produtos da biodiversidade, por exemplo, parte relevante dos entrevistados consideram que o modelo será de plantas multipropósitos, que se adaptam para operar com diferentes matérias-primas. São plantas flexíveis, mas que não operam em largas escalas. São voltadas para a extração de compostos de valor, como óleos.

Bioprodutos foi a terceira função mais citada pelos entrevistados. O ponto mais relevante parece ser a valorização dos atributos ambientais dos bioprodutos e dos processos da bioeconomia. A maior parte dos entrevistados opõem a bioeconomia à economia baseada em fóssil e veem os biocombustíveis e biomateriais como essenciais para a transição energética.

Por isso, os entrevistados consideram que a valorização dos atributos ambientais, principalmente numa lógica de redução da pegada de carbono, deve existir para que produtos que ainda não possuem escala e competitividade possam ganhar mercado.

A segmentação de mercados, ou seja, a capacidade de atender mercados de nicho, apresenta-se como relevante para gerar maior valor agregado aos produtos derivado da biomassa e, ao mesmo tempo, permitir a viabilidade das biomanufaturas. Diversos entrevistados que atuam com produção de bioprodutos derivados da biodiversidade comentaram sobre seus processos de acesso a mercados de especialidades, detalhando as rotinas e os esforços utilizados.

Caso fosse considerada em conjunto, matérias-primas teria sido a função com mais citações, todavia, nesta tese, as matérias-primas foram segmentadas em três subfunções para atender especificidades de processos de inovação distintos. Em “Produção sustentável e meio ambiente”, os agentes identificam dois sentidos de evolução. O primeiro é caminhar para uma oferta de biomassa poupadora de terras, ou seja, com maior produtividade. A engenharia genética e o uso de tecnologias da informação foram identificados como indispensáveis para esses objetivos.

O segundo sentido é caminhar para uma agricultura mais orgânica para o uso de técnicas de consorciamento que auxiliam na recuperação de solos e em maior resistência a estresses hídricos. Foi elevado o número de citações envolvendo a construção de novos modelos de produção que integrem pecuária, lavoura e floresta. Estes modelos foram considerados ainda não estabelecidos. Necessitam de adaptação às diferentes regiões e aprimoramento de equipamentos, mas, segundo os entrevistados, possuem participação crescente

Sobre regulação ambiental e compensação de serviços ambientais, os entrevistados consideram que são condições necessárias para a oferta sustentável de biomassa. A regulação precisa ser adaptada e evoluir de acordo com as inovações que envolvem a produção de biomassa. Necessita de recursos humanos e tecnológicos para conseguir atender de forma eficiente a fiscalização e para criar regras efetivas.

Na função “Novas culturas e resíduos”, o principal tema abordado entre os agentes é como dar viabilidade e escala para culturas regionais. Diversas experiências com o desenvolvimento de culturas locais foram citadas, com destaque para a macaúba. Dentre as principais citações, destacam-se as que apresentam os desafios de dar escala a essas culturas, pois não representam mercado relevante para grandes empresas, e as que destacam a atuação da Embrapa como principal fonte de pesquisa nessa área.

Na função “biodiversidade”, o ponto mais comentado foi sobre construção de cadeias de produto da biodiversidade que insiram comunidades regionais e agricultura familiar no processo de produção. Apesar de ser vista aqui como um instrumento de desenvolvimento social e regional, com a inserção das comunidades, ficou claro que se almejam progressos tecnológicos com inserção de tecnologias da informação e melhor aproveitamento dos compostos bioquímicos dos produtos da biodiversidade.

Para os entrevistados, trabalhar com a biodiversidade não deve ser vista como ação comunitária, mas sim uma real inserção na cadeia de valor, onde comunidades coletoras e produtoras identifiquem vantagens econômicas e busquem desenvolver novos negócios.

A necessidade de base de informação sobre a biodiversidade, incluindo a biodiversidade molecular, foi um dos tópicos mais debatidos entre os entrevistados. Para muitos, não adianta buscar o desenvolvimento se não existir o básico, uma base de dados consolidada com informações sobre a biodiversidade e potenciais usos.

Importante sublinhar que as subfunções de matérias-primas não devem ser vistas de formas isoladas. A bioeconomia comporta diferentes tipos de produção e todas elas podem e devem evoluir no sentido de ganhar maior sustentabilidade, maior competitividade e maior inserção social. A subfunção “produção sustentável”, por exemplo, não se limita a produções agrícolas já estabelecidas. Tanto as regulações quanto os diferentes modelos de integração de culturas podem dialogar com as diferentes formas de produção e influenciar a formação de novas culturas.

Produtos da biodiversidade não estão limitados à produção em pequenas escalas ou por meio de comunidades coletoras. Apesar de haver grandes desafios para a escalabilidade dos produtos da biodiversidade, é possível que eles ganhem escala, porém são necessárias as capacidades tecnológicas para isso. Mais importante, é essencial que, caso comecem a ganhar escala, essas novas culturas cresçam respeitando e garantindo sustentabilidade.

Esta subseção apresentou de forma geral os principais tópicos relacionados ao desenvolvimento da bioeconomia no Brasil sobre o olhar das capacidades tecnológicas. Porém, ainda não foi feita uma avaliação qualitativa no sentido de revelar o atual nível de capacidades tecnológicas, o que será feito na próxima seção.

### **5.2.2 Avaliação setor a setor**

A figura 3 contém 5 tabelas de codificação, um referente a cada grupo de entrevistados. Por meio dela é possível comparar o peso que cada grupo deu aos diferentes níveis de capacidade tecnológicas e quais os principais temas abordados.

ONG	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos	Sistêmicas
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade			
Avançadas	2	0	3	2	5	0
Intermediárias	10	9	3	0	8	4
Básicas	5	6	7	0	6	3

ACADEMIA	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos	Sistêmicas
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade			
Avançadas	12	6	2	16	7	5
Intermediárias	3	12	3	7	13	15
Básicas	6	2	3	4	2	12

INDÚSTRIA	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos	Sistêmicas
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade			
Avançadas	15	3	7	28	18	22
Intermediárias	7	18	15	26	15	48
Básicas	18	7	13	13	27	37

GOVERNO	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos	Sistêmicas
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade			
Avançadas	14	4	2	14	1	12
Intermediárias	11	11	7	9	15	38
Básicas	13	17	3	15	12	20

CENTRO DE PESQUISA	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos	Sistêmicas
	Produção sustentável e meio ambiente	Novas culturas e resíduos	Biodiversidade			
Avançadas	15	0	6	31	6	14
Intermediárias	15	19	10	27	13	53
Básicas	11	23	24	8	11	20

**Figura 3- Comparação entre matrizes de codificação setoriais**

Fonte: elaboração própria

### 5.2.2.1 Indústria

O setor de indústria contempla a maior parte da amostra de entrevistados e, portanto, foi o que obteve maior número de codificações. Observa-se que o padrão das codificações foi semelhante ao da Tabela 12. O grande número de codificações em capacidades sistêmicas foi puxado por quatro elementos principais: regulação, apropriabilidade da inovação, *scale-up* de inovações e políticas setoriais. Em níveis básicos, os agentes reforçaram a importância de um sistema regulatório que possibilite o aproveitamento da biodiversidade e que seja ágil suficiente

para permitir liberalização da produção de insumos biológicos. Outro ponto básico foi a necessidade de um sistema de proteção de propriedade intelectual. Argumentam que muitos das inovações contém conhecimentos de fácil replicação e necessitam ser protegidos.

Em níveis intermediários, o que mais foi destacado pelos agentes foi a necessidade de ambiente que possibilite pesquisa aplicada e o *scale-up*. Sobre este ponto, muitos dos entrevistados citaram a necessidade de sistemas financeiros que entendam a particularidade da bioeconomia e deem suporte para investimento mais arriscados. Muitos discutiram que é preciso atuação direta do governo em setores chave, mais dinâmicos. A ideia é que há muitos riscos que dificultam a realização de investimentos e que a atuação mais ativa do governo provê segurança e previsibilidade

Em bioprodutos, a indústria vê a valorização dos atributos ambientais necessária para viabilizar os empreendimentos. Em geral, as questões relacionadas a sustentabilidade e rastreabilidade dos bioprodutos foram associadas aos biocombustíveis. Nos níveis intermediários, destaca-se a contribuição de entrevistados atuantes com a biodiversidade brasileira que detalharam as rotinas e as ações de marketing e acesso aos mercados de nicho.

Esses mesmos atores, que atuam com biodiversidade, contribuíram muito na parte de biomanufaturas pois apresentavam os processos industriais e as relações existentes com fornecedores de equipamentos. Consideraram suas plantas industriais como plantas multipropósitos, especificando um tipo de biomanufatura. Todavia, pouco foi dito sobre biotecnologia pois, em geral, esses atores trabalhavam com extração de compostos da biodiversidade.

Os entrevistados de indústrias que operam com escala, como entrevistados de papel e celulose e química, e os entrevistados de *start-ups* de biotecnologia, citaram processos avançados de engenharia genética e as operações que costumam realizar. Em especial, muitos dos entrevistados citaram experiências internacionais que servem de referência ao Brasil.

Em matérias-primas, os esforços necessários para a criação de cadeias de abastecimento com novas matérias-primas foram o tema mais destacado. Parte dos entrevistados discutiram muito o processo de criação de cadeias de produtos da biodiversidade. Para as empresas, estabelecer relações com as comunidades extrativistas ou criar contratos com pequenos fornecedores representa o grande diferencial competitivo de suas empresas, mas que só foram construídos com muito esforço e ao longo de muitos anos.

### **5.2.2.2 ONG**

As ONGs representaram a menor amostra das entrevistas, mas trouxeram uma visão interessante para o estudo ao reforçarem que a bioeconomia precisa ir além do produto. É necessário dar maior peso aos serviços ecossistêmicos e valorizar a contribuição e a diferenciação dos conhecimentos de comunidades regionais. Na função “Produção sustentável e meio ambiente”, os entrevistados deram grande atenção à necessidade de avaliar, quantificar e valorizar os serviços ecossistêmicos. Para eles, só haverá bioeconomia se os diferentes biomas forem preservados e os benefícios da preservação se traduzirem em retornos para quem preserva. Não por outro motivo, os entrevistados priorizaram as capacidades intermediárias.

A questão dos serviços também se encontra na valorização dos conhecimentos tradicionais., Muitas vezes os serviços representam um modelo de produção integrado com o ecossistema que opera em harmonia, isto é, sem gerar grandes impactos ambientais. Consideram que tal valorização se dá por políticas públicas, mas também por questões de mercado, avaliando os benefícios dessa produção integrada.

Outro ponto de destaque é a visão que a bioeconomia deva permitir inserção social. Esta ideia não é restrita às ONGs. Quase todas os setores entrevistados comentam sobre o tema. Mas, no caso das ONGs, é evidente pois eles operam direto com comunidades locais. Portanto, nas codificações, temas como capacitação de comunidades e formação de cooperativas foram citados diversas vezes.

Outra função que recebeu destaque pelas ONGs foi a de bioprodutos, onde os entrevistados citaram os esforços de construção de métodos de avaliação de sustentabilidade de bioprodutos, incluindo rastreamento de origem. Isto é, identificar de onde veio a biomassa que atendeu a produção do bioprodutos e como ela foi produzida. Foram destacadas ainda críticas à produção de biocombustíveis nos moldes atuais, com produção em larga escala.

### **5.2.2.3 Centro de pesquisa**

Centro de pesquisa foi o segundo setor com maior número de entrevistados e apresentou um padrão de codificação similar ao da tabela 12. Assim como a indústria, a principal função codificada por centros de pesquisa foi a sistêmica. Os temas discutidos com maior profundidade dentro dessa função foram ligeiramente distintos pois foi dado maior foco na construção de canais que facilitem o compartilhamento de informações e maior integração entre os agentes.

Para os centros de pesquisa, a maior parte das codificações na função sistêmica foram relacionadas a capacidades necessárias para a realização de pesquisa aplicada, isto é, pesquisa em maiores escalas que ultrapassam a fronteira do laboratório. Tais pesquisas exigem



competências e recursos específicos e diferentes dos demandados para pesquisa de laboratório e, quando se trata de biotecnologia e bioprocessos, em geral, são capital intensivas e mais arriscadas.

Por ambiente propício, os entrevistados dos centros de pesquisa citaram maior parceria com empresas, atuação do governo diluindo riscos, criação de rede de compartilhamento de informação. Um ponto que merece destaque é a importância cada vez maior de profissionais multidisciplinares. Para as pesquisas em escala piloto e demonstração, os entrevistados comentam que tais profissionais são relevantes para fazer a ligação entre as pesquisas técnicas, adequação de equipamentos às matérias primas e condições locais e gerenciamento de equipe diversa.

Outro ponto muito citado pelos entrevistados foi a construção de *hubs* tecnológicos onde há constante troca de informações entre agentes atuantes. Inclusive, foram feitas comparações com Vale do Silício nos EUA. Quer dizer, a bioeconomia deveria avançar a ponto de possuir um *hub* que concentraria empresas, academia e centros de pesquisa atuando com foco na bioeconomia.

Em biomanufatura, as capacidades avançadas obtiveram maior número de citações devido a atuação dos centros de pesquisa em com biotecnologia de ponta. Maior parte das citações foram referentes às barreiras em realizar pesquisa no Brasil. Todavia, foram também citados diversos exemplos de pesquisas que estão em andamento. Em níveis intermediários de biomanufatura, diversos entrevistados citaram a atuação de centros de pesquisa, como a Embrapa, na atuação de desenvolvimento de bioprocessos e desenvolvimento de soluções para o processamento de biomassa. Foram citados programas de fomento onde os centros de pesquisa atuam em parceria com empresas para dar viabilidade a novos projetos. Quase todos os entrevistados citaram o exemplo do Embrapii como um modelo de fomento interessante, mas que carece de mais recursos

Em matérias-primas, os centros de pesquisa focaram em capacidades básicas principalmente naquelas relacionadas a acumulação e compartilhamento de informações acerca das condições regionais, das matérias-primas e da biodiversidade. Os entrevistados, em geral, concordam sobre a importância de rápido e fácil acesso a informações para dar início ao processo de inovação ou prospecção de novas oportunidades. Outro ponto de destaque é a relevância de informações para encontrar possíveis parceiros para o processo de inovação.

#### 5.2.2.4 Academia

Os entrevistados da academia também concentram o discurso em torno das capacidades sistêmicas. Há também um alinhamento com os grupos de centros de pesquisa e da indústria, porém, no caso da academia, conceitos sobre o processo de inovação foram destacados e a necessidade ativa de políticas públicas para a construção de um ambiente que discuta e implemente a bioeconomia foram tratados com maior profundidade.

Em níveis básicos, os entrevistados citaram a necessidade da construção de uma coesão em torno do termo bioeconomia. Em específico, dois pontos foram abordados em maior grau. O primeiro era a construção de uma massa crítica pensando a bioeconomia. Para os entrevistados, é muito importante que o termo seja discutido dentro das agências de governo e dentro da própria academia. Em mais de uma oportunidade falou-se sobre a importância de congressos temáticos, políticas voltadas para bioeconomia e criação de cursos multidisciplinares que abordassem a bioeconomia.

O segundo ponto também é conceitual e voltado para o processo de inovação em especial sobre o conceito de inovação aberta. Os entrevistados da academia especificaram que a inovação não deve estar limitada à fronteira de uma empresa ou de um país. Deixaram claro que, quanto mais complexa a inovação, maior interação com agentes externos será necessário. Para os entrevistados, a inovação aberta possibilita diluir riscos e combinar conhecimentos complementares. Muitos caracterizaram a biomassa como estruturante da cadeia e que há a necessidade de atuação conjunta com quem fornece biomassa e quem processa.

Em níveis avançados, foram menos citações pois os entrevistados deram maior peso à construção de novas cadeias e à influência da biomassa. Todavia, os entrevistados citaram sistemas de inovação envolvendo a bioeconomia como um objetivo a se alcançar. Um sistema de inovação contempla um *hub* tecnológico, mas é um conceito mais amplo pois não está restrito a uma localidade ou alguma plataforma. Para os entrevistados, o país precisa de um conjunto de instituições que atuem de forma coordenada em prol da construção e aplicação de conhecimentos sobre a bioeconomia.

Biотecnologia foi o foco dos entrevistados da academia, tanto nas funções relacionadas às matérias-primas quanto na função relacionada à biomanufatura. Parte dos entrevistados atuam diretamente com pesquisa genética e apresentaram exemplos de tecnologias que estão desenvolvendo e dificuldades em inovar no Brasil com engenharia genética de ponta. A biotecnologia industrial, necessária para fornecer insumos para bioprocessos, e a engenharia

genética com microrganismos apareceram como áreas que o Brasil possui grandes oportunidades, mas também grandes barreiras.

Em específico, na parte de novas culturas, entrevistados apresentaram questões relacionadas à necessidade de adaptação de equipamento à realidade das matérias-primas. Há no Brasil uma inversão, com o fato de adaptarem a matéria-prima à tecnologia de coleta e de processamento. Para os entrevistados, isso dificulta o melhor aproveitamento do potencial da matéria-prima.

Em bioprodutos, a academia discutiu principalmente os biocombustíveis avançados. O principal tema tratado foi a importância dos biocombustíveis para a transição energética no Brasil e sua importância para viabilizar biorrefinarias. Sobre o primeiro ponto, para o caso brasileiro, os biocombustíveis apresentam-se como uma porta de entrada para a bioeconomia pelo fato de o país possuir capacidades tecnológicas e mercados já estruturados. Atender a demanda de biocombustíveis avançados é uma evolução que permite dar escala com o uso de novas matérias-primas.

#### **5.2.2.5 Governo**

Também para o grupo de entrevistados do governo, as capacidades sistêmicas foram as que mais obtiveram codificações. A maior parte dos entrevistados trabalham no Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações ou de órgão relacionados ao ministério e, portanto, possuíam uma visão mais transversal, o que dialoga mais com as capacidades sistêmicas.

O tema mais citado foi a necessidade de uma liderança para a construção da bioeconomia, isto é, da existência de uma governança que indique a trajetória a se seguir e dilua riscos e forneça previsibilidade. Os entrevistados citaram ações do governo em direção da construção de uma bioeconomia. Citaram por exemplo o “Projeto Oportunidades e Desafios da Bioeconomia” (ODbio) que estabelece missões temáticas para o desenvolvimento da bioeconomia. Também foi citado o “Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade” que possui foco em desenvolver novas cadeias de produtos da biodiversidade.

Os entrevistados deram grande peso à necessidade de construção de um *hub* tecnológico voltado para bioeconomia. O governo possui atuação central na criação dos hubs por meio da atuação direta das instituições de pesquisa, mas também com a criação de incentivos que facilitem a relação entre as empresas.

Os entrevistados das instituições financeiras públicas deram destaque à limitação dos recursos disponíveis para financiamento. Mencionaram que esses recursos devem ser canalizados para projetos dinâmicos que fortaleçam a geração de conhecimentos e possibilitem

futuros encadeamentos. Defenderam que há necessidade de mais recursos para financiamento de longo prazo, principalmente para o escalonamento de novas tecnologias, e desenvolvimento de instrumentos financeiros para investimentos de maior risco. A ideia é diluir riscos e atrair capital privado.

Em biomanufatura, o tema que mais recebeu atenção dos entrevistados foi o de desenvolvimento regional. A produção industrial de bioprodutos é vista como descentralizada, adaptada ao contexto regional e uma oportunidade de desenvolvimento local. Em mais de uma entrevista, foi defendida a construção de programas de fomento para biorrefinarias para que haja a construção de competências na fabricação de equipamentos e no processamento de matérias-primas. Também foi destacada a importância do treinamento de profissionais nas áreas de engenharias e de biotecnologias.

Sobre biotecnologia industrial, os entrevistados de governo compreendiam as características dessa cadeia e situaram o Brasil como refém da importação de produtos. Deixaram claro que é preciso uma ação direta sobre biotecnologia para que o país supere *gaps* e possa entregar uma produção de bioinsumos adaptada ao contexto local e com eficiência necessária para atender às diferentes cadeias.

### **5.3 Capacidades tecnológicas na bioeconomia**

A tabela 13 apresenta a tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia classificando cada célula quanto o atendimento das condições para se atingir determinado nível de capacidades tecnológicas. Como é possível observar, não é preciso atender as condições de níveis inferiores para completar as condições de níveis superiores. Isso ocorre quando há um “desequilíbrio”, ou seja, há a capacidade de realização de inovações mais complexas, mas elas ficam limitadas a poucos setores e não há grandes encadeamentos. Esta observação é similar a identificada em Dutrénit et al. (2000) na tabela 2.

Deter capacidades tecnológicas avançadas ou intermediárias em determinada função não significa que uma bioeconomia foi estabelecida no país. A bioeconomia requer capacidades de implementação de inovações, com diversos graus de complexidade, de forma simultânea e coordenada. Por exemplo, gerar conhecimentos com P&D avançado de pouco adianta se não existem as capacidades para adaptar as tecnologias às realidades ou se esse P&D estiver limitado a poucas áreas.

	Matérias-primas			Biomanufatura	Bioprodutos
	<i>Produção sustentável e meio ambiente</i>	<i>Novas culturas e resíduos</i>	Biodiversidade		
Avançadas	Indústria 4.0 na oferta de biomassa; Agricultura de base biológica; Engenharia genética de ponta no melhoramento e no desenvolvimento de variedades de matérias-primas	Engenharia genética de ponta no desenvolvimento de novas variedades (ex: cana energia); Capacidade para criar tecnologias de processos agrícolas com base em P&D de ponta	P&D com a biodiversidade molecular; Mimetismo tecnológico	Capacidade para criar tecnologias para o aproveitamento integral biomassa com base em P&D de ponta; Biotecnologia industrial e P&D de ponta com biologia sintética; Disseminação de simbioses industriais	Busca de novas funcionalidades para a valorização dos bioprodutos; Segmento de ativos complementares desenvolvido e adaptável
	<b>Capacidades sistêmicas:</b> Combinação de fluxos bidirecionais, unidirecionais e unidirecionais reversos de conhecimentos entre os diferentes agentes (Hub tecnológico); P&D de ponta integrando toda a cadeia da bioeconomia com acesso a conhecimentos interdisciplinares, tanto tecnológico quanto comercial; P&D de ponta descentralizado, mas interconectado (Glocal) com foco no aproveitamento da biodiversidade				
Intermediárias	Compensações sobre serviços ambientais e certificações (regulação de mercado); Disseminação de sistemas agroflorestais; Uso amplo da bioinformática aplicada ao melhoramento e desenvolvimento de variedades de matérias-primas	Experimentações com culturas regionais e resíduos para ganhar escala; Incentivos a novas culturas e ao uso de resíduos; Capacidade para implementar modificações em tecnologias maduras para logística de matérias-primas	Produção e pesquisa de compostos bioativos extraídos da biodiversidade; Capacitação das comunidades, valorizando o potencial da biodiversidade e gerando produtos de maior valor	Disseminação do uso e de pesquisa com plantas multipropósitos; Capacidade para implementar modificações complexas em tecnologias maduras para o trato de biomassa; P&D na valorização de co-produtos	Avaliação de sustentabilidade dos bioprodutos; Biocombustíveis avançados e biomateriais em escala; Capacidade de atender mercados segmentados
	<b>Capacidades sistêmicas:</b> Existência de uma governança em bioeconomia; Compreensão da natureza aberta da inovação e disposição para buscar relações “win-win” com os parceiros; ambiente que possibilite pesquisa aplicadas e que haja disponibilidade de profissionais multidisciplinares com os parceiros				
Básicas	Melhoramento genético clássico; Legislação ambiental que limite expansão desordenada (comando e controle); Uso de métodos de produção mais sustentáveis com variações de IPLF	Formação de cooperativas de produtores; Base de informação sobre as características edafoclimáticas e da biomassa; Valorização das culturas regionais	Bases de informação sobre a biodiversidade; Desenvolvimento de técnicas de manejo adaptadas; Reconhecimento e valorização conhecimentos tradicionais	Adaptações básicas em tecnologias maduras para o trato de biomassa; Estímulos à agregação de valor aos resíduos industriais; Incentivos ao desenvolvimento de arranjos e de tecnologias locais com a compreensão da biomanufatura	Valorização dos benefícios ambientais quanto o combate ao agravamento do aquecimento global; Marketing de valorização dos bioprodutos
	<b>Capacidades sistêmicas:</b> Massa crítica pensando a bioeconomia e as particularidades da bioeconomia em oposição ao fóssil; Globalização da conectividade; Regulação e sistema de proteção de propriedade intelectual adaptados à realidade da biotecnologia e da biodiversidade				

**Tabela 13- Nível de capacidades tecnológicas em bioeconomia no Brasil<sup>3</sup>**

Fonte: elaboração própria com base nas entrevistas

<sup>3</sup> A metodologia para as cores da tabela foi explicada no Capítulo 3. Verde significa capacidade estabelecida, Amarela significa capacidade parcialmente estabelecida e vermelha ausência de capacidade

A tabela 13 apresenta resultados interessantes. O primeiro é que os atores entrevistados consideram que as capacidades tecnológicas em bioeconomia estão parcialmente estabelecidas em sua maior parte. Revela-se que o Brasil já possui condições para desenvolver uma estratégia de desenvolvimento da bioeconomia reforçando e/ou ampliando recursos já detidos.

Outro ponto que fica claro é a grande deficiência nas capacidades sistêmicas, única função considerada não estabelecida em todos os níveis. Essa constatação justifica em parte o grande volume de citações em capacidades sistêmicas observadas em seções anteriores uma vez que os atores entrevistados apontaram diversos desafios e carências nessa função. Essa deficiência revela que não há interação entre elos da bioeconomia e que não há um ambiente propício no Brasil para a realização de inovações na bioeconomia.

Outra área com deficiências é a da biodiversidade. Muitos dos atores consideram a biodiversidade como um grande diferencial do Brasil, mas que ainda carece de capacidades básicas, como o conhecimento da própria biodiversidade e da avaliação das oportunidades que ela pode trazer ao país.

Por fim, fica claro que o Brasil pode aproveitar as capacidades já existentes para construir a bioeconomia e que, os recursos e os conhecimentos necessários para tal objetivo precisam atender especificidades locais. É preciso uma dinâmica interna de inovação, em que a construção da bioeconomia no Brasil gere demanda suficiente para a criação de novos conhecimentos e novas tecnologias adaptadas à realidade nacional. A bioeconomia exige uma estratégia de *path-creating* pois a natureza dos conhecimentos demanda que soluções atendam as condições locais. Explorar a biodiversidade ou desenvolver uma produção em escala de uma nova cultura requer a criação interna de conhecimentos uma vez que não há interesse internacional em desenvolver essas novas áreas.

Uma estratégia de *path-creating* é necessária para a construção da bioeconomia, o que não quer dizer que não há espaço para aprendizado e utilização de referências internacionais. Ao olhar a função biomanufatura, por exemplo, fica claro que há um atraso no Brasil em relação à biotecnologia industrial. Muitos dos equipamentos, dos insumos básicos para pesquisa e das técnicas necessárias são gerais e o Brasil carece de muitos destes recursos. Ou seja, apesar da necessidade de capacidades que permitam desenvolver novas trajetórias adaptadas ao contexto local, há espaço para incorporar aprendizados e tecnologias de referências internacionais, principalmente na área de biotecnologia.

### **5.3.1 Matérias-primas: Produção sustentável e meio ambiente**

A Tabela 14 resume como os atores entrevistados observam o estabelecimento de capacidades tecnológicas em bioeconomia. Apresenta-se, para cada nível de capacidade tecnológica e para cada categoria, a participação dos entrevistados. Por exemplo, pela tabela 14, foi considerado que no Brasil as capacidades básicas na função “produção sustentável e meio ambiente” estão estabelecidas uma vez que 60% dos entrevistados que codificaram nesta função assim consideram.

Em níveis intermediários, os entrevistados consideraram que as capacidades estão parcialmente estabelecidas, pois 57,9% dos entrevistados julgaram que as capacidades estão parcialmente estabelecidas. Em níveis avançados, as capacidades estão estabelecidas pois, pela regra adotada, no caso em que se identificam empates, como visto na tabela 14, estabelecidas são preferidas às parcialmente estabelecidas e parcialmente estabelecidas são preferidas às não estabelecidas.

	<b>Estabelecidas</b>	<b>Parcialmente estabelecidas</b>	<b>Não estabelecidas</b>
<b>Avançadas</b>	44,4%	44,4%	11,1%
<b>Intermediárias</b>	31,6%	57,9%	10,5%
<b>Básicas</b>	60,0%	30,0%	10,0%

**Tabela 14- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “produção sustentável e meio ambiente”**

Fonte: elaboração própria

Para as demais funções, apresentadas nas subseções posteriores, uma tabela similar é apresentada.

O Brasil se posiciona bem dentro da função “produção sustentável e meio ambiente” pois atende parte significativa das condições necessárias. Deter capacidades tecnológicas nesta função significa que há a possibilidade de implementar inovações no sentido de uma produção mais produtiva (poupadora de terra), que preserve os biomas e valorize os serviços ecossistêmicos.

O bom posicionamento nesta função deve-se ao histórico brasileiro na oferta competitiva de diversas culturas e a importante atuação de centros de pesquisa como a Embrapa. Além disso, muitos dos entrevistados citaram que há no Brasil legislações ambientais robustas, mas que carecem de maior fiscalização.

Como o entrevistado 8 diz, para o exemplo da oferta de biomassa, existe no Brasil “*base agrícola competitiva, há toda uma dinâmica de inovação internalizada na biomassa. Consegue desenvolver suas próprias inovações uma vez que o mercado brasileiro é grande o suficiente para recebê-las. Facilita quem quer inovar na bioeconomia moderna.*”

Parte dessa dinâmica deve-se à existência de capacidades voltados para a biotecnologia, principalmente voltada para o melhoramento de espécies. O melhoramento genético clássico parece estar dominado e é exemplificado em diversos *cases* de sucesso em culturas já estabelecidas, como da cana-de-açúcar, soja e do eucalipto.

No que tange às pesquisas e projetos que envolvem técnicas mais modernas de melhoramento genético, o Brasil aparenta ter entrado na biotecnologia moderna, com a utilização de transgenia e edição gênica. Isto se observa principalmente nas capacidades avançadas.

Todavia, em níveis avançados, foi constatada uma deficiência no que tange à agricultura de base biológica. Para os atores, a migração de uma agricultura de base química ainda está no início da trajetória. Há pouco estudo e uso com microrganismos em substituição aos produtos químicos. Além de pesquisas, o Brasil carece de nos profissionais capacitados e modelos de utilização.

Nas capacidades intermediárias, para dar escala nas pesquisas com edição gênica é preciso a construção de capacidades em robótica e processamentos de dados, isto é, construção de capacidades em bioinformática. Segundo os entrevistados que citaram capacidades em bioinformática, o Brasil detém recursos e capacidades, porém de forma dispersa, concentrados em universidades, mas com difícil acesso por parte de empresas e centros de pesquisa.

Regulação ambiental e valorização dos serviços ambientais foram tratados como necessários para a existência de um ambiente que propicie a inovação com novas tecnologias e novos modelos de produção. São elementos determinantes na forma de agir das empresas e demais agentes pois definem regras de ação e incentivam práticas sustentáveis.

Capacidades nessas áreas envolvem um corpo técnico capaz de construir regulações adaptadas aos diferentes contextos. Exigem-se dados e informações sobre as diferentes regiões e biodiversidade, e modelos de cálculo de benefícios ambientais. Novamente, o Brasil se posiciona bem quando o assunto é regulação ambiental, principalmente nos níveis mais baixos. Diversos entrevistados citaram que o Brasil possui capacidades para elaborar boas regulações, mas que, em muitos casos, faltam recursos para manter a fiscalização. Importante destacar que, assim como tecnologias, há possibilidade de inovar com regulações.

O Brasil possui experiências de êxito na preservação de biomas e redução de desmatamento. Porém, mesmo possuindo as capacidades é importante observar que estas não estão sendo aplicadas como deveriam. Para o entrevistado 37, presidente de uma empresa que opera com a biodiversidade, observa-se um claro retrocesso nas fiscalizações e um dismantelamento dos recursos necessários para atuar de forma efetiva sobre a proteção do meio



ambiente. Segundo ele, “a lei não mudou, o que mudou foi a fiscalização. ...meu gerente roda por aqui. Ele rodava aqui antigamente. O pessoal deixava árvores na beira da estrada por exemplo, desmatava internamente para dificultar a visão de um eventual fiscal que estivesse passando. Para Você ter uma ideia, a coisa está tão descarada hoje ... que você passa pelas estradas o correntão está passando e derrubando buriti, derrubando babaçu, derrubando todo tipo de palmeira nativa! Um crime!”

Outra carência em níveis intermediários é a avaliação e valorização dos serviços ecossistêmicos. Em geral, já existem metodologias estabelecidas para avaliação e diversos agentes já aplicam esses modelos. Todavia, para os entrevistados, o principal desafio é o estabelecimento de arcabouço regulatório que crie os mercados para esses serviços.

Sobre novos modelos de produção, o Brasil parece estar bem-posicionado. Os entrevistados consideram que o desenvolvimento de modelos do tipo ILPF e SAF são verdadeiros processos de inovação e que o Brasil já conquistou relevantes marcos. Consideram que modelos ILPF que consorciavam pecuária e agricultura com árvores de culturas já estabelecidas, como eucalipto, já são dominados. A dificuldade identificada é avançar com os SAF em áreas mais sensíveis e com a utilização de árvores nativas.

Sobre tecnologias da informação (indústria 4.0), os atores citam diversos casos de tecnologias aplicadas à agricultura de precisão. Também comparam as diferenças do processo de inovação com tecnologias da informação e biotecnologia. Consideram o primeiro menos arriscado de se inovar por exigir menos capital. O grande problema identificado na indústria 4.0 é a sua utilização na cadeia dos produtos da biodiversidade.

Na função “produção sustentável e meio ambiente”, fica claro a necessidade de criação de recursos que compreendam as especificidades locais. Toda a parte regulatória, por exemplo, requer o desenho de regras adequadas para cada bioma. A parte de melhoramento de novas espécies precisa considerar a relação com o meio, portanto, precisa ser desenvolvida especificamente para cada região. Sendo assim, conhecimentos sobre matérias-primas, solos, climas e modelos de produção precisam estar incorporadas no processo de inovação.

### 5.3.2 Matérias-primas: Novas culturas e resíduos

	<b>Estabelecidas</b>	<b>Parcialmente estabelecidas</b>	<b>Não estabelecidas</b>
<b>Avançadas</b>	40%	60%	0%
<b>Intermediárias</b>	31%	48%	21%
<b>Básicas</b>	15%	44%	41%

**Tabela 15- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “novas culturas e resíduos”**

Fonte: elaboração própria

Já na função “novas culturas e resíduos”, o foco está em culturas regionais brasileiras e resíduos não industriais. A lógica desta função é a de identificar oportunidades e de diversificar a base de matérias-primas, seja ela com o uso de culturas regionais ou com o uso de novas variedades.

Nesta função, o Brasil apresenta capacidades parcialmente estabelecidas em todos os níveis pois observa-se capacidades retidas em grandes centros de pesquisas nacionais, mas de forma limitada que exploram poucas culturas e há pouco engajamento de empresas.

Em níveis básicos, uma das principais carências identificada é falta de estudos, de bancos de dados e de relatórios sobre composição das diferentes matérias-primas e das regiões de produção. Para os entrevistados, seria importante que houvesse centros especializados que prospectassem e apresentassem as informações sobre as culturas incluindo, desde informações sobre qualidade, sazonalidade e disponibilidade até informações econômicas como custos já prospectados e potenciais usos para as biomassas.

Um entrevistado de um centro de pesquisa deixa claro que “*a gente não conhece nossas matérias-primas. Muitas matérias-primas a gente não conhece a composição nem sua variação. A gente não tem reports de estudos de viabilidade, de construção de cadeia, da composição etc.*” (entrevistado 9).

Foram citados inúmeras vezes culturas que ainda não são produzidas em escala, mas que já possuem bastante informação e atraem interesse. Os principais exemplos foram árvores que produzem oleaginosas, como a macaúba, e o cacau. Foi muito destacado o papel da EMBRAPA como centro que possui capacidades com essas culturas. Esses são exemplos de casos mais avançados que, mesmo assim, enfrentam barreiras por não serem valorizados como benéficos ao meio ambiente e como opção estratégica para recuperar áreas degradadas.

Em geral, o avanço de novas culturas esbarra na falta de capacidades em desenvolver estudos com maiores escalas e desenvolvimento de equipamentos. Isto é, apesar de conhecer informações sobre algumas biomassas, solos e climas, faltam capacidades para criar disponibilidade de matérias-primas. Os entrevistados citaram o programa de biodiesel brasileiro que, apesar de incentivar o uso de novas culturas, como a macaúba, não avançou com culturas regionais.

O entrevistado 32 que trabalha com o programa de biodiesel brasileiro comenta “*A soja ao longo do tempo meio que falou: opa, esse programa aí é meu. Eu tenho condição de escala tenho tecnologia no país, hoje ninguém precisa de assistência técnica para plantar soja, já consolidado. Aí você faz um esforço enorme para desenvolver o dendê, a macaúba que são*

*super promissoras, mas tem todo um processo tecnológico a ser desenvolvido. O que que faltou? Na verdade, talvez tenha faltado um avanço maior do poder público nas tecnologias para produtos da biodiversidade oleaginosa, mas ao mesmo tempo faltou capacidade de competir com uma cadeia como da soja, essa cadeia está dada.”* (Entrevistado 32).

Interessante foi o peso que os entrevistados deram à necessidade de capacidades para a formação de cooperativas entre ofertantes de biomassa. Com as cooperativas se torna mais fácil compartilhar conhecimentos e diversos recursos. Outra vantagem é a produção fica mais organizada o que auxilia no controle de qualidade e de abastecimento.

Foi apresentado que o Brasil possui bastante produção de cooperativas, mas que os conhecimentos necessários e incentivos não estão distribuídos igualmente no Brasil. Segundo entrevistados, há necessidade de construção de capacidades sobre formação de cooperativas, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Nessas regiões, muitos agricultores não sabem sobre processos de formação de cooperativas e não reconhecem os benefícios. Os entrevistados destacam que o cooperativismo no Brasil tem um regramento complexo e que os agricultores precisam de processo de formação. Principalmente os agricultores familiares de regiões isoladas que muitas vezes não possuem formação básica.

Nos níveis intermediários e avançados, foram citados exemplos de culturas já estabelecidas que passaram pelo processo de criação de cadeias competitivas. A soja, o eucalipto e a cana foram os exemplos mais citados para revelar que o país tem capacidades para construção de novas cadeias. Todavia, os exemplos de culturas regionais limitaram-se aos exemplos citados da macaúba e do pinhão manso. A cana energia foi citada também como uma nova cultura que, por se diferenciar da cana tradicional, tem exigido esforços para a construção de uma nova cadeia.

A principal questão levantada é que os esforços com as culturas regionais não possuem incentivos e não atraem a atenção dos desenvolvedores de tecnologias agrícolas. Para os entrevistados, para o estabelecimento de capacidades nesta função é necessários empresas de bens de capital, de biotecnologia e de equipamentos agrícolas passem a desenvolver conhecimentos. Isto é, as capacidades devem extrapolar o limite dos centros de pesquisa.

Nesta função, há um caráter peculiar nas inovações que precisam atender as especificidades locais e reconhecer as características da biomassa. A atuação de centros de pesquisa e universidades é essencial, e consideradas pelos atores como necessárias para o acúmulo de conhecimento e prospecção de novas oportunidades. Já as empresas, apenas vão buscar desenvolver novas culturas caso haja incentivos e o desenvolvimento de uma dinâmica interna que crie mercado para as inovações.

### 5.3.3 Matérias-primas: Biodiversidade

	Estabelecidas	Parcialmente estabelecidas	Não estabelecidas
Avançadas	30%	30%	40%
Intermediárias	33%	47%	20%
Básicas	27%	18%	55%

**Tabela 16- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “Biodiversidade”**

Fonte: elaboração própria

Nas entrevistas, a biodiversidade é sempre citada como um dos diferenciais do Brasil. Evoluir nesta função significa ter a capacidade de identificar oportunidades e desenvolver modelos de produção que incorporem comunidades locais. Além disso, traz novas formas de inovar a partir da observação da interação da biodiversidade, inclusive molecular. Porém, apesar de ser vista como diferencial, a função biodiversidade foi uma das que mais apresentou deficiências segundo os entrevistados.

Em níveis básicos, os entrevistados acusam uma completa falta de informação sobre o potencial da biodiversidade e sobre o mapeamento de biodiversidade, incluindo aqui a biodiversidade molecular. Até identificam que há esforços de mapeamento de biomas e sua biodiversidade, mas reconhecem que são ações isoladas que perdem tração por não haver uma rede de compartilhamento de informações e nem quantificação das oportunidades.

Nesta linha, o entrevistado 38 cita a necessidade da *“criação de um banco de dados de metabólicos, especialmente de plantas e microrganismos. A gente tem lugares fazendo isso. Mas não faz isso no volume para olhar para Amazônia e falar assim: eu estou fazendo um produto avançar aqui”*. Ele continua e com uma série de exemplos *“o cacau na Amazônia, a gente não sabe nem quem poliniza o cacau. ... Se você não tem os polinizadores seu cacau produz menos frutos e frutos menores”*.

A falta de conhecimento sobre a biodiversidade impacta na identificação da melhor forma de manejo de diversos produtos da biodiversidade, ou seja, da melhor forma de extrair e/ou produzir sem gerar impactos ao meio ambiente e desequilíbrios no ecossistema. Novamente, há pesquisas com diferentes produtos da biodiversidade, sendo que, diversos deles já possuem cadeias estruturadas. Todavia, os casos citados são poucos e isolados.

Outra condição não atendida é a de valorização dos conhecimentos tradicionais. Reconhecer a produção local e os conhecimentos tradicionais possibilita avançar no processo de inovação e ainda adicionar valor ao produto, quando há identificação da origem da produção. Para o entrevistado 36 *“você só vai progredir com a valorização de produtos e de toda a bioeconomia ... se você fizer uma coisa fundamental que a Embrapa não faz. Reconhecer o*

*conhecimento local e o conhecimento tradicional. Esses caras sabem como fazer, existe uma economia milenar na Amazônia aonde as variedades que se tem lá, as pessoas têm, passando de geração em geração, algo muito concreto para contribuir.”*

Em níveis intermediários de capacidades tecnológicas, o estabelecimento de cadeias de fornecimento de produtos da biodiversidade é o principal desafio identificado pelos entrevistados. Foi unanimidade entre os entrevistados que a falta de capacitação das comunidades, a falta de suporte público e as barreiras regulatórias são eixos que impedem a disseminação de cadeias de abastecimento de produtos da biodiversidade para atender biomanufaturas.

Entrevistados de empresas exemplificaram suas experiências com a criação das cadeias de abastecimento e abordam que o processo foi de longo prazo, envolveu cooperação com as comunidades locais e contou com quase nenhum suporte público. Para os entrevistados, o risco de construção de cadeias com produtos da biodiversidade é elevadíssimo pois não há o controle sobre a produção e nem construção de relações de longo prazo com os fornecedores.

Para o entrevistado 37 *“a bioindústria ela é como a agroindústria mas em escala de produção menores, porque você está mexendo com coletas manuais, normalmente são ribeirinhos, populações localizadas ...nós de fato, tivemos um sucesso grande, porque começamos lá trás ... com muito custo de investimento, muita garra, com muita seriedade e competência técnica, nós conseguimos fazer esse grupo, que vive de subsistência de milho e da pecuária de subsistência, associar a ideia de que ele poderia também catar o coco de babaçu que estava ali na sua terra, valorizando economicamente o fruto consorciando a sua atividade de subsistência.”*

Capacidades avançadas com biodiversidade também apresentam *gaps* pois há poucos estudos avançados com biodiversidade molecular. O entrevistado 17, de um centro de pesquisa, considera o estudo molecular e o estudo das relações ecossistêmicas fronteiras da biotecnologia. Ele considera que seu laboratório é avançado nas pesquisas sobre microbiomas e justifica a importância dizendo *“Por que microbiomas? Porque o bichinho é um bichinho. E seu eu tiver uma comunidade de bichinhos? Se eu tiver uma microbiota? Se eu tiver um grupo de comunidades microbianas, das quais eu posso encontrar funções que são similares entre diferentes organismos e baseado nessas funções de repente encontro enzimas que podem ter aplicações industriais bastante relevante. Então isso é uma área de tendência. Ficar só no microrganismo é difícil. Ir para o microbiomas é mais longe.”*

Biomimética foi discutida como uma forma de inovar que se inspira na relação dos seres com o ambiente. Apesar de ser discutida na literatura e por alguns atores como importante para

o aproveitamento máximo da bioeconomia e valorização dos biomas, pois cria maior valor para a preservação, poucos atores falaram sobre o tema.

O aproveitamento da biodiversidade é, sem dúvida, o eixo que mais exige construção interna de capacidades uma vez que é imprescindível a preservação dos biomas. Quer dizer, os impactos devem ser reduzidos ao máximo para que as relações do ecossistema não se alterem e prejudiquem a oferta de bioprodutos da biodiversidade ou a possibilidade de observar relações dentro do ambiente que gerem valor.

Assim, além de ser necessários construir informação sobre a biodiversidade, todo o resto da cadeia necessita ser integrada à base da cadeia.

### 5.3.4 Biomanufatura

	Estabelecidas	Parcialmente estabelecidas	Não estabelecidas
Avançadas	24%	33%	43%
Intermediárias	34%	57%	9%
Básicas	27%	42%	31%

**Tabela 17- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “biomanufatura”**

Fonte: elaboração própria

O Brasil já possui capacidades técnicas e recursos humanos necessários para adaptação básicas e intermediárias de tecnologias de processamento. Diversos entrevistados comentaram que há uma indústria de bens de capital instalada no país e há conhecimentos necessários para adaptar tecnologias maduras às diferentes biomassas. Comentaram que os principais gargalos se encontram em outras funções, como a criação de cadeias eficientes de fornecimento de matérias-primas e a valorização de atributos ambientais.

Grande parte dessas considerações deve-se à existência de setores relevantes no país que já atuam com biomassa em larga escala. O entrevistado 34, por exemplo, comenta que “*o Brasil tem uma capacidade de engenharia gigantesca. A gente tem no Brasil, do ponto de vista de construção civil, por exemplo, as maiores empresas de engenharia do mundo com a nossa indústria de petróleo. A gente já trabalha com processamento de biorrefinarias em alta capacidade*”. Mais recentemente, os avanços com as tecnologias de segunda geração revelaram que o país consegue realizar adaptações complexas em tecnologias para explorar novas fontes de biomassa.

Para o entrevistado 35, o caso do etanol de segunda geração no Brasil é um exemplo de destaque mundial. Para ele “*a Raízen importou e deu aula para mundo de como se faz etanol*

*de segunda-geração. ... Você pode dizer que ela mesmo não tendo todos os equipamentos incentivados na indústria de bens de capital. Ela deu uma aula global”*

Todavia, para uma bioeconomia ampla e que atenda as especificidades regionais, o Brasil ainda carece de construção de capacidades em todos os níveis. Em específico, a disseminação de biorrefinarias exige muito mais que apenas capacidades de adaptações em tecnologias já existentes. De fato, para muitos dos entrevistados, o próprio conceito de biorrefinaria ainda não é aplicado no Brasil.

O entrevistado 2 é taxativo ao afirmar que *“biorrefinarias existentes, eu não conheço nenhuma. Para virar biorrefinaria acho que falta encontrar as oportunidades que façam sentido em termos técnicos e econômicos.”* Ele complementa que *“a gente tem até plantas pilotos, mas para projetos específicos. Não sei se pode chamar de biorrefinaria propriamente, mas a gente trabalha muito com simulação, desenhamos um processo que vai gerar vários produtos e usamos isso como ferramenta de tomada de decisão.”*

Porém, independente do modelo, deve-se buscar a utilização integral da biomassa que começa desde a valorização dos resíduos gerados até a construção de relações que fomentem a organização de arranjos de simbiose industrial. Importante mencionar que foi identificado como de difícil viabilidade econômica a existência de diversas tecnologias de processamento dentro de uma só empresas. Principalmente quando se consideram pequenas escalas, a viabilidade econômica fica ainda mais difícil.

Sobre este ponto, com a produção descentralizada e regionalizada, são necessárias capacidades para atender as especificidades de cada área produtiva. Para os entrevistados, é necessária uma reformulação de setores como da química, da metalurgia e de bens de capital para conseguir atender as demandas das biomanufaturas que, em grande parte, serão personalizadas caso a caso. Quer dizer, é necessário que setores auxiliares, como os apresentados, encontrem viabilidade para ofertar cada vez mais produtos personalizados.

Claro que biomanufaturas podem alcançar viabilidade caso os bioprodutos sejam valorizados e/ou haja oferta competitiva de biomassa. Para a biomanufatura não ser um gargalo, identifica-se como necessário capacidades de cunho organizacional. Entre os entrevistados, foi consenso que a biomanufatura lida com escalas reduzidas e com produção local e que, para o aproveitamento integral da biomassa e/ou aproveitamento da diversidade local é importante *“pensar no conceito de biorrefinaria não como sendo uma empresa só. Mas como um conjunto de empresas que podem estar aproveitando, de uma maneira meio que simbiótica, a produção de vários produtos”* (entrevistada 3).

Pensar a biomanufatura com a possibilidade de simbiose auxilia em diversas frentes pois permite especialização de empresas em segmentos específicos e redução dos riscos de investimentos. Porém, apesar de trazer vantagens, a evolução das simbioses exige tempo de aprendizado para que os agentes criem suas rotinas e possam atuar de forma coordenada. Essas etapas podem ser facilitadas com, por exemplo, fácil acesso à informação sobre disponibilidade e qualidade de resíduos. Para a entrevistada 31, por exemplo, existe a necessidade de “*mapear ou quantificar as oportunidades de valorização dos resíduos. Fazer a pesquisa e saber o que pode fazer com aquilo*”, e criar bases de informações. Outro ponto é a criação de incentivos para que as relações dentro de uma mesma estrutura produtiva sejam mais rápidas e menos burocráticas. É preciso que se identifiquem ganhos operacionais em atuações conjuntas e economias com compartilhamento de mesma infraestrutura.

Quando o assunto é biodiversidade, o tipo de biomanufatura que se apresenta como boa solução é a instalação de plantas multipropósitos que conseguem operar em escalas reduzidas e se adaptar para operar com diferentes matérias-primas mediante reestruturação da planta. Vale destacar que, em geral, os processos existentes são mais de extração de composto de valor do que de processamento em si. Dentre os entrevistados que operam com a biodiversidade, acesso a esse tipo de recurso não foi considerado um gargalo.

O entrevistado 37, CEO de uma empresa que opera com produtos da biodiversidade vê sua planta como uma biorrefinaria e a detalha como sendo “*uma planta multipropósito, mas com quatro fábricas segregadas. ... A fábrica de óleos, que é a mais tradicional, que faz a prensagem do óleo como qualquer vegetal, como qualquer oleaginosa. A fábrica de óleo, a fábrica de carvão ativado, a fábrica álcool ou ração animal, e a fábrica de produção de biocombustível sólido que vai ser usada para substituir lenha nativa e evita o desmatamento de algumas áreas nativas. São 4 bioprocessos*”.

Por fim, a principal dificuldade para a construção de uma biomanufatura avançada foi o acesso a insumos biológicos e falta de capacidades com biologia molecular. A maioria dos entrevistados que operam com biotecnologia comentaram a dificuldade de acesso aos insumos básicos necessários para realizar pesquisas e processos. Comentaram sobre barreiras regulatórias, mas também destacaram a dificuldade logística, sendo o elevado tempo necessário para a importação de insumos o mais destacado.

Os entrevistados consideraram que o Brasil é refém de grandes empresas de biotecnologias e de insumos biológicos. A carência de recursos e de capacidades dificultam o a produção *in-situ* de insumos biológicos, próximo às plantas e adaptada ao contexto local, pois os players estabelecidos querem vender produtos padronizados. Em resumo, a biotecnologia



industrial no Brasil é considerada muito incipiente. As capacidades que existem estão concentradas na área da saúde. Para novos setores faltam talentos para biotecnologia industrial e recursos para geração de novos cursos.

Em capacidades avançadas, no que tange à biotecnologia industrial, os atores entrevistados revelaram que há muita dependência externa e que seria importante assimilar conhecimentos internacionais. Consideram que é preciso criar meios para que empresas internacionais realizem pesquisa em território nacional e que recursos humanos sejam criados, por meio de importação de conhecimento ou desenvolvimento de programas de pesquisa na área.

Outro ponto a destacar é a visão da biomanufatura como possibilidade de renovação de setores considerados sucateados. A biorrefinaria é vista como uma grande oportunidade dentro da bioeconomia para o Brasil desenvolver competência na fabricação de equipamentos, no processamento de novas matérias-primas, na formação de profissionais de engenharia química, mecânica, metalúrgica etc. Isto é, recuperar setores tradicionais que precisam se capacitar para oferecer soluções personalizadas.

### 5.3.5 Bioprodutos

	<b>Estabelecidas</b>	<b>Parcialmente estabelecidas</b>	<b>Não estabelecidas</b>
<b>Avançadas</b>	24%	48%	29%
<b>Intermediárias</b>	42%	39%	18%
<b>Básicas</b>	33%	41%	26%

**Tabela 18- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “bioprodutos”**

Fonte: elaboração própria

A função bioprodutos contempla as capacidades necessárias para dar vazão à produção das biomanufaturas, prover competitividade aos bioprodutos e criar mercados. Nesta função, também fica claro que há dois principais perfis de bioprodutos. O primeiro visa atender problemas relacionados à transição para uma economia de baixo carbono. Em geral, são bioprodutos produzidos em maiores escalas que substituem produtos de origem fóssil. O principal exemplo são os biocombustíveis. O outro perfil contempla bioprodutos voltados para criação de novos mercados, principalmente mercados de nichos que tendem a possuir maior valor agregado.

No caso dos bioprodutos em larga escala, o fator determinante para sua disseminação é a competitividade. Todavia, são poucos os biomateriais, bioquímicos e biocombustíveis que conseguem, atualmente, serem competitivos contra seus substitutos fósseis. Portanto, a viabilidade dos bioprodutos perpassa pela valorização dos atributos ambientais.

O Brasil já possui exemplos de práticas que precificam o carbono e aumentam a competitividade dos bioprodutos, além disso, já há empresas que participam de mercado voluntário de carbono ou buscam certificar seus bioprodutos para apresentar ao mercado alguma diferenciação.

O entrevistado 34 comenta sobre o Renovabio, que é um mercado de carbono específico para o setor de biocombustíveis. *“O Renovabio está entrando justamente para incentivar a produção de biocombustíveis que sejam mais verdes. Que tenham menos emissão de carbono.”* Ele avança dizendo que tal incentivo auxilia na viabilidade do conceito de biorrefinaria pois, ao usar integralmente a biomassa, reduz-se a pegada de carbono dos biocombustíveis *“Então, o Renovabio está colocando essa oportunidade para essas plantas que só produzem etanol comecem a produzir outros”*.

Porém, dois pontos carecem de atenção, a transição para uma economia de baixo carbono exige também a substituição de biomateriais e bioquímicos e, estes, são pouco incentivados quando comparados aos biocombustíveis. Para os entrevistados, o Renovabio revela a capacidade de precificar o carbono do país. Porém é preciso pensar como o carbono renovável pode entrar nos fluxos de polímeros, de plásticos, de solventes. Importante mencionar que a viabilidade de biorrefinarias depende em grande parte da venda de um leque de bioprodutos que precisaram competir com fósseis.

Segundo ponto, ser um biocombustível ou um biomaterial não garante sustentabilidade, aqui entendida de maneira ampla, indo além do carbono. Para os entrevistados, apesar de já existirem métodos de avaliação de sustentabilidade e metodologias já criadas, estas não são aplicadas por falta de incentivos e por falta de recursos para aplicação e acompanhamento dos dados e resultados

Biocombustíveis avançados são aqueles que utilizam matérias-primas residuais e, em geral, são mais sustentáveis e não competem com a produção de alimentos. São parte importante dentro da transição energética uma vez que oferecem possibilidade de descarbonização em setores de difícil eletrificação, como o caso dos transportes pesados. O Brasil já possui destaque com os biocombustíveis avançados por ter dado escala ao etanol de segunda geração e ter avanços significativos com o biogás.

Porém, os demais biocombustíveis, como os de aviação, não possuem bases sólidas, são pouco difundidos e ainda carece de desenho de arcabouços regulatórios.

Para os bioprodutos de maior valor agregado, é necessária capacidade em marketing associada a certificações e a modelos de rastreabilidade. Para muitos dos novos mercados de nicho, como os alguns segmentos de cosméticos e de fármacos, reconhecer a origem da

produção e o meio como a matéria-prima foi produzida possui grande valor. Ou seja, é preciso reconhecer no produto as matérias-primas utilizadas.

### 5.3.6 Sistêmicas

Na função “capacidades sistêmicas”, o Brasil não está bem-posicionado uma vez que os atores entrevistados consideram que as capacidades tecnológicas não estão estabelecidas em nenhum dos níveis de capacidades.

	<b>Estabelecidas</b>	<b>Parcialmente estabelecidas</b>	<b>Não estabelecidas</b>
<b>Avançadas</b>	28%	32%	40%
<b>Intermediárias</b>	26%	35%	39%
<b>Básicas</b>	19%	31%	50%

**Tabela 19- Matriz de identificação de capacidades tecnológicas na função “novas culturas e resíduos”**

Fonte: elaboração própria

A Tabela 19 mostra que o maior consenso entre os atores que citaram capacidades sistêmicas é que o Brasil carece de capacidades básicas. Para os atores, mesmo que a bioeconomia seja um tema cada vez mais debatido, o Brasil ainda carece massa crítica que entenda e debata a bioeconomia. Foi apontado que há no Brasil diversos setores alinhados à bioeconomia, mas que se apropriam do conceito sem buscar um diálogo com outras áreas. Não há debates entre diferentes setores e nem a ocorrência de eventos multidisciplinares e plurais que busquem uma harmonização do conceito e que apontem eixos estratégicos.

A criação de uma massa crítica é relevante para a construção da bioeconomia pois permite a conscientização e o surgimento constante de questionamentos necessários para dar início a busca de soluções e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de tecnologias.

Em níveis básicos, o Brasil parece não possuir regulação adaptada à realidade da bioeconomia. Em geral, as citações referiam-se à existência de burocracias e longos prazos para liberação de modificações genéticas. Em um setor que é capital intensivo, essas barreiras podem inviabilizar projetos, principalmente para pequenas e médias empresas. Outro gargalo apontado era regulação para trabalhar com produtos da biodiversidade que foi considerada complexa.

Diversos atores entrevistados apontam pontos positivos na regulação brasileira, inclusive, citam que ocorreu melhora no prazo de emissão patentes e avanço no uso de tecnologias da informação nos processos regulatórios. Mas é unanimidade que há muitos pontos que precisam ser melhorados.

Em níveis intermediários, também foi considerado que as capacidades tecnológicas não estão estabelecidas. O ponto crítico foi a ausência de ambiente que possibilite inovações de maiores riscos, aquelas em nível de planta piloto e planta demonstração. Para os atores, o Brasil carece de ambiente macroeconômico favorável, não há instrumentos financeiros adaptados ao contexto da bioeconomia, as universidades possuem poucos recursos e há carência de profissionais multidisciplinares.

Este último ponto é relevante para a bioeconomia pois a inovação requer coordenação de diferentes elos da cadeia e há necessidade de profissionais capazes de gerir equipes de áreas distintas.

A maior parte dos entrevistados que comentaram sobre capacidades sistêmicas consideraram que inovação aberta já é uma realidade no Brasil. Já existem diversos programas que buscam maior interação entre os diferentes agentes. Um dos exemplos mais citados foi o Embrapii que tem o objetivo de estruturar projetos de maior risco com a atuação conjunta de empresas, centros de pesquisa e universidades. Outro ponto destacado foi a existência de “sistemas de inovação” setoriais, como no caso da cadeia da cana. Todavia, há carência de recursos para ampliar programas como os da Embrapii e os sistemas setoriais ainda não incorporaram o conceito de bioeconomia, isto é, ainda estão limitados às trajetórias que já percorreram.

A governança na bioeconomia, ou seja, a presença de atores relevantes que definam trajetórias aparece como ausente, apesar de muitos dos entrevistados considerarem como parcialmente existente. Muitos citaram a atuação do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) na construção de uma governança. Porém, a maioria dos entrevistados consideraram que não há estratégia e nem definições de tecnologias. Essa carência dificulta a tomada de decisão de investidores privados que veem como arriscado apostar em novas trajetórias sem a existência de políticas de incentivo ou desenho de marcos regulatórios.




Em níveis avançados, as citações foram bem inferiores, 25 citações contra 62 em níveis intermediários e 42 em níveis básicos. A principal barreira identificada foi a inexistência de um *hub* tecnológico, isto é, um local de geração de conhecimento e tecnologias no qual universidades, startups e empresas atuem em novas fronteiras tecnológicas.

Porém, foi apontado no Brasil a existência de polos de excelência que atuam de maneira local e possuem alguma interação com centros de referência internacional. Apesar de buscarem atender demandas locais, para a realidade brasileira, as inovações são em trajetórias estabelecidas.

As capacidades sistêmicas são necessárias para criar relações entre os elos da cadeia, para que as especificidades regionais e das biomassas sejam entendidas e para a criação de um ambiente propício à inovação. Sobre ambiente para inovação, é importante que os riscos sejam diluídos para que inovações mais radicais saiam do estágio de laboratório e alcancem os mercados. Para tanto, a existência de governança pública, que crie políticas públicas e determine regulação adequada, é um passo para definir trajetórias e iniciar o acúmulo de capacidades.

#### **5.4 *Path-creating* e a construção de capacidades tecnológicas no Brasil**

A tabela 20 mostra para cada célula da tabela qual deve ser o processo de desenvolvimento e cita exemplos que justificam a necessidade de estratégias de *path-creating* e/ou de *cathing-up* tradicional.

Matérias-primas					
	<i>Produção sustentável e meio ambiente</i>	<i>Novas culturas e resíduos</i>	Biodiversidade	<b>Bio-manufatura</b>	<b>Bioprodutos</b>
<b>Avançadas</b>		Path-creating: desenvolvimento de novas variedades adaptadas ao contexto brasileiro e desenvolvimento de equipamentos para atender às culturas regionais Catching-up: insumos, equipamentos, técnicas etc. necessárias para realizar pesquisas com biotecnologia	Path-creating: atuação próxima aos biomas e coleta de moléculas únicas	Path-creating: novas trajetórias devem considerar tecnologias para aproveitamento de biomassa únicas ao Brasil Catching-up: Recursos e conhecimentos envolvendo biotecnologia industrial. Importante, esses conhecimentos também devem ser utilizados para explorar a biodiversidade molecular	Path-creating: pesquisa explorando o potencial da biodiversidade Catching-up: acúmulo de conhecimento na produção de máquinas e equipamentos
	Path-creating: geração interna de conhecimento em nível internacional Catching-up: parcerias com empresas e outras instituições internacionais. Pesquisa integrada com player internacionais				
<b>Intermediárias</b>	Path-Creating: identificar condições locais e avaliar os impactos regionais Catching-up: recursos e conhecimentos com bioinformática	Path-creating: culturas regionais não possuem referências internacionais. Novas metodologias de produção e novos equipamentos personalizados devem ser desenvolvidos Catching-up: diversas tecnologias e equipamentos com mercados estabelecidos podem ser adaptados para novos usos	Path-Creating: Dificil replicação da oferta de biomassa e regulações sobre patrimonio genético exigem teste próximo a fonte. Capacitação de locais	Path-creating: adaptação em novas tecnologias geradas para atender biodiversidade local Catching-up: acúmulo de conhecimento na produção de máquinas e equipamentos	
	Path-creating: atender as condições nacionais de mercado e de incentivo a inovação Catching-up: parcerias com empresas e outras instituições internacionais				
<b>Básicas</b>		Path-Creating: ampliar conhecimentos locais e disseminar conhecimento entre produtores	Path-Creating: ampliar conhecimentos locais e disseminar conhecimento entre comunidades.	Path-creating: arranjos locais envolvem especificidades regionais Catching-up: acúmulo de conhecimento na produção de máquinas e equipamentos	Path-creating: Marketing deve considerar a origem e as especificidades da matéria prima. Os recursos devem conhecer a cadeia Catching-up: metodologias alinhadas com as internacionais
	Path-creating: Massa crítica interna Catching-up: diálogos com instituições internacionais				

**Tabela 20- Path- creating e catching-up para a bioeconomia no Brasil**

Fonte: elaboração própria

Fica claro que no Brasil é preciso uma trajetória de *path-creating* em todos os níveis uma vez que não há referências internacionais a se seguir e a exploração da biomassa regional não possui mercado suficiente para atrair grandes players globais. Portanto, fez-se a necessidade de um *path-creating* capaz de construir uma dinâmica de inovação interna capaz de criar os incentivos necessários para que inovar na bioeconomia seja um negócio.

Vale lembrar que *path-creating* é uma estratégia de *catching-up*. Na tabela 20, *cacthing-up* refere-se ao processo tradicional de desenvolvimento, em que conhecimento e capacidades externas são absorvidas e há uma trajetória a se seguir. No caso da bioeconomia, toda a questão de máquinas e equipamentos podem ser incorporadas internamente. Porém, destaca-se que há necessidade de renovação de todo o parque industrial. É importante que haja a capacidade do fornecimento de máquinas e equipamentos personalizados aos diferentes casos.

No caso da biotecnologia industrial também se observa a oportunidade de aprender com os players internacionais. Portanto é importante estratégias de atração de conhecimentos externos e de recursos humanos.

## 6 CONCLUSÃO

A questão central da tese é identificar a possibilidade de uma métrica de capacidades tecnológicas capaz de avaliar o status de desenvolvimento da bioeconomia em países. Para responder a tal pergunta, um primeiro passo necessário foi encontrar uma definição de bioeconomia abrangente o suficiente para gerar desenvolvimento tecnológico, econômico e ambiental.

Baseada em entrevistas com atores envolvidos na bioeconomia, a definição de bioeconomia identificada foi:

A bioeconomia compreende setores relacionados à produção de biomassa e seu uso como matéria-prima para a geração de ampla gama de bioprodutos como alimentos, rações, energéticos, biomateriais e bioquímicos. Porém, apenas considera inseridos na bioeconomia aqueles setores com produção sustentável, que não ameaça o meio ambiente, que protege a qualidade dos alimentos e que valoriza a biodiversidade.

Essa definição é abrangente pois considera a possibilidade de diferentes modelos de produção que podem coexistir na economia. Para cada modelo sempre há possibilidade de avançar para maior sustentabilidade e maior conteúdo tecnológico. Por exemplo, uma produção em larga escala de alguma *commodity* vegetal pode ganhar sustentabilidade com aplicação de

melhores práticas, uso de variedades genéticas mais produtivas e uso de bioinsumos. Já a produção de produtos da biodiversidade pode envolver inovações complexas com a utilização de tecnologias da informação e modelos de avaliação de sustentabilidade.

Ter uma definição de bioeconomia é relevante pois ela é necessária para dar os contornos e orientações para a adoção das estratégias de desenvolvimento. Ou seja, é preciso construir um alvo a se seguir no processo de desenvolvimento. A definição apresentada dialoga com a tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia pois perpassa por todas as funções da bioeconomia e destaca a necessidade de se atingir metas de sustentabilidade.

Com a tabela, é possível identificar a possibilidade da existência de diversas “bioeconomias”, isto é, a convivência complementar de diferentes modelos de produção. Alguns com foco em biorrefinarias e operação em maiores escalas, outros com menores escalas abastecidas com produção de SAFs e, inclusive, produções em pequenas escalas com produtos da biodiversidade e atuação de comunidades locais.

A tabela de capacidades tecnológicas em bioeconomia foi construída com base em duas etapas de entrevistas com os atores atuantes na bioeconomia e a realização de um workshop com pesquisadores de grupos de pesquisas. O resultado foi a tabela de capacidade tecnológicas em bioeconomia que possibilitou um olhar estritamente tecnológico para a bioeconomia e transversal a diferentes visões de bioeconomia. Ela foi preenchida com diferentes recursos, processos, tecnologias e rotinas capazes de serem gerados com acúmulo de diferentes níveis de capacidades tecnológicas.

Quando aplicada ao caso brasileiro, a tabela identifica que o país possui capacidades tecnológicas estabelecidas ou parcialmente estabelecidas em setores dispersos que podem ser reforçadas e expandidos para atender as necessidades da bioeconomia. Observa-se que o longo período de desenvolvimento de setores envolvidos com biomassa, como o de biocombustíveis, auxiliou o país na construção de recursos e conhecimentos necessários para avançar para a bioeconomia.

Todavia, há no Brasil grande deficiência em capacidades necessárias para o aproveitamento eficiente dos produtos da biodiversidade. Inclusive, identifica-se que o país carece de capacidades básicas pois nem informações sobre as oportunidades do aproveitamento da biodiversidade são conhecidas. Outra carência no país é a falta de capacidades sistêmicas para inovar, aquelas necessárias para que haja coordenação entre diferentes atores na realização do processo de inovação. Ainda, no Brasil é identificado a falta de um ambiente que incentive a realização de processo de inovação envolvendo projetos de maiores escalas e de maiores riscos.



Por fim, a tese entende que a construção da bioeconomia no Brasil requer essencialmente a adoção de uma estratégia de *path-creating* uma vez que o desenvolvimento das capacidades tecnológicas exige a construção de conhecimentos idiossincráticos, necessários para atender as especificidades regionais.

As capacidades necessárias variam desde a construção de bancos de dados sobre as condições locais e os recursos biológicos regionais até a construção de setores de ativos complementares capazes de oferecer serviços, insumos e maquinários específicos para as novas cadeias produtivas.

Apesar de esforços de *path-creating* serem necessários, principalmente para o aproveitamento da diversidade biológica do Brasil, o completo desenvolvimento da bioeconomia exige também a utilização de processos de desenvolvimento similares aos tradicionais processos de *catching-up*.

Para muitas das culturas estabelecidas, acumulação de capacidades envolvendo trajetórias relacionadas às tecnologias tradicionais são necessárias para que as empresas e outras instituições compreendam as particularidades das tecnologias e consigam realizar adaptações, como adaptação em equipamentos para operar com uma nova biomassa. Importante destacar que, mesmo nesses casos, algum conhecimento específico é necessário para determinar qual adaptação é necessária.

No caso da biotecnologia industrial, ficou claro que o Brasil está atrás dos países líderes e depende da importação de bens e insumos para a realização de pesquisas e processos. Neste ponto destaca-se a possibilidade de uma trajetória de *catching-up* onde a fonte de conhecimento inicial vem de fora do país. Porém, mesmo seguindo essa lógica, a passagem das capacidades intermediárias para as avançadas incorre em um processo de *path-creating*, com o país construindo capacidades para determinar novas rotas de desenvolvimento.

Para a literatura econômica, a principal contribuição da tese é o fornecimento de um quadro analítico capaz de avaliar o nível de desenvolvimento da bioeconomia que, como apresentada, representa uma quebra de paradigma.

Além disso, a tese possui foco em setores intensivos em recursos naturais, revelando que estes setores também podem desenvolver capacidades tecnológicas avançadas e são dinâmicos. Quer dizer, eles podem fazer com que países avancem da situação de atraso e alcancem a fronteira de inovação.

Em relação à literatura que utiliza o termo *path-creating*, a tese oferece um quadro prático que pode ser aplicado diretamente em situações de construção da bioeconomia. Na literatura, encontram-se apenas estudos de casos históricos.

Todavia, a tese possui uma série de limitações que podem ser superadas com novas pesquisas. A primeira limitação é que foram entrevistados apenas atores atuantes no Brasil. Uma amostra mais diversificada poderia oferecer um quadro mais geral da bioeconomia. Vale notar que os desafios encontrados no Brasil para o avanço da bioeconomia podem ser bem distintos da realidade de outras regiões.

A segunda limitação deriva da primeira pois seria interessante aplicar a tabela de capacidades tecnológicas para outros países. Assim, seria possível reforçar o uso da tabela como ferramenta de avaliação e comparar o nível de diferentes países.

Uma terceira limitação é que a tese não lida com os mecanismos de aprendizado, ou seja, apesar de apontar a existência ou não existência de capacidades, não possui metodologia para avaliar quais os mecanismos de aprendizado que devem ser utilizados para a construção das capacidades tecnológicas e nem onde estão as fontes de conhecimento.

Por fim, a tese não sugere políticas públicas com foco em construir um processo de *path-creating*. Seria interessante mesclar a metodologia desenvolvida aqui com trabalhos envolvendo *policy mixes* para identificar rotas para incentivar e desenvolver a bioeconomia nos países

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **Amazônia: Por uma economia do conhecimento da natureza**. [s.l.] Editora Elefante, 2020.
- ABRAMOVITZ, M. Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. **The journal of economic history**, v. 46, n. 2, p. 385–406, 1988.
- ALBRECHT, S. et al. Bio-economy at a crossroads. Way forward to sustainable production and consumption or industrialization of biomass? **GAIA Ecol. Perspect. Sci. Soc**, v. 21, 2012.
- ALLAN, R. P. et al. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Em: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Eds.). [s.l.] Cambridge University Press, 2021. p. 3–32.
- BELL, M. ‘Learning’ and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. Em: FRANSMAN, M.; KING, K. (Eds.). **Technological Capability in the Third World**. London: Palgrave Macmillan UK, 1984. p. 187–209.
- BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: recent empirical contributions and implications for research. **Canadian Journal of Development Studies / Revue canadienne d’études du développement**, v. 33, n. 1, p. 14–40, 1 mar. 2012.
- BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between. 1993.
- BOMTEMPO, J.-V.; ALVES, F. C.; OROSKI, F. DE A. Developing new platform chemicals: what is required for a new bio-based molecule to become a platform chemical in the bioeconomy? **Faraday Discussions**, v. 202, n. 0, p. 213–225, 20 set. 2017.
- BRASIL. **Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/bioeconomia-brasil-sociobiodiversidade>>.
- BUGGE, M. M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 691, jul. 2016.
- CGEE. **BIOECONOMIA BRASILEIRA: Panorama da produção científica nacional: BOLETIM TEMÁTICO DA BIOECONOMIA**. [s.l.: s.n.].
- CNI. **Bioeconomia e a Indústria Brasileira**. Brasília: [s.n.].
- COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128–152, 1990.

CUSMANO, L.; MORRISON, A.; RABELLOTTI, R. Catching up Trajectories in the Wine Sector: A Comparative Study of Chile, Italy, and South Africa. **World Development**, v. 38, n. 11, p. 1588–1602, 1 nov. 2010.

D'AMATO, D.; VEIJONAHONEN, S.; TOPPINEN, A. Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs. **Forest Policy and Economics**, Forest-based circular bioeconomy: matching sustainability challenges and new business opportunities. v. 110, p. 101848, 1 jan. 2020.

DANTAS, E. et al. The emerging opportunities for innovation in natural resource-based industries in Latin America: only potential or being realised? **Periódicos científicos e revistas FGV**, jan. 2013.

DANTAS, E.; BELL, M. Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: The case of Petrobras in Brazil. **Research Policy**, v. 38, n. 5, p. 829–844, 1 jun. 2009.

DUTRÉNIT, G. et al. Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 145, p. 396–412, 1 ago. 2019.

EMF. **Financing the Circular Economy—Capturing the Opportunity**. [s.l.: s.n.].

EMF. **What is a circular economy?** Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>>.

FAGERBERG, J.; GODINHO, M. M. Innovation and Catching-Up. Em: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. [s.l.] Oxford University Press, 2006. p. 0.

FIGUEIREDO, P. N. Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource-processing firms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 7, p. 1090–1108, 1 set. 2010.

FIGUEIREDO, P. N. Beyond technological catch-up: An empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 31, p. 73–102, 1 jan. 2014.

FIGUEIREDO, P. N.; COHEN, M. Explaining early entry into path-creation technological catch-up in the forestry and pulp industry: Evidence from Brazil. **Research Policy**, v. 48, n. 7, p. 1694–1713, 1 set. 2019.

FIGUEIREDO, P. N.; COHEN, M.; GOMES, S. Firms' innovation capability-building paths and the nature of changes in learning mechanisms: multiple case-study from an emerging economy. **UNU-MERIT Working Papers**, v. n. 2013-007, 2013.

FRISHAMMAR, J. et al. The role of pilot and demonstration plants in technological development: synthesis and directions for future research. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 27, n. 1, p. 1–18, 2 jan. 2015.

FRISVOLD, G. B. et al. Understanding the U.S. Bioeconomy: A New Definition and Landscape. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1627, jan. 2021.

GEELS, F. W. **Technological Transitions and System Innovations: A Co-evolutionary and Socio-technical Analysis**. [s.l.] Edward Elgar Publishing, 2005.

GERSCHEKRON, A. Economic backwardness in historical perspective. 1962.

GIAMPIETRO, M. On the Circular Bioeconomy and Decoupling: Implications for Sustainable Growth. **Ecological Economics**, v. 162, p. 143–156, 1 ago. 2019.

GIL, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Editora Atlas SA, 2008.

GOLEMBIEWSKI, B.; SICK, N.; BRÖRING, S. The emerging research landscape on bioeconomy: What has been done so far and what is essential from a technology and innovation management perspective? **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, APPLICATIONS OF PEF FOR FOOD PROCESSING. v. 29, p. 308–317, 1 maio 2015.

GONZALEZ, R. **Processo alternativo de catch-up em indústrias intensivas em recursos naturais: uma análise empírica da trajetória tecnológica da indústria de bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2016.

HANSEN, U. E.; LEMA, R. The co-evolution of learning mechanisms and technological capabilities: Lessons from energy technologies in emerging economies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 140, p. 241–257, 1 mar. 2019.

HOBDAV, M. Innovation in Asian Industrialization: A Gerschenkronian Perspective. **Oxford Development Studies**, v. 31, n. 3, p. 293–314, 1 set. 2003.

IEA. **Global biorefinery status report 2022**. [s.l.: s.n.].

IRENA. **World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway**. [s.l.: s.n.].

KIM, L. Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's experience. **Industrial and Corporate Change**, v. 8, n. 1, p. 111–136, 1 mar. 1999.

KLITKOU, A.; FEVOLDEN, A. M.; CAPASSO, M. **From Waste to Value: Valorisation Pathways for Organic Waste Streams in Circular Bioeconomies**. [s.l.] Routledge, 2019.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165–186, 1 fev. 1992.

LEE, K.; KIM, Y. K. Comparing the National Innovation Systems in East Asia and Latin America: Fast Versus Slow. Em: CLARKE, T.; LEE, K. (Eds.). **Innovation in the Asia Pacific: From Manufacturing to the Knowledge Economy**. Singapore: Springer, 2018. p. 63–82.

LEE, K.; LIM, C. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. **Research Policy**, v. 30, n. 3, p. 459–483, 1 mar. 2001.

LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. **Research Policy**, v. 46, n. 2, p. 338–351, 1 mar. 2017.

LEWANDOWSKI, I. (ED.). **Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy**. [s.l.] Springer Nature, 2018.

LOKKO, Y. et al. Biotechnology and the bioeconomy—Towards inclusive and sustainable industrial development. **New Biotechnology**, Bioeconomy. v. 40, p. 5–10, 25 jan. 2018.

MOKYR, J. **The Enlightened economy an economic history of Britain 1700-1850**. [s.l.] Yale University Press, 2010.

NOBRE, C. A. Projeto “Amazônia 4.0”: Definindo uma Terceira Via para a Amazônia. **Revista Futuribles**, 1 jan. 2019.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criacão de conhecimento na empresa**. [s.l.: s.n.].

NYKO, D. et al. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? mar. 2013.

OECD. **Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy**. [s.l.] OECD Publishing, 2018.

PEREZ, C.; SOETE, L. Catching-up in technology: entry barriers and windows of opportunity. Em: **Technical Change and Economic Theory**. [s.l.: s.n.].

POMERANZ, K. **The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy**. [s.l.] Princeton University Press, 2021.

REINERT, E. S. The role of the state in economic growth. **Journal of Economic Studies**, v. 26, n. 4/5, p. 268–326, 1 jan. 1999.

SANZ-HERNÁNDEZ, A.; ESTEBAN, E.; GARRIDO, P. Transition to a bioeconomy: Perspectives from social sciences. **Journal of Cleaner Production**, v. 224, p. 107–119, 1 jul. 2019.

SAVIOTTI, P. P. Structural Change, Knowledge and the Bioeconomy. Em: DABBERT, S. et al. (Eds.). **Knowledge-Driven Developments in the Bioeconomy: Technological and Economic Perspectives**. Economic Complexity and Evolution. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 17–32.

SILVA, M. F. DE O. E.; PEREIRA, F. DOS S.; MARTINS, J. V. B. A bioeconomia brasileira em números. mar. 2018.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997.

TURNHEIM, B.; GEELS, F. W. The destabilisation of existing regimes: Confronting a multi-dimensional framework with a case study of the British coal industry (1913–1967). **Research Policy**, Economics, innovation and history: Perspectives in honour of Nick von Tunzelmann. v. 42, n. 10, p. 1749–1767, 1 dez. 2013.

UTTERBACK, J. M.; ABERNATHY, W. J. A dynamic model of process and product innovation. **Omega**, v. 3, n. 6, p. 639–656, 1 dez. 1975.

VAN LANCKER, J.; WAUTERS, E.; VAN HUYLENBROECK, G. Managing innovation in the bioeconomy: An open innovation perspective. **Biomass and Bioenergy**, v. 90, p. 60–69, 1 jul. 2016.

VERGARA, A. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Editora Atlas SA, 1998.

VIVIEN, F.-D. et al. The Hijacking of the Bioeconomy. **Ecological Economics**, v. 159, p. 189–197, 1 maio 2019.

WAACK R.S. O valor da diversidade para a bioeconomia. **Página 22**.2021

YU, J. From path-following to path-creating, some paradigm shifts in China's catching-up. **International Journal of Technology and Globalisation**, v. 3, n. 4, p. 409–421, jan. 2007.

## 7 ANEXO

Roteiro de entrevista:

Tópicos	Perguntas
Melhoramento genético	Há no Brasil o desenvolvimento sistemático de novas variedades de vegetais com o uso das técnicas de melhoramento genético? Quais as técnicas mais básicas e as mais avançadas?
Conectividade	Quais aspectos importantes as políticas públicas devem considerar para que haja conectividade em áreas rurais?
Conectividade	Sobre as novas tecnologias da informação? Como encontra-se o uso sensoriamento remoto e internet das coisas na oferta de matérias-primas. Como está o uso no Brasil? Há empresas atuando em parcerias com as universidades? E para outras formas de produção (biodiversidade)?
Sistemas produtivos	Sistemas integrados, que utilizem de formas mais intensiva o solo (ILPF) são uma realidade no Brasil? O que falta para ser mais disseminado?
Sistemas produtivos	Quais os desafios para migrarmos de uma agricultura de base química para uma de base orgânica?
Legislação	O arcabouço regulatório ambiental brasileiro é bem desenhado?



Legislação	Além de formas de comando em controle, há no país sistemas de compensação? É difícil de implementar?
Novas culturas	Qual o nível de conhecimento do Brasil sobre sua diversidade produtiva? Há informações acessíveis para iniciar um empreendimento com uma cultura regional?
Novas culturas	Quando se busca escala, que tipo de experimentação precisa ter? Há disponibilidade de ativos complementares?
Biodiversidade	Como que a cultura regional e comunidades podem auxiliar no desenvolvimento de novas cadeias?
Biodiversidade	Conhece bases de dados sobre produtos da biodiversidade? Conhece políticas de fomento para o desenvolvimento de cadeias das biodiversidades?
Adaptação em tecnologias/Industria de bens de capital	O Brasil possui uma indústria de bens de capital capaz de produzir equipamentos adaptados para novas culturas?
Economia circular	Quais incentivos são importantes para que as empresas migrem para uma lógica circular?
Arranjos produtivos	Como fomentar o surgimento de arranjos produtivos locais?
Biotecnologia industrial	O Brasil possui produção relevante de insumos biológicos? Temos ativos complementares para atender à indústria? Fazemos pesquisa com biotecnologia avançada?

Biomanufatura	Conhece exemplos de simbiose industrial no país? Como elas podem se difundir?
Biomanufatura	Como agregar valor à biodiversidade? Como lidar com uma oferta diversificada e com baixa escala?
Sustentabilidade	Quais maneiras a sustentabilidade podem ser valorizadas nos bioprodutos? O que o Brasil tem feito nesse sentido
Sustentabilidade	No Brasil há uma cultura sustentável? Estamos muito longe de termos uma sociedade realmente preocupada
Sustentabilidade	Além do carbono, há outros critérios que devem ser avaliados. O Brasil possui esses índices, há pesquisa para desenvolver parâmetros de sustentabilidade?
Segmentação de mercados	Que tipo de capacidade as empresas precisam ter para atender mercados segmentados? Como construir mercados de nicho?
Segmentação de mercados	Conhece casos de bioquímicos plataforma no Brasil?
Sistêmicas	Há uma massa crítica voltada para bioeconomia ou apenas esforços pontuais? O Brasil compreende seu potencial na bioeconomia? Existe esforço interno de atrair conhecimento gerado em outros países? O Brasil favoreça o empreendedorismo na bioeconomia? O processo de inovação no país enfrenta dificuldades em ganhar escala? As empresas e outras instituições

	compreendem a natureza aberta da inovação?
--	--