



Elementos para uma Estratégia
Nacional de Implementação de

Biorrefinarias no Brasil



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO,
INDÚSTRIA, COMÉRCIO
E SERVIÇOS

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO



Elementos para uma Estratégia
Nacional de Implementação de

Biorrefinarias no Brasil

Brasília, abril de 2025



FICHA TÉCNICA

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS (MDIC)

Vice-Presidente da República e Ministro do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
Geraldo José Rodrigues Alckmin Filho

Secretário-Executivo
Márcio Fernando Elias Rosa

Secretária-Executiva Adjunta
Aline Damasceno Ferreira Schleicher

Secretário de Economia Verde, Descarbonização e Biondústria
Rodrigo Sobral Rollemberg

Equipe do Departamento de Bioindústria e Insumos Estratégicos da Saúde (DEBIO)
Antonio José Juliani, Gilberto de Menezes Schittini, José Ricardo Ramos Sales, Juliana Gondim de Albuquerque Lima, Luiz Henrique Mourão do Canto Pereira e Sissi Alves da Silva

Diretores Nacionais do Projeto BRA/18/023
James Elias Junior
Frederico França Batista

Coordenadores Nacionais do Projeto BRA/18/023
Tatiana Uene de Brito e Iuri Mota Cassemiro

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD)

Representante Residente
Claudio Providas

Representante Residente Adjunta
Elisa Calcaterra

Representante Residente Assistente
Maristela Baioni

Coordenador da Unidade Desenvolvimento Socioeconômico Inclusivo
Cristiano Prado

Oficiais de Programa da Unidade de Desenvolvimento Socioeconômico Inclusivo
Maria Teresa Amaral Fontes
Mônica Azar

Gerentes de Projetos

Guilherme Berdú
Kesia Braga
Luciana Brant
Mayra Almeida
Thaís Pires

Assistentes de Projetos

Juan Daniel Ordóñez, Karen Barros
e Manuela Oliveira

Núcleo de Produção

Roberto Astorino, Manoel Salles
e Estevão Ramaldes

Contato: dsi.br@undp.org

O conteúdo deste documento inclui parte dos produtos elaborados pelo consultor José Vitor Bomtempo Martins no âmbito do PROJETO BRA/18/023 – *Modernização da Economia e Ampliação Qualificada da Inserção Comercial Brasileira*, firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD Brasil) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) do Governo Brasileiro. As visões e as conclusões apresentadas nesse documento não representam, necessariamente, a perspectiva do PNUD ou do MDIC.

O diagnóstico, os mapeamentos e as propostas apresentados neste documento contaram com a colaboração de diversas entidades e especialistas em bioeconomia, cuja contribuição foi fundamental para avançar o entendimento das oportunidades de valorização sustentável das biomassas no país.

AGRADECIMENTOS: Cleila Guimarães Pimenta Bosio (MDIC), Gilberto de Menezes Schittini (MDIC), José Ricardo Ramos Sales (MDIC) e Luiz Henrique Mourão do Canto Pereira (MDIC), Adriano Santos do Nascimento (LOA, UFPA), Aline Gomes (IFRO), Amanda Gondim (RBQAV, UFRN), André Gustavo Alves da Silva (COCAL), Andréa Azevedo (Fundo JBS), Artur Milanes (BNDES), Ayla Santana (INT), Bruna de Vita (MMA), Bruno Nunes (MCTI), Claudia Lima (ITCBio), Claudia Rezende (LAROMA/UFRJ), Daniel Barreto (Assessa), Donato Aranda (EQ/UFRJ), Edmond Baruque (TOBASA), Eduardo Roxo (INOCAS), Felipe Mori (S.Oleum), Fernando Sampaio (São Martinho), Francisco de Blanco (S.Oleum), Francisco Razzolini (Klabin), Frederico Nogueira (CETENE), Giovana Machado (CETENE), Guilherme Dantas (Essenz), Heloisa Ogushi e equipe (Suzano), James Melo (CETENE), José Seixas Lourenço (Biotec Amazônia), Kelly Medina (UNESP), Leonardo Teixeira (SENAI CETIQT), Luciano Sousa (EMBRAPII), Luiz Augusto Horta (UNIFEI), Manuel Carnaúba (Impacto Bioenergética), Marcia Vanusa (NBioCaaat, UFPE), Marcos Da Ré (CERTI), Mateus Garcez Lopes (Raizen), Maurício Syrio (FINEP), Patrícia Machado (IBÁ), Paulo Coutinho (SENAI CETIQT), Paulo Pavan (Bracell), Paulo Reis (Manioca), Renata Abreu (Bioeconomy for Change, França), Roberto Porro (Embrapa Amazônia Oriental), Rodrigo Lima (FINEP Regional Norte), Rodrigo Secioso (FINEP), Tereza Correa (NBioCaaat, UFPE), Thiago Falda (ABBI), Umberto Cinque (ABTCP), Vitarque Coelho (MIDR), Wesley Ambrósio (Braskem) e Yuri Orse (Acelen).

PREFÁCIO

O Brasil ocupa uma posição de destaque no cenário global quando o assunto é bioeconomia. Com sua vasta biodiversidade, extensas áreas agrícolas e matrizes elétrica e energética renováveis em relação ao restante do mundo, o país possui um potencial singular para o desenvolvimento de uma bioindústria pujante baseada numa visão sistêmica de biorrefinaria.

Esta publicação apresenta uma visão abrangente do biorrefinaria no Brasil, baseando-se na tríade: biorrefinaria, cadeia produtiva e ecossistema de produção e inovação. Explora suas oportunidades, desafios e o papel estratégico que as biorrefinarias — de todos os portes — podem desempenhar na transição para uma economia de baixo carbono.

Além de destacar experiências nacionais e internacionais, este material traz reflexões sobre inovação tecnológica, políticas públicas e modelos de negócios que podem impulsionar esse setor, em total alinhamento com a Nova Indústria Brasil (NIB) — em particular a Missão 5, de “Bioeconomia, Descarbonização e Transição e Segurança Energéticas para as gerações futuras”, lançada em dezembro de 2024 — e com as Estratégias Nacionais de Bioeconomia e de Economia Circular.

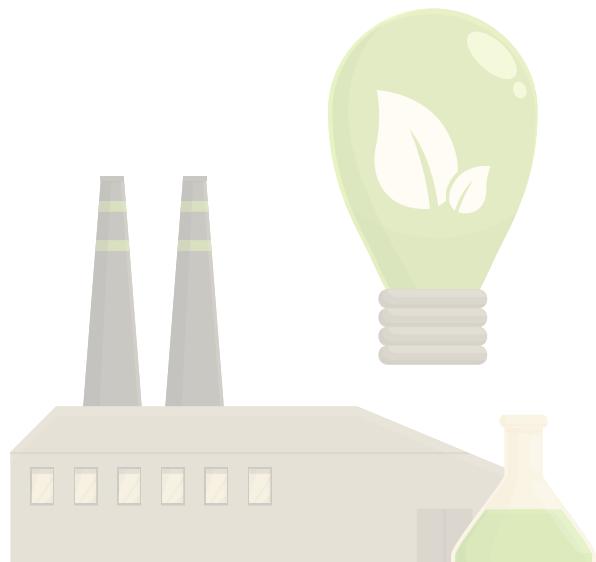
Enquanto resultado do Projeto BRA/18/023 — Modernização da Economia e Ampliação Qualificada da Inserção Comercial Brasileira, este trabalho exemplifica a relevância da cooperação entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD Brasil) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) para o desenvolvimento brasileiro nos temas de enorme relevância estratégica para avanços na sustentabilidade e na Agenda 2030 no país.

Mais do que uma fonte de conhecimento, esta publicação é um convite à ação. Empresas, pesquisadores, formuladores de políticas públicas e a sociedade têm a oportunidade de contribuir para um futuro mais sustentável e competitivo, no qual a bioindústria seja protagonista de um novo ciclo de desenvolvimento.

O Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) agradecem a todos que contribuíram para esta iniciativa — colaboradores, parceiros, indústria e academia. Que esta leitura seja enriquecedora e motivadora e fortaleça o compromisso do Brasil com uma bioindústria inovadora e sustentável!

Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento



SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	11
Matriz situacional do biorrefino no Brasil	13
1. Introdução	17
2. Biorrefinarias e biorrefino: aspectos conceituais e dimensões de análise	19
2.1 Definindo biorrefinaria e biorrefino.....	19
2.2 Atributos sistêmicos do biorrefino.....	20
2.3 Dimensões de análise dos negócios em biorrefino.....	22
3. Metodologia	25
4. Diagnóstico situacional — Análise das biorrefinarias brasileiras.....	33
4.1 Etapa 1: Desafios identificados.....	33
4.2 Etapa 2: Relação entre desafios e dimensões-chave	35
4.2.1 Matérias-primas	37
4.2.2 Tecnologias.....	41
4.2.3 Produtos	44
4.2.4 Modelos de negócio	45
4.3 Etapa 3: Situação atual do biorrefino no Brasil	48
5. Experiências internacionais de políticas sobre biorrefino	55
5.1 Uma visão geral dos países de referência.....	55
5.2 Uma visão transversal das políticas e programas	59
6. Recomendações	65
7. Conclusões	73
Referências.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cadeia produtiva do biorrefinaria.....	19
Figura 2: Atributos do biorrefinaria.....	20
Figura 3: Dimensões-chave de análise do biorrefinaria	23
Figura 4: Visão sistêmica do biorrefinaria	23
Figura 5: Representação esquemática da metodologia	25
Figura 6: Lista das biomassas selecionadas.....	27
Figura 7: Matriz da situação atual dos recursos	29
Figura 8: Matriz situacional do biorrefinaria no Brasil	49

LISTA DE QUADROS

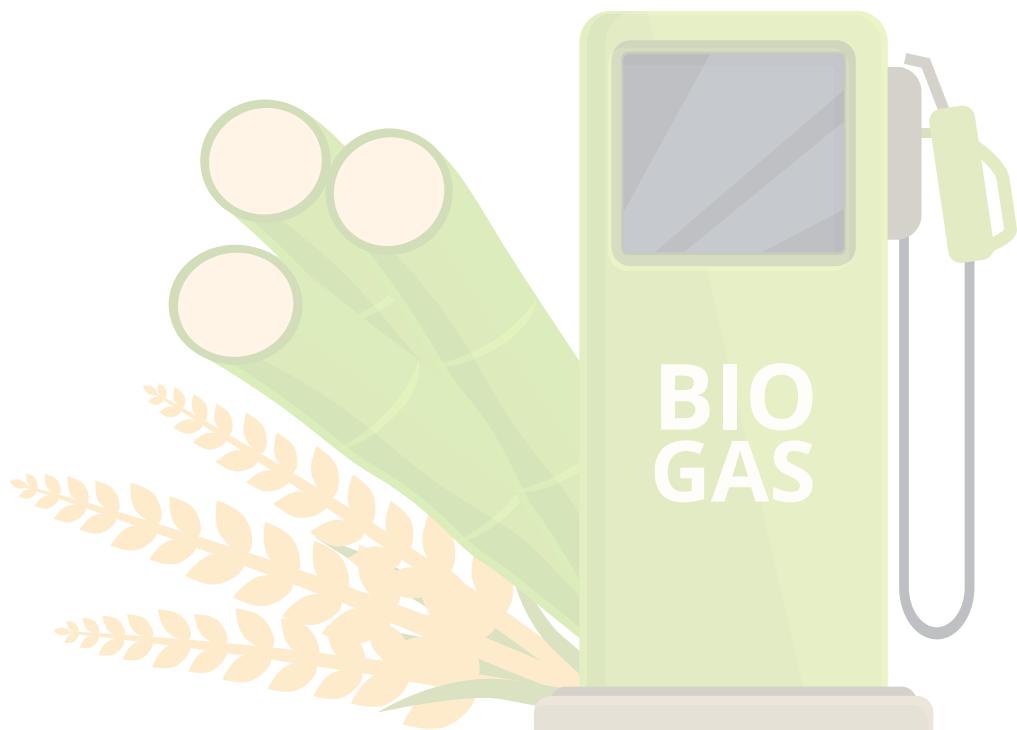
Quadro 1: Avaliação do estágio de desenvolvimento do biorrefinaria.....	28
Quadro 2: Tópicos pesquisados e informações mapeadas.....	31
Quadro 3: Desafios: identificação e breve descrição.....	34
Quadro 4: Relação entre os desafios identificados e as dimensões de análise	35
Quadro 5: Desafios por dimensões de análise e etapas do biorrefinaria.....	36
Quadro 6: Aspectos relacionados aos atributos do biorrefinaria nos quatro tipos de biomassa.....	49
Quadro 7: Desafios e recomendações.....	52
Quadro 8: Políticas relacionadas à bioeconomia	58
Quadro 9: Recomendações para as políticas de desenvolvimento do biorrefinaria no Brasil.....	65
Quadro 10: Relação entre as recomendações para as políticas e as dimensões analíticas.....	68
Quadro 11: Recomendações para as políticas de desenvolvimento do biorrefinaria no Brasil, por dimensões de análise e etapas do biorrefinaria.....	71

SIGLAS E ABREVIAÇÕES

ABC+	Plano da Agricultura de Baixa Emissão Carbono (Brasil)
ADEME	Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'énergie (França)
BETO	Bioenergy Technology Office (USA)
BIOEN	Programa de pesquisa em bioenergia da FAPESP (Brasil)
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil)
DOE	Department of Energy (USA)
EC	Economia circular
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil)
EUA	Estados Unidos da América
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Brasil)
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos (Brasil)
IACGB	International Advisory Council on Global Bioeconomy
IAR	Industrie et Agro-ressources (França)
IEA	International Energy Agency
IICA	Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture
ILPF	Programa de Integração da Lavoura-Pecuária-Floresta (Brasil)
IPAM	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Brasil)
ISPN	Instituto Sociedade, População, Natureza (Brasil)
IVA	Imposto sobre Valor Agregado
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária (Brasil)
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Brasil)
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (Brasil)



MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (Brasil)
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PAISS	Plano de Apoio à Inovação dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (Brasil)
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDE	Plano de Expansão de Energia (Brasil)
RENOVABIO	Política Nacional de Bicombustíveis (Brasil)
SAF	Sustainable Aviation Fuel
SAP	Sistema, Aplicativo e Produtos para Processamento de Dados
SISGEN	Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado
USDA	U.S. Department of Agriculture (USA)





SUMÁRIO EXECUTIVO

A importância do biorrefino e das biorrefinarias a partir das biomassas está fortemente relacionada às oportunidades de valorização sustentável das variadas biomassas disponíveis no Brasil. Nesse contexto, o objetivo do presente relatório é apresentar diagnósticos do estágio de desenvolvimento das biorrefinarias no Brasil e fornecer subsídios, com base nesses diagnósticos, para a elaboração de propostas de estratégias em biorrefinarias no país.

A reflexão desenvolvida neste estudo tem como ponto de partida a perspectiva de valorização sustentável dos recursos naturais brasileiros, gerando resultados econômicos, sociais e ambientais. Dessa forma, o relatório é produto de destaque para o fortalecimento dos objetivos e resultados do Projeto BRA/18/023 – Modernização da Economia e Ampliação Qualificada da Inserção Comercial Brasileira, firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD Brasil) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) do Governo Brasileiro.

Cabe ainda ressaltar que o presente relatório está alinhado à Missão 5 do Plano Nova Indústria Brasil, liderado pelo MDIC: “Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as futuras gerações”. A missão prevê, entre outras ações, a ampliação em 50% dos biocombustíveis na matriz energética dos transportes. Assim, o relatório apresenta o diagnóstico do estágio de desenvolvimento das biorrefinarias no Brasil e fornece subsídios para a elaboração de propostas de estratégias em biorrefinarias no Brasil.

Para isso, o trabalho propõe uma visão sistêmica de biorrefino que vai além da unidade industrial ou biorrefinaria. A visão sistêmica pode ser resumida na seguinte proposição:

Biorrefino = biorrefinaria + cadeia produtiva + ecossistema de produção e inovação

Para responder aos desafios da bioeconomia, o biorrefino deve buscar quatro atributos a serem idealmente alcançados: diversificação de produtos, aproveitamento integral da biomassa, circularidade e inserção regional/territorial. A figura abaixo ilustra a visão sistêmica de biorrefino e sua relação com seus atributos.

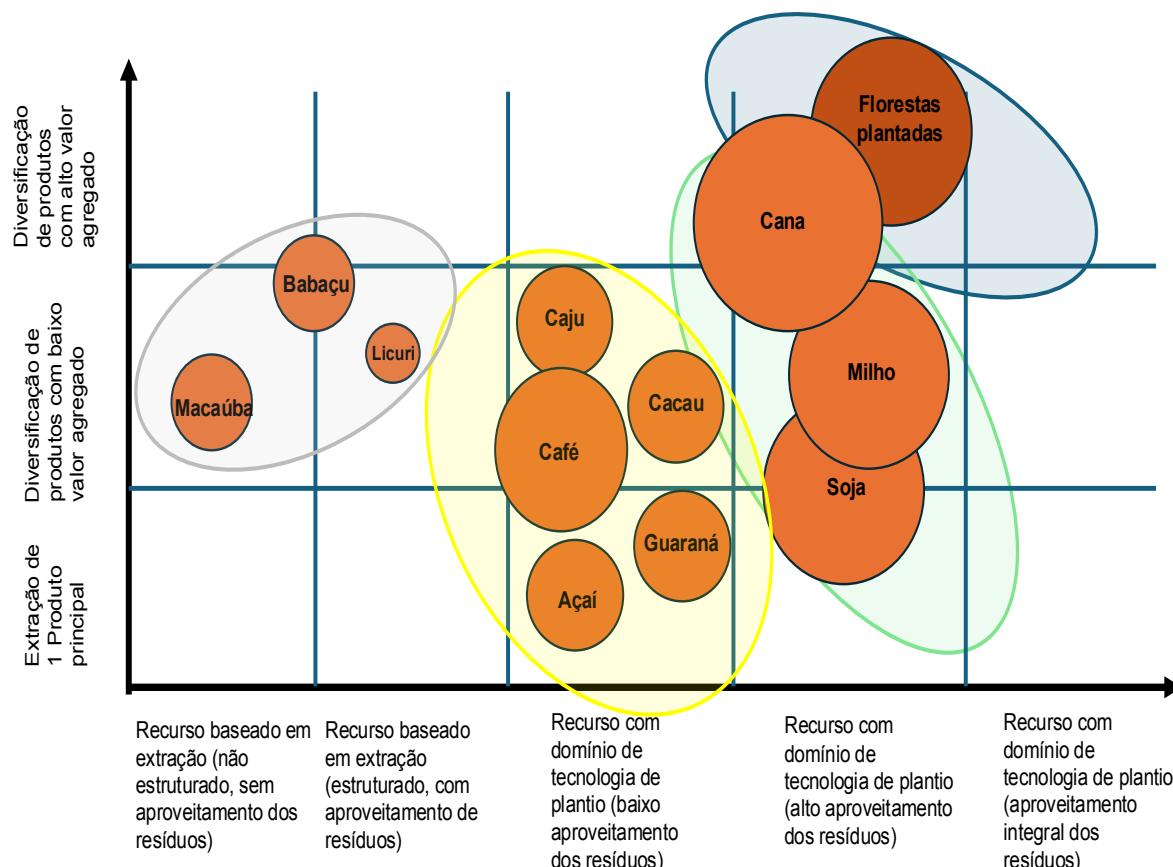
A diversidade de biomassas que podem ser exploradas no país deve ser compreendida em relação à diversidade de produtos, ao nível de agregação de valor, ao nível de aproveitamento integral da biomassa e ao modelo de oferta da biomassa (extrativismo ou cultivo). Essas dimensões permitem identificar quatro grupos distintos de biomassas que possuem lógicas próprias de exploração e valorização. Os grupos-tipo foram representados na pesquisa pelas florestas plantadas (grupo 1), cana de açúcar (grupo 2), café e açaí (grupo 3), babaçu e macaúba (grupo 4).



Fonte: Elaboração do consultor.

A figura a seguir ilustra o diagnóstico situacional do biorrefino no Brasil e identifica os quatro grupos distintos de biomassas.

Matriz situacional do biorrefino no Brasil



Fonte: Elaboração do consultor.

A proposta de uma visão integrada para o biorrefino permite entender que o desenvolvimento da industrialização a partir de biorrefinarias sucede a superação de desafios presentes no início das cadeias produtivas de diferentes recursos com diferentes níveis de estruturação. O fomento à etapa de industrialização na cadeia produtiva do biorrefino requer que sejam superados desafios referentes à etapa de beneficiamento primário, podendo ser esta entendida como uma pré-industrialização, tanto em relação aos recursos oriundos da biodiversidade brasileira, quanto em relação às biomassas agroflorestais lignocelulósicas.

São pontos de destaque no diagnóstico situacional do biorrefino no Brasil:

Não há, como regra, no biorrefino brasileiro, o aproveitamento integral dos recursos.	A diversificação de produtos é limitada e tende a ser voltada para produtos de baixo valor e raramente produtos de alto valor agregado.
Muitas biomassas são exploradas para extrair apenas um produto principal e seriam melhor designadas como pré-biorrefinarias.	A oferta de biomassa inclui extrativismo (estruturado e não estruturado) e cultivo, o que suscita problemas bem distintos de estruturação dos biorrefinos.
A industrialização deve ser estudada com atenção, em particular para a compreensão da evolução de setores baseados em biomassa que têm se mostrado dinâmicos, como o das florestas plantadas e da cana de açúcar.	A evolução e a maturidade de processos de biorrefino baseados na biodiversidade precisa ser estudada em profundidade, uma vez que é possível que o futuro do biorrefino brasileiro tenha como base os pilares de biomassas do agronegócio e as biomassas da biodiversidade.

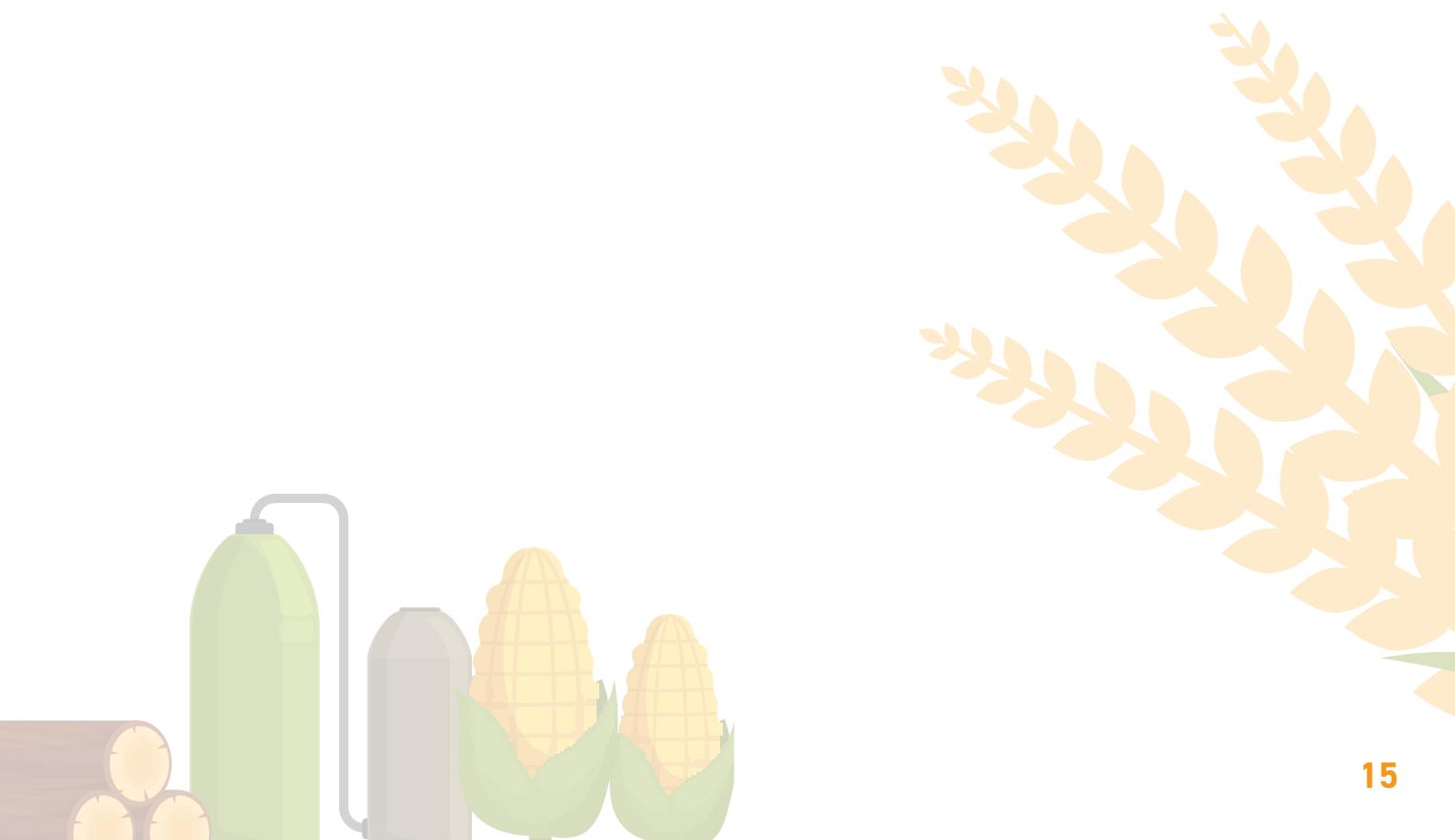
No âmbito internacional, este trabalho apresenta um estudo comparativo sobre os principais instrumentos identificados e as orientações políticas percebidas em seis países selecionados (Austrália, China, EUA, Finlândia, França, Tailândia). De forma geral, as estratégias e políticas identificadas são bastante diversas, representando bem os variados caminhos que a bioeconomia e a valorização das biomassas podem seguir. Entre as conclusões do estudo, sugere-se que os países estudados não possuem uma visão sistêmica do biorrefino. Entre as referências, a visão e a forma de estruturação do *Biomass Board* nos EUA é o melhor exemplo de visão sistêmica do biorrefino.

Com relação às políticas transversais investigadas neste estudo, destacam-se lições importantes relacionadas a fragilidades das políticas públicas brasileiras, principalmente em relação a processos de elaboração de programas e editais, coordenação e governança, mix de políticas e processos.



Entre as conclusões do relatório:

A visão sistêmica do biorrefinado (Biorrefinado = biorrefinaria + cadeia produtiva + ecossistema de produção e inovação) pode ter enorme relevância na elaboração das políticas públicas	
<p>Em relação às biomassas, o estudo propõe uma lista de 15 recomendações. A cadeia produtiva — oferta de biomassa, beneficiamento, industrialização, comercialização — e as dimensões de análise dos negócios em bioeconomia — matéria-prima, tecnologia, produtos, modelos de negócio — condicionam a implementação de cada uma das recomendações.</p>	<p>Todas as recomendações e instrumentos de política utilizados para implementá-las devem sempre considerar os atributos do biorrefinado — diversificação de produtos; aproveitamento integral da biomassa; circularidade e inserção regional/territorial.</p>
<p>Tanto a visão sistêmica quanto os atributos do biorrefinado são conceitos que não estão amplamente difundidos nos meios acadêmicos, industriais e governamentais. Caberia um esforço de divulgação e discussão desses conceitos que podem trazer uma melhor compreensão das oportunidades e desafios em biorrefinarias.</p>	<p>As propostas de políticas públicas para o desenvolvimento do biorrefinado precisam considerar os diferentes estágios de desenvolvimento das cadeias de fornecimento das biomassas e a incorporação de modelos sustentáveis de produção que priorizem os aspectos ambiental e social.</p>
<p>A elaboração de políticas e estratégias para o desenvolvimento do biorrefinado no Brasil deve considerar o benchmark internacional em dois pontos principais: i) governança e coordenação; e ii) processos de elaboração e acompanhamento de programas e editais.</p>	<p>A criação de uma instância de coordenação, à semelhança do Biomass R&D Board dos EUA, capaz de orientar iniciativas envolvendo governo, pesquisa e indústria em programas integrados, parece ser um passo inicial para criar as condições de desenvolvimento do biorrefinado no Brasil. Considerando que o desenvolvimento do biorrefinado está fortemente relacionado com os desenvolvimentos da bioeconomia e da economia circular, uma articulação entre essas agendas e suas instâncias de coordenação e governança é urgente.</p>





1. Introdução

A importância do biorrefino e das "Biorrefinarias"¹ a partir das biomassas está fortemente relacionada às oportunidades de valorização sustentável das variadas biomassas disponíveis no Brasil. O país tem sido capaz de desenvolver políticas e estratégias bem-sucedidas em bioenergia, como atestam ao longo de décadas as trajetórias do etanol e do biodiesel. A recente promulgação do projeto de lei Combustível do Futuro (Lei nº 14.993, de 8/10/2024, publicada no Diário Oficial em 9/10/2024)² reforça os esforços nacionais na continuidade e, principalmente, na evolução dessas trajetórias.

Entretanto, se o país tem avançado de forma consistente na produção de biocombustíveis, muitas oportunidades de valorização restam pouco exploradas. As biomassas que têm sido utilizadas na produção de biocombustíveis apresentam ainda oportunidades de diversificação de produtos e exploração mais eficiente de subprodutos e coprodutos. Além disso, muitas outras biomassas, que têm provavelmente baixas oportunidades para a produção de biocombustíveis, representam oportunidades de geração de inovações no uso eficiente dos recursos, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Na indústria sucroenergética, por exemplo, o potencial de valorização da vinhaça e resíduos na produção de biogás e biometano começa a se desenvolver e poderia gerar, em 10 anos, um volume de 6,1 bilhões de Nm³ (11,2 bilhões de Nm³ de biogás), considerando o aproveitamento total da vinhaça e da torta de filtro e de 20% das palhas e pontas (EPE, 2023). Ainda na indústria sucroenergética, outras oportunidades de diversificação de produtos podem ser exploradas tais como novas formas de valorização do bagaço, como etanol de segunda geração, celulose e lignina. E ainda restaria a valorização da palha e do CO₂.

Um potencial similar pode ser identificado na indústria de papel e celulose, com destaque para derivados da lignina. Numa trajetória semelhante, as grandes biomassas e cadeias que já apresentam um nível de industrialização bem estabelecido, como florestas plantadas, soja, milho e muitas outras, podem oferecer oportunidades de desenvolvimento do biorrefino com geração de bioproductos diversificados.

Em muitos casos, o potencial das biomassas é subexplorado. Esse é o caso das cadeias voltadas para a extração de componentes alimentares, como por exemplo café e frutas, e cadeias da biodiversidade brasileira,³ como por exemplo, entre muitos, açaí e babaçu. Nessas casos, a condição atual pode ser resumida em dois pontos: extração de um único produto principal que representa um pequeno percentual da biomassa e geração de grandes volumes de subprodutos e coprodutos que são descartados.

1. O estudo contou com a contribuição dos pesquisadores Flávia Alves, Fábio Oroski e Carlos Corrêa, do GEBio, Grupo de Estudos em Bioeconomia, da Escola de Química/UFRJ.

2. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14993.htm

3. A partir desse ponto, sempre que se mencionar biodiversidade estará se referindo à biodiversidade brasileira.

o caso do café, apenas 5% da massa colhida é consumida ao final da cadeia. Restam ao longo da cadeia 95% da massa na forma de cascas, grãos fora de especificação e borras (Arya, Venkatram, More, 2022). A exploração da polpa do açaí, por exemplo, gera um volume da ordem de 1,6 milhão de toneladas de caroços que, por um lado, podem ser vistos como um problema ambiental e por outro como uma oportunidade para um biorrefinado capaz de gerar bioproductos de alto valor agregado, como já identificado em pesquisas.

Já o babaçu, tradicional produto do extrativismo, ilustra uma outra situação: apesar de um potencial pouco explorado, calculado em 4% dos recursos disponíveis (Porro, 2019), iniciativas de modelos de valorização diversos têm sido construídas. O desenvolvimento de cooperativas e de modelos de exploração industrial tem mostrado uma capacidade de valorização da biodiversidade, gerando resultados econômicos, ambientais e sociais.

A reflexão desenvolvida neste estudo tem como ponto de partida a perspectiva de valorização sustentável dos recursos naturais brasileiros, gerando resultados econômicos, sociais e ambientais. Dessa forma, o relatório é produto de destaque para o fortalecimento dos objetivos e resultados do Projeto BRA/18/023 – Modernização da Economia e Ampliação Qualificada da Inserção Comercial Brasileira, firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD Brasil) e o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) do Governo Brasileiro. Cabe ainda ressaltar que o presente relatório está alinhado à Missão 5 do Plano Nova Indústria Brasil, liderado pelo MDIC: “Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as futuras gerações”. A missão prevê, entre outras ações, a ampliação em 50% dos biocombustíveis na matriz energética dos transportes.

Assim, o relatório apresenta o diagnóstico do estágio de desenvolvimento das biorrefinarias no Brasil e fornece subsídios para a elaboração de propostas de estratégias em biorrefinarias no Brasil. Para isso, está organizado em 7 seções, além desta introdução: a seção 2 aborda aspectos conceituais e dimensões de análise sobre as biorrefinarias e o biorrefinado; a seção 3 apresenta a metodologia utilizada no trabalho; a seção 4 faz um diagnóstico do biorrefinado no Brasil; a seção 5 faz um resumo sobre experiências internacionais em formulação de políticas referentes ao biorrefinado; a seção 6 faz recomendações a partir das análises realizadas ao longo do trabalho; e por fim, a seção 7 traz as conclusões.



Nesses casos, a condição atual pode ser resumida em dois pontos: extração de um único produto principal que representa um pequeno percentual da biomassa e geração de grandes volumes de subprodutos e coprodutos que são descartados.”

2. Biorrefinarias e biorrefino: aspectos conceituais e dimensões de análise

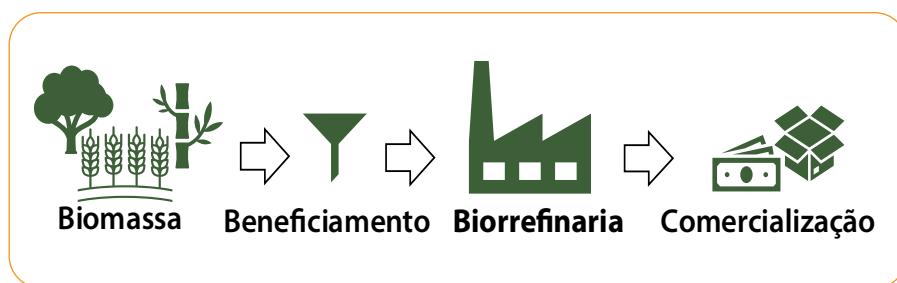
2.1 Definindo biorrefinaria e biorrefino

Diferentes definições de biorrefinaria podem ser encontradas na literatura e nas entrevistas com diferentes atores envolvidos com a bioeconomia. Essas definições tendem, em geral, a ter como foco a “unidade industrial que transforma e/ou desconstrói a biomassa”. Essa percepção, entretanto, parece não alcançar inteiramente o processo relevante de construção de negócios sustentáveis a partir do processamento das biomassas.

Propõe-se neste relatório adotar como ponto de partida uma definição que considere o processo de biorrefino de forma sistêmica. Nessa perspectiva, a definição proposta pela *Task 42, IEA Bioenergy (2022)*, parece adequada: *“Biorefining is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products and energy”*.

Assim, o biorrefino deve necessariamente incluir agentes e processos que não fazem parte das instalações da biorrefinaria em si, mas que são indispensáveis para os objetivos de geração de valor e de sustentabilidade. A cadeia produtiva envolvida no processo desde a produção e suprimento de matérias-primas, passando pela transformação da biomassa e chegando aos mercados finais, é parte inerente do biorrefino (Figura 1).

Figura 1: Cadeia produtiva do biorrefino



Fonte: Elaboração do consultor.

Entretanto, a consideração apenas da cadeia produtiva como sequência linear de etapas não parece dar conta de todos os atores envolvidos. Como o desenvolvimento do biorrefino depende de capacidades e recursos (por exemplo, condições básicas de infraestrutura como água, energia e conexão de redes, equipamentos, pessoal capacitado, estrutura de P&D, financiamento, incentivos etc.) que devem estar disponíveis no ambiente em questão, o ecossistema de produção e inovação também seria considerado como dimensão relevante a ser analisada.

A importância de uma visão sistêmica do biorrefino foi destacada de forma enfática no estudo *Innovation Ecosystems in the Bioeconomy* (OECD, 2019). A construção das unidades industriais — as biorrefinarias — é vista como o elemento mais fácil do desenvolvimento de novos negócios na bioeconomia.

Os desafios mais importantes estariam na criação de ecossistemas de empresas e organizações e de cadeias de valor capazes de apoiar as atividades das biorrefinarias.

A maior parte das cadeias de valor e seus produtos não têm ainda estrutura econômica definida. Além disso, os mercados ainda não estão completamente desenvolvidos e os produtos podem nem ser reconhecidos pelos consumidores.

A visão sistêmica do biorrefino adotada neste relatório pode ser resumida na seguinte proposição: Biorrefino = biorrefinaria + cadeia produtiva + ecossistema de produção e inovação.

2.2 Atributos sistêmicos do biorrefino

A visão sistêmica de biorrefino deve estar necessariamente inserida nos requisitos que se colocam para o desenvolvimento da bioeconomia nas próximas décadas e o uso eficiente dos recursos exige que a bioeconomia seja circular. Além disso, a produção e a utilização dos recursos biológicos devem assegurar que os processos sejam sustentáveis dos pontos de vista econômico, ambiental e social.

Para responder a esses desafios, o biorrefino deve ter atributos a serem idealmente alcançados. Neste relatório, com base na literatura, principalmente em relatórios e planos estratégicos para a bioeconomia, destacam-se quatro atributos principais: diversificação de produtos, aproveitamento integral da biomassa, circularidade e inserção regional/territorial (Figura 2).

Figura 2: Atributos do biorrefino



Fonte: Elaboração do consultor.

Embora esses atributos sejam interrelacionados, é possível fazer uma breve discussão de cada um deles, destacando suas características específicas.

Diversificação de produtos

Historicamente, as biorrefinarias têm sido construídas tendo como objetivo um produto principal que justifica a viabilidade do empreendimento. Esse é o caso, por exemplo, dos biocombustíveis, etanol e biodiesel e, atualmente, dos SAFs (combustíveis sustentáveis de aviação). As escalas devem ser adequadas para a produção em grandes volumes de produtos, comercializados como *commodities*, que tendem a ter margens reduzidas.

Na última década, entretanto, alguns estudos como os realizados pelo DOE (Department of Energy) em 2015, estabeleceram uma perspectiva de sustentabilidade das biorrefinarias em que a combinação de bioenergia e bioprodutos seria um alvo a ser perseguido (DOE, 2015; IEA Bioenergy, 2017).

Vale destacar que a diversificação de produtos pode trazer ainda resultados não só em termos econômicos como também ambientais, contribuindo para um melhor resultado em termos de gestão do carbono. Nessa perspectiva, o DOE, através do BETO (Bioenergy Technology Office), tem explicitamente reiterado em seus editais e programas de pesquisa a busca por biorrefinarias que, no processamento da biomassa, considerem uma linha diversificada de produtos, incluindo bioenergia e bioprodutos. Essa lógica de diversificação de produtos, incluindo produtos de diferentes volumes e margens, deve ser estendida ao biorrefino de modo geral.

A diversificação de produtos como atributo do biorrefino não tem sido explicitamente reconhecida nas iniciativas de programas de fomento à bioeconomia no Brasil. Programas como o PAISS (BNDES/FINEP, 2011) e o PADIQ (BNDES/FINEP, 2015), embora tivessem uma perspectiva compatível com a visão estendida de biorrefino, tinham como foco modelos monoproduto.

Por sua vez, a FAPESP, no programa BIOEN 2020-2030, explicita como objetivo específico para aumentar a produtividade da biomassa o “desenvolvimento de plantas com alta produtividade para a produção de bioenergia e bioprodutos”. Certamente, esse objetivo valoriza a diversidade de produtos, energéticos e não-energéticos, o que pode ocorrer em biorrefinarias dedicadas a uma ou outra finalidade.

Aproveitamento integral da biomassa

O aproveitamento integral proporciona, em primeiro lugar, um uso eficiente do recurso renovável. Os impactos ambientais e emissões tendem a ser reduzidos com o aproveitamento integral. Além disso, novas oportunidades de ganho podem ser exploradas. Assim, a consideração dos coprodutos, subprodutos e resíduos como recursos valorizáveis pode trazer efeitos positivos do ponto de vista ambiental e do ponto de vista econômico.

Circularidade

O biorrefino tem naturalmente compromisso com uma visão de bioeconomia circular, isto é, com o uso eficiente dos recursos. O aproveitamento integral da biomassa faz parte dessa visão de circularidade. Mas a circularidade envolve ainda os esforços ao longo da cadeia produtiva nos circuitos de distribuição, utilização e disposição dos produtos em fim de vida. Uma biorrefinaria deveria idealmente avaliar seus índices atuais e potenciais de circularidade.

Inserção regional/territorial

Esse atributo, de certa forma, deriva do anterior, mas vai além dele com os benefícios regionais da integração com outras atividades complementares. Um vetor importante de circularidade das biorrefinarias pode se encontrar nas oportunidades de inserção no território. Essa inserção pode trazer benefícios não só econômicos e ambientais, mas também sociais pelo desenvolvimento regional.

A inserção regional pode estar na base da construção de clusters que desenvolvem e exploram sinergias entre empresas, institutos de pesquisa, prestadores de serviços e outros agentes. Essas relações podem evoluir no tempo, criando espaços de simbiose industrial. A simbiose industrial exige certamente longos períodos de maturação, mas o ponto de partida é a busca de oportunidades de inserção regional ou no território que as biorrefinarias devem perseguir.

Por fim, além dos quatro atributos sistêmicos acima, cabe destacar a dimensão temporal envolvida na estruturação do biorrefino. A estruturação que leva à maturidade das biorrefinarias parece ser um processo incremental de inovações que geram um efeito cumulativo ao longo do tempo. Esse processo parece ser bastante longo como atestam alguns exemplos.

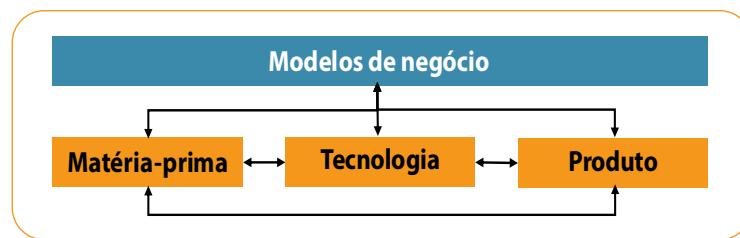
A biorrefinaria de Pomacle-Bazancourt, na França, um dos principais exemplos conhecidos de biorrefinaria integrada, tem uma história de mais de 70 anos, iniciada em 1948. No Brasil, a Tobasa, um exemplo de referência de biorrefino baseado em recursos da biodiversidade brasileira, tem 56 anos de história. A própria indústria sucroenergética, na sua versão com foco na bioenergia, data do final dos anos 1970. O processo de construção e maturidade do biorrefino parece se medir, portanto, em décadas.

2.3 Dimensões de análise dos negócios em biorrefino

Além do nível sistêmico, as políticas e programas devem ser capazes de levar em conta o desafio de estruturação dos negócios. Os negócios em biorrefino são muitas vezes emergentes, sem estrutura definida e exigem inovação.

Os diferentes níveis de estruturação podem ser identificados e caracterizados em um quadro analítico (Figura 3) que considera quatro dimensões-chave em coevolução: matérias primas/recursos, tecnologias, produtos e modelos de negócio (Bomtempo, 2017; Bomtempo e Alves, 2014).

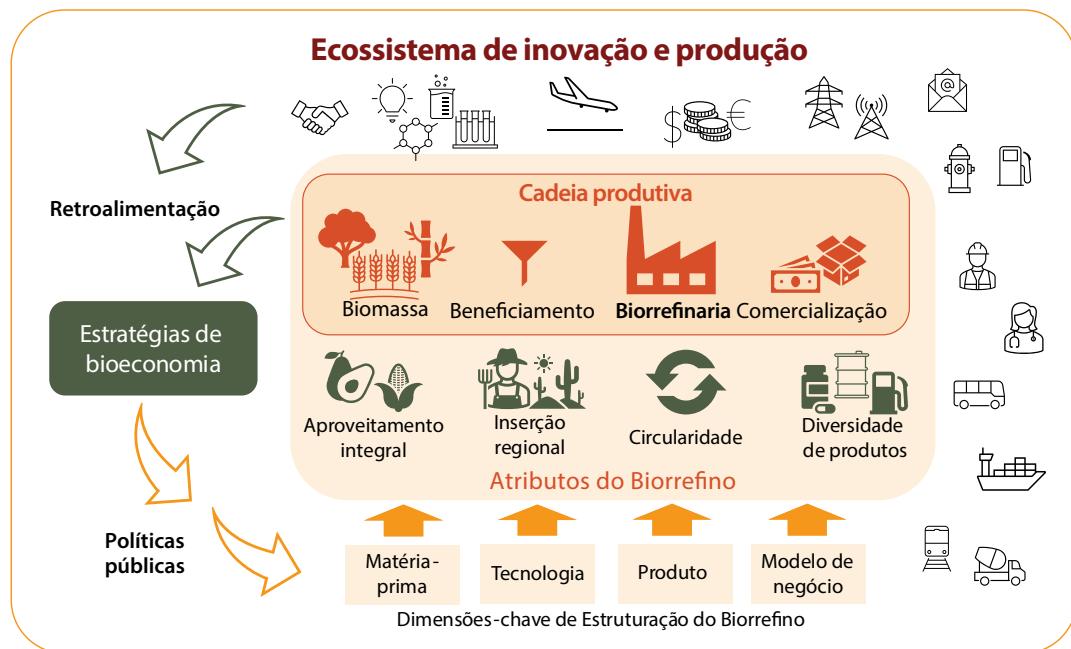
O estudo de cada uma dessas dimensões e da forma como estão articuladas permite uma caracterização das biorrefinarias, distinguindo os diferentes níveis de estruturação. As políticas e estratégias implementadas para o desenvolvimento do biorrefino devem considerar os desafios envolvidos em cada uma das dimensões.

Figura 3: Dimensões-chave de análise do biorrefino

Fonte: Bomtempo e Alves, 2014; Bomtempo, 2017.

Os modelos de negócio representam as soluções que as biorrefinarias encontram para combinar as oportunidades e desafios relacionados às matérias-primas, às tecnologias e aos produtos. São incluídos aqui, além dos aspectos econômicos, aspectos não tecnológicos como as dimensões sociais envolvidas. A busca de novos modelos de negócio pode ser um elemento chave na estruturação do biorrefino.

A Figura 4 representa os elementos envolvidos na visão sistêmica do biorrefino e as dimensões a serem consideradas na análise do nível de estruturação dos negócios.

Figura 4: Visão sistêmica do biorrefino

Fonte: Elaboração do consultor.

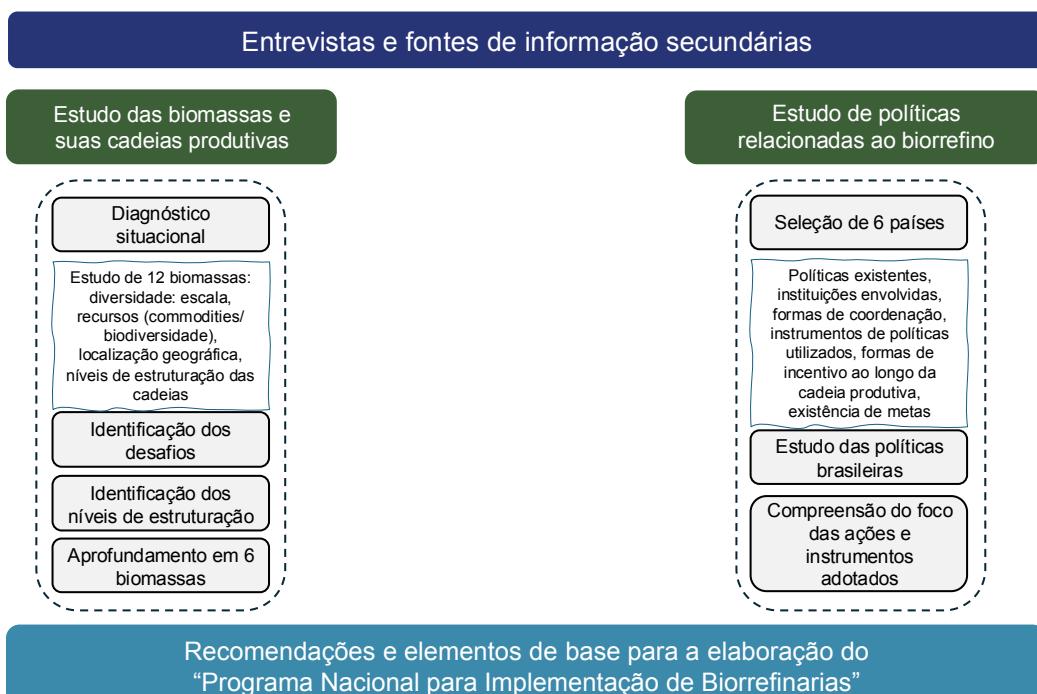
A figura sugere um fluxo de políticas públicas, no âmbito do biorrefino, partindo de macroestratégias relacionadas à bioeconomia. A formulação de cada política seria analisada à luz das 4 dimensões-chave, considerando os atributos do biorrefino. Vale também destacar a retroalimentação vinda tanto das cadeias produtivas quanto do restante do ecossistema visando facilitar um processo contínuo de revisão das políticas, buscando adequá-las aos estágios de desenvolvimento que se seguirão.



3. Metodologia

O presente relatório está baseado em dois estudos, conforme apresentado na Figura 5, um deles com foco nas biomassas e o outro sobre políticas relacionadas ao biorrefino.

Figura 5: Representação esquemática da metodologia



Fonte: Elaboração do consultor.

No estudo das biomassas, foi elaborado um diagnóstico da situação do biorrefino no país, caracterizando seu estágio atual e os desafios que representam obstáculos para o seu desenvolvimento. Primeiramente foram estudadas 12 biomassas e suas cadeias produtivas, de forma a identificar os desafios tecnológicos e não tecnológicos e os diferentes níveis de estruturação. O estudo das biomassas foi aprofundado a partir da escolha de 6 casos que pudessem representar a diversidade de níveis de estruturação, sendo representativas do amplo conjunto de biomassas existentes no país.

O estudo de políticas, programas e instrumentos utilizados nos países selecionados para análise, e as políticas, programas e instrumentos existentes no Brasil, mesmo não sendo explicitamente dirigidos às biorrefinarias, trazem elementos relacionados à bioeconomia e à economia circular que podem apoiar o desenvolvimento do biorrefino.

Com base na identificação dos desafios e gaps para o caso brasileiro, das experiências internacionais e, por fim, das contribuições das políticas/programas/instrumentos existentes ou em elaboração no país, foi proposto um conjunto de elementos de base para a elaboração do “Programa Nacional para Implementação de Biorrefinarias”. A partir desses elementos podem ser elaborados planos de ações aderentes aos diferentes níveis de estruturação dos sistemas de biorrefino no Brasil.

Fontes de informação

Para a elaboração do trabalho, foram utilizadas fontes secundárias de informação, entrevistas e visitas técnicas.

No que tange às fontes de informação secundárias para o estudo das biomassas, foram utilizados relatórios técnicos e setoriais, apresentações de workshops técnicos, notícias em geral, artigos científicos, entre outras publicações. Foram consultadas também as informações disponíveis em páginas eletrônicas de órgãos de governo, associações empresariais, organismos nacionais e internacionais, associações e entidades de classes, centros de pesquisas e universidades, sites de jornais e revistas de negócios, entre outros.

O mapeamento das políticas relacionadas aos países selecionados foi realizado a partir de documentos oficiais dos países e seus websites, estudos de organizações internacionais (OCDE, IACGB, IEA Bioenergy, dentre outras), artigos científicos e outras publicações.

Ao longo do estudo, foram realizadas 46 entrevistas, com atores ligados ao governo, pesquisa e indústria. As entrevistas ocorreram de forma remota ou presencial, com duração média de 60 minutos. Os pontos a seguir foram apresentados aos entrevistados a partir de um questionário semiestruturado, de forma a proporcionar abertura para o desenvolvimento das questões de acordo com a expertise dos entrevistados. Em função da diversidade de experiências e focos de atuação dos entrevistados, alguns temas foram priorizados nas entrevistas.

Aspectos principais abordados nas entrevistas:

- a. Conceito de biorrefinaria
- b. Desafios na valorização das biomassas: tecnológicos e não tecnológicos
- c. Desafios específicos para a valorização das biomassas da biodiversidade brasileira
- d. Estágios de estruturação das cadeias
- e. Aspectos regulatórios
- f. Políticas públicas e instrumentos de incentivos
- g. Instrumentos de financiamento disponíveis

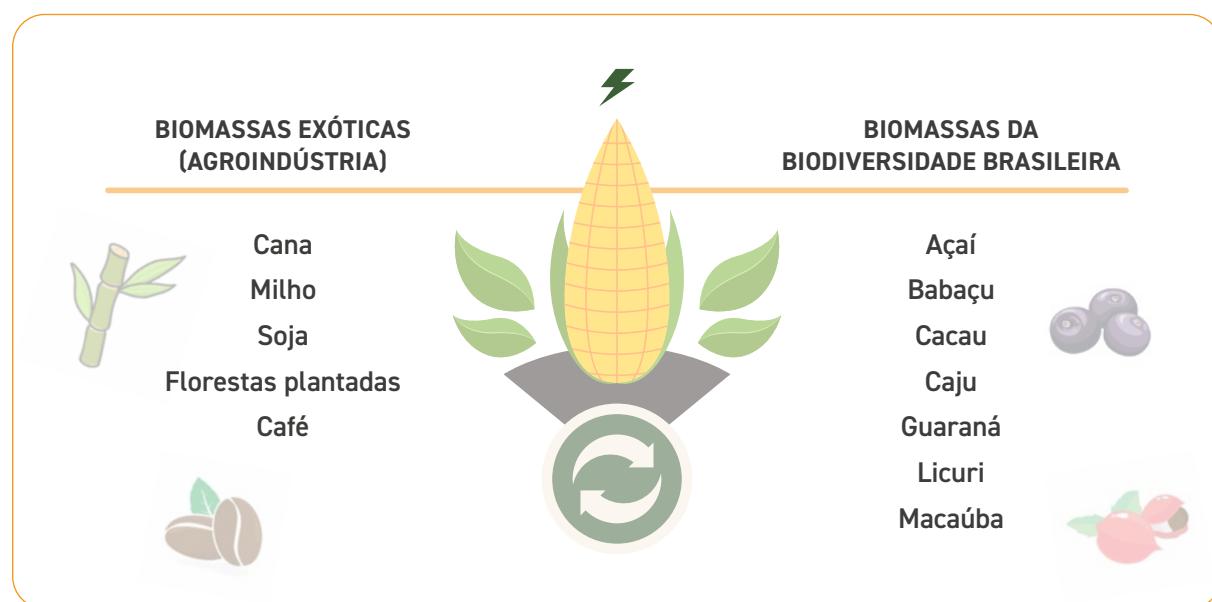
Estudo das biomassas

O diagnóstico situacional do biorrefino no Brasil teve como ponto de partida a exploração de um conjunto de 12 biomassas. A pesquisa foi qualitativa e de caráter exploratório, baseada na elaboração de estudos de casos. Buscou-se identificar desafios comuns e específicos a grupos de biomassas que pudessem nortear a proposição de estratégias, políticas e instrumentos para o "Estratégia Nacional para Implementação de Biorrefinarias".

Para cada caso (biomassa) foi elaborada uma ficha que possibilitou explorar a situação atual em relação ao biorrefino e os desafios atuais e futuros para avançar na direção de uma abordagem sistêmica.

A seleção das biomassas foi definida a partir de dois grupos diferenciados pela origem: biomassas oriundas da agroindústria e biomassas oriundas da biodiversidade brasileira (Figura 6). Além disso, buscou-se selecionar uma amostra diferenciada nos dois grupos em termos de: (1) modelos de produção (extrativismo ou cultivo), (2) biomas e regiões e (3) cadeias em prováveis níveis de estruturação diferentes. A variedade nos casos permitiu compreender diferentes aspectos que influenciam ou determinam os desafios de estruturação da oferta dessas biomassas e de sua valorização industrial, tornando-se essa amostra representativa por sua diversidade. A Figura 6 mostra as biomassas selecionadas.

Figura 6: Lista das biomassas selecionadas



Fonte: Elaboração do consultor.

Foram elaboradas fichas de forma a levantar informações sobre as cadeias produtivas e as atividades industriais relacionadas à valorização das biomassas. Foram destacados pontos tais como: escalas de produção; localização geográfica; domínio tecnológico; diversidade de produtos; nível de utilização atual e potencial de aproveitamento integral da biomassa; grau de maturidade das tecnologias.

Os casos revelaram vários desafios enfrentados em torno da valorização das biomassas estudadas, conforme apresentado na Seção 4. Os desafios foram discutidos considerando as quatro dimensões-chave de estruturação: Matérias-primas; Tecnologias; Produtos e Modelos de negócio. Assim, foi possível compreender de forma mais ampla os desafios comuns para diferentes biomassas e sua relação com as dimensões de análise.

Os quatro atributos do biorrefinado, apresentados na Seção 2.2, foram utilizados para avaliar o estágio de desenvolvimento atual do biorrefinado (Quadro 1).

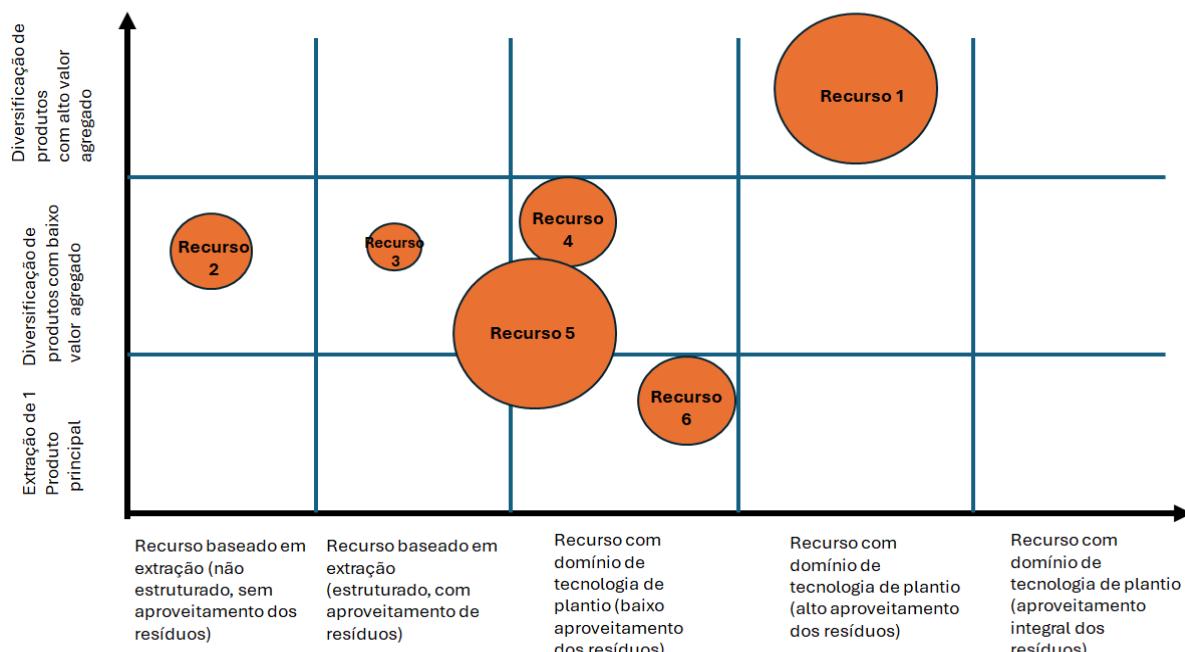
Quadro 1: Avaliação do estágio de desenvolvimento do biorrefinado no Brasil

	Atributos do biorrefinado	Perguntas-chave
1	Diversificação de produtos	Quais são os produtos atualmente obtidos a partir dos recursos da biomassa? É possível observar diversidade quanto aos produtos obtidos?
2	Aproveitamento integral da biomassa	Qual o nível atual de utilização da biomassa? Quais resíduos são gerados e não aproveitados?
3	Circularidade	Existem iniciativas voltadas para a Economia Circular? Em que grau de desenvolvimento?
4	Inserção regional/territorial e simbiose industrial	Existem movimentos de inserção regional? Existem relações entre empresas que configurem simbiose industrial?

Fonte: Elaboração do consultor.

A partir da avaliação dos quatro atributos sistêmicos, foi possível identificar em qual estágio se encontra cada biomassa (recurso) a partir de duas vertentes: estruturação da oferta e valorização do recurso. A Figura 7 mostra uma matriz com dois eixos: o eixo horizontal posiciona o recurso quanto ao modelo de oferta (extrativismo ou cultivo), domínio das tecnologias de plantio e colheita e níveis de aproveitamento dos resíduos gerados (baixo, alto, integral). No eixo vertical, estão diferentes níveis de diversificação dos produtos. Cada recurso aparece na figura representado por um círculo cujo diâmetro remete à ordem de grandeza da oferta atual. A ordem de grandeza da ordem das ofertas de recursos está detalhada na seção 4.2 e cada recurso está posicionado em um determinado quadrante referente à sua posição atual.

Foram elaborados quadros analíticos que permitiram comparar os casos e identificar similaridades e especificidades quanto ao nível de estruturação do biorrefinado. Os resultados obtidos deste diagnóstico embasaram a escolha das biomassas que foram estudadas em maior profundidade: florestas plantadas, cana-de-açúcar, café, macaúba, babaçu e açaí.

Figura 7: Matriz da situação atual dos recursos

Fonte: Elaboração do consultor.

As florestas plantadas se destacaram por combinar um grau elevado de diversificação de produtos, um domínio avançado das tecnologias de produção da biomassa, um alto aproveitamento dos resíduos, subprodutos e coprodutos, mas sem atingir o aproveitamento integral. Com essas características, a biomassa se mostra ímpar e interessante para um maior detalhamento.

Um segundo grupo identificado incluiu cana, milho e soja, sendo que a cana ultrapassa os limites do grupo, aproximando-se das florestas plantadas. As três biomassas contam com domínio tecnológico da produção de recursos.

Apesar de apresentarem níveis competitivos em escala internacional, existem desafios de produtividade e sustentabilidade a serem enfrentados, principalmente no caso da cana. A diversificação de produtos é mais avançada para a cana, tem mostrado tendências de evolução para o milho, mas ainda é relativamente baixa para a soja. Da mesma forma, a valorização dos resíduos, subprodutos e coprodutos, mesmo tendo ainda um importante caminho para avançar para as três biomassas, já pode ser notado como significativo para a cana. Nesse grupo, a cana foi escolhida para o estudo detalhado.

Outro grupo identificado incluiu açaí, cacau, guaraná, café e caju. O ponto em comum entre essas biomassas é o baixo aproveitamento dos recursos, limitando-se à extração de um produto principal (açaí e guaraná) ou, no máximo, a uma diversificação com produtos de baixo valor (café, cacau, caju). Neste grupo, o cultivo pode ser considerado dominado, com exceção do açaí, que convive com diferentes formas de produção e oferta de biomassa: extrativismo puro, extrativismo manejado e cultivo. Nesse grupo, duas biomassas foram selecionadas: o açaí, pelo volume de oferta da biomassa (principal recurso não madeireiro de extrativismo) e pelas possibilidades de desenvolvimento de um biorrefinário

diversificado, contemplando possivelmente diferentes modelos de negócio; e o café, pelo destaque internacional da produção nacional, pela diversidade regional da produção e pelas possibilidades de desenvolvimento em diversos elos da cadeia.

Por fim, o grupo reunindo macaúba, babaçu e licuri, representa a produção extrativista predominante, com baixa diversificação de produtos (exceto o caso particular do babaçu). Apesar dos planos e investimentos que se anunciam para a macaúba, o modelo e domínio tecnológico de cultivo ainda estão em desenvolvimento. O potencial da macaúba como um recurso a ser valorizado em esquemas integrados de biorrefino, ao lado das muitas iniciativas (*startups*) e anúncios de projetos, porém, fizeram com que a biomassa fosse uma escolha recomendada para estudo detalhado.

O babaçu é um caso interessante de extrativismo que contempla, ao mesmo tempo, esquemas artesanais de extração e valorização, com possíveis limitações no nível de aproveitamento da biomassa, e uma biorrefinaria que busca o aproveitamento integral e consegue diversificar seus produtos até um nível de valor expressivo. O caso da biorrefinaria com mais de 50 anos de história pode ser uma fonte de lições importantes sobre o processo de desenvolvimento do biorrefino a partir de recursos da biodiversidade. O potencial de produção do babaçu na região norte pode representar uma reflexão sobre diferentes modelos de negócio no biorrefino.

Para cada biomassa, as fichas foram expandidas. Inicialmente, foram destacadas as particularidades regionais de cada biomassa. Em seguida, foram listados os desafios identificados para o desenvolvimento do biorrefino. No terceiro ponto, retoma-se a matriz situacional e são discutidos os possíveis caminhos de evolução que podem ser sugeridos. Com base nas fichas descritivas, nas particularidades regionais, nos desafios identificados e nos caminhos para o desenvolvimento do biorrefino, foram apresentadas ao final de cada ficha recomendações de políticas públicas que poderiam ajudar no enfrentamento dos desafios identificados.

Estudo das políticas relacionadas ao biorrefino em diferentes países

De forma a identificar políticas, programas e instrumentos já em uso em outros países, foram selecionados 6 países, considerando os seguintes critérios:

- Existência de estratégias relacionadas com a Bioeconomia;
- Similaridade com o caso brasileiro (disponibilidade de recursos com potencial de valorização e geração de desenvolvimento econômico sustentável);
- Experiência na elaboração e implementação de políticas e estratégias de inovação;
- Disponibilidade de informações que permitam identificar as dimensões-chave das estratégias e políticas.

Os documentos do *International Advisory Council on Global Bioeconomy*, que identificam e caracterizam os países com estratégias em bioeconomia, foram tomados como referência inicial para a escolha dos países. Com base nesses critérios, foram selecionados seis países: Austrália, China, EUA, Finlândia, França e Tailândia. No caso de França e Finlândia, consideram-se também as estratégias e iniciativas no nível da União Europeia. Para cada um dos países foi elaborada uma ficha buscando abordar os pontos apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Tópicos pesquisados e informações mapeadas

Tópico	Informações a serem levantadas
Descrição	Ano, instituições responsáveis, principais drivers, documentos
Aspectos gerais	Definição de bioeconomia adotada? Áreas prioritárias da estratégia? Existe um plano de ação?
Abrangência	Existem abordagens regionais? Como estão estruturadas?
Biorrefino	Trata explicitamente de biorrefino? Qual o conceito de biorrefino adotado?
Circularidade	Trata explicitamente da economia circular?
Instituições envolvidas	Quais instituições estão envolvidas na estratégia?
Formas de governança e coordenação	Qual o papel das diferentes instituições?
Instrumentos de política utilizados	Quais são os instrumentos de política? Quais os mecanismos de seleção dos projetos e acompanhamento dos incentivos e financiamentos concedidos?
Formas de incentivo ao longo da cadeia produtiva	Existem incentivos ao longo de toda a cadeia?
Abordagem em relação à matéria-prima	São apontadas as matérias-primas prioritárias? Trata explicitamente dos resíduos? Existe abordagem sobre a biodiversidade?
Abordagem em relação à tecnologia	São apontadas tecnologias prioritárias?
Abordagem em relação aos produtos	São apontados produtos prioritários? Quais os tipos de produtos (commodities, especialidades)?
Abordagem em relação aos atores	Existe a identificação de setores ou cadeias prioritárias? São identificados atores das cadeias e/ou ecossistemas?
Metas	Existem metas explícitas?

Fonte: Elaboração do consultor.

Apresenta-se uma breve descrição das principais orientações políticas, relacionadas à bioeconomia e ao biorrefino em particular, percebidas nos instrumentos de políticas nos países estudados. As principais orientações políticas percebidas nas estratégias, programas e instrumentos identificados nos países estudados podem ser diretamente relacionadas com as dimensões-chave de análise da estruturação das inovações em bioeconomia (matéria-prima, tecnologia, produtos, modelos de negócio) ou podem ser transversais, sendo estas não específicas a uma das dimensões-chave. Um quadro apresenta uma síntese dessas orientações identificadas segundo as dimensões de análise.



4. Diagnóstico situacional – Análise das biorrefinarias brasileiras

O objetivo desta seção é construir o diagnóstico situacional do biorrefino no Brasil a partir das informações coletadas nos estudos de caso e nas entrevistas realizadas. Conforme a metodologia proposta na Seção 3, a análise é feita em três etapas. Na primeira etapa, são identificados e descritos os desafios a serem enfrentados para o desenvolvimento do biorrefino no Brasil. Em seguida, na segunda etapa, esses desafios são estudados em relação às dimensões-chave de análise da construção da bioeconomia (matérias-primas, tecnologias, produtos e modelos de negócio). Por fim, na terceira etapa, as biomassas estudadas são representadas na matriz nível de diversificação dos produtos x modelo de oferta (extrativismo ou cultivo), domínio das tecnologias de cultivo e colheita e níveis de aproveitamento dos resíduos. Essa representação é a base do diagnóstico situacional do biorrefino no país.

4.1 Etapa 1: Desafios identificados

A partir da análise dos estudos de casos e das entrevistas foi possível identificar um conjunto diverso de desafios endereçados para o desenvolvimento do biorrefino no país. Os desafios apresentados no Quadro 3 refletem gargalos tecnológicos e não tecnológicos desde a estruturação da oferta da biomassa, passando pelas etapas de beneficiamento e industrialização (biorrefinaria) até a comercialização dos produtos obtidos.

A proposta de uma visão integrada para o biorrefino permite entender que o desenvolvimento da industrialização a partir de biorrefinarias sucede a superação de desafios presentes no início das cadeias produtivas de diferentes recursos com diferentes níveis de estruturação.

Um resultado relevante da pesquisa é que o fomento à industrialização dos recursos, principalmente aqueles oriundos da biodiversidade (listados no Quadro 1 da Seção 3), requer que sejam superados desafios referentes à etapa de beneficiamento primário, podendo ser esta entendida como uma pré-industrialização.

Do ponto de vista de políticas, ações e estratégias, visando o desenvolvimento do biorrefino, torna-se relevante relacionar os desafios identificados com as dimensões de análise propostas para o biorrefino. Considerar se um determinado desafio se relaciona à matéria-prima, à tecnologia, aos produtos, aos modelos de negócios, ou a uma combinação dessas dimensões, deve ser uma etapa importante nesse processo. Conforme mencionado na Seção 2, o uso das dimensões analíticas permite ter uma visão estruturada e integrada do processo de construção das oportunidades no biorrefino, evitando prováveis fragmentações nas recomendações de políticas.

Considerando as informações obtidas a partir dos casos estudados, complementadas pelas entrevistas, foram identificados 17 principais desafios relacionados ao desenvolvimento do biorrefino. No Quadro 3 estão listados os principais desafios comuns à maioria dos casos analisados acompanhados de uma breve descrição. Vale lembrar que os estudos de casos evidenciaram desafios específicos ao contexto de cada biomassa.

Durante a pesquisa, sempre que possível, esses desafios foram relacionados aos desafios principais.

Quadro 3: Desafios: identificação e breve descrição

Desafios identificados	Breve descrição
1 – Garantir a sustentabilidade ambiental das práticas de extrativismo e cultivo	Baixa presença de técnicas e práticas de extrativismo e cultivo sustentáveis que reduzam o consumo de água, evitem o desmatamento, não comprometam a biodiversidade etc.
2 – Aumentar a inserção tecnológica nas etapas de colheita e beneficiamento	Fomentar a adoção de (a) tecnologias, máquinas e equipamentos que otimizem a colheita, evitando perdas e danos aos frutos colhidos; (b) tecnologias, máquinas e equipamentos que aumentem a qualidade das frações e produtos obtidos nessa primeira etapa, reduzindo a perda, permitindo agregação de valor ao produto e a qualidade do recurso beneficiado nas etapas subsequentes de industrialização.
3 – Aumentar a produtividade	Aumentar a produtividade por hectare decorrente de múltiplos fatores (necessidade de renovação dos cultivos, outros).
4 – Aumentar o nível de aproveitamento da biomassa	Aumentar o nível de utilização da biomassa tendo como alvo o seu uso integral, valorização e redução dos resíduos gerados.
5 – Aumentar o valor agregado dos produtos gerados	Implementar estratégias de valorização da biomassa na direção de produtos de maior valor agregado.
6 – Garantir impactos sociais positivos	Promover a participação dos produtores e beneficiadores primários na renda gerada, assim como o desenvolvimento dos territórios que geram a biomassa .
7 – Melhorar os processos de cultivo, colheita e armazenagem	Implementar práticas, infraestrutura e tecnologias que promovam melhorias nos processos de cultivo, colheita e armazenagem, aumentando o rendimento e a qualidade dos produtos e reduzindo perdas.
8 – Avançar no conhecimento aplicado para caracterização das frações da biomassa	Promover atividades de PD&I para avançar no conhecimento científico sobre a caracterização e composição química dos recursos e suas frações.
9 – Aumentar a eficiência da etapa de beneficiamento	Inserir práticas, processos e tecnologias que tornem o beneficiamento mais eficiente de forma a aumentar o rendimento, a qualidade dos produtos e frações obtidas e possibilite a industrialização a jusante.
10 – Desenvolver novos produtos e aplicações	Implementar esforços de PD&I para o desenvolvimento de novos produtos e novas aplicações.
11 – Organizar a cadeia produtiva, com redução da influência dos atravessadores	Fomentar a atuação de organizações socioprodutivas que facilitam a comercialização dos produtos e a adoção de melhores práticas e de tecnologias.
12 – Melhorar a logística de acesso aos recursos e de distribuição de produtos	Implementar soluções para lidar com o acesso aos recursos e os resíduos gerados em diversas etapas da cadeia e o escoamento dos produtos obtidos.
13 – Avançar na industrialização	Implementar estratégias de valorização da biomassa na direção de produtos de maior valor agregado a partir da industrialização com a inserção de tecnologias de valorização (por exemplo: tecnologias de extração, pré-tratamento, conversão) e novos modelos de negócio.



Desafios identificados	Breve descrição
14 – Desenvolver mecanismos de fortalecimento da demanda de produtos “verdes”, principalmente oriundos da biodiversidade	Implementar mecanismos de incentivo à demanda de bioproductos além dos biocombustíveis, principalmente aqueles oriundos da biodiversidade brasileira. Por exemplo: incentivar compras públicas de produtos da biodiversidade, redução de tributos etc.
15 – Scaling up para produção em escala piloto e demonstração	Criar suporte financeiro e de infraestrutura tecnológica com acesso a equipamentos e recursos para o scaling up de novos processos e produtos que tem sido uma barreira relevante para o destavamento no aproveitamento integral da biomassa associado à diversificação e agregação de valor.
16 – Prover dados e informações sobre a disponibilidade dos recursos em termos de quantidade, localização detalhada (georreferenciada), acesso à infraestrutura logística, etc	Incentivar pesquisas, tecnologias e iniciativas para prover dados e informações sobre a disponibilidade dos recursos em termos de quantidade, localização detalhada (georreferenciamento), acesso à infraestrutura logística, entre outros.
17 – Registros no SISGEN: Patrimônio Genético - Dificuldades de utilização de recursos da biodiversidade brasileira pelas empresas	Apesar da modernização do marco legal, algumas empresas relatam dificuldades no cadastramento desses recursos em seus sistemas internos (Ex.: SAP) ou mesmo em cumprir algumas exigências legais. O resultado é que essas empresas aparentemente têm aberto mão do uso dos recursos da biodiversidade brasileira.

Fonte: Elaboração do consultor.

4.2 Etapa 2: Relação entre desafios e dimensões-chave

A relação entre os desafios identificados e as quatro dimensões de análise é apresentada no Quadro 4. Nota-se que os desafios mapeados afetam todas as quatro dimensões estruturantes (matéria-prima, tecnologia, produtos, modelos de negócio). Portanto, o desenvolvimento de oportunidades no biorrefinário exige mais do que uma abordagem isolada sobre cada uma das dimensões, sendo necessário atuar sobre as relações entre elas.

Quadro 4: Relação entre os desafios identificados e as dimensões de análise

Desafios identificados/ Dimensões de análise	Matéria- prima	Tecnologia	Produtos	Modelos de negócio
1-Garantir a sustentabilidade ambiental das práticas de extrativismo e cultivo	X	X		X
2- Aumentar a inserção tecnológica nas etapas de colheita e beneficiamento	X	X		
3- Aumentar a produtividade	X	X		
4- Aumentar o nível de aproveitamento da biomassa	X	X	X	X
5- Aumentar o valor agregado dos produtos gerados		X	X	X
6- Garantir impactos sociais positivos	X	X	X	X
7- Melhorar os processos de cultivo, colheita e armazenagem	X	X		



Desafios identificados/ Dimensões de análise	Matéria-prima	Tecnologia	Produtos	Modelos de negócio
8- Avançar no conhecimento aplicado para caracterização das frações da biomassa	X	X	X	
9 - Aumentar a eficiência da etapa de beneficiamento	X	X	X	
10- Desenvolver novos produtos e aplicações		X	X	X
11- Organizar a cadeia produtiva, com redução da influência dos atravessadores	X			X
12- Melhorar a logística de acesso aos recursos e de distribuição de produtos	X	X		X
13- Avançar na industrialização	X	X	X	X
14- Desenvolver mecanismos de fortalecimento da demanda de produtos "verdes", principalmente oriundos da biodiversidade			X	X
15- Scaling up para produção em escala piloto e demonstração		X		
16- Prover dados e informações sobre a disponibilidade dos recursos em termos de quantidade, localização detalhada (georreferenciada), acesso à infraestrutura logística, etc	X			
17- Registros no SISGEN: Patrimônio Genético - Dificuldades de utilização de recursos da biodiversidade brasileira pelas empresas	X			X

Fonte: Elaboração do consultor.

No Quadro 5, os desafios encontrados foram localizados de acordo com as etapas do biorrefinado (oferta de biomassa, beneficiamento, industrialização, comercialização).

A identificação da etapa da cadeia produtiva onde estão localizados os desafios é relevante para o apontamento de intervenções necessárias em outros pontos da cadeia que estão relacionados com a industrialização.

Quadro 5: Desafios por dimensões de análise e etapas do biorrefinado

DIMENSÕES ANALÍTICAS	ETAPAS DA CADEIA DO BIORREFINO			
	OFERTA DE MATÉRIA-PRIMA	BENEFICIAMENTO	BIORREFINARIA	COMERCIALIZAÇÃO
MATÉRIA-PRIMA	1, 2, 3, 6, 7, 11, 12, 16	2, 4, 8, 9, 11, 12	4, 8, 13	
TECNOLOGIA	1, 2, 3, 6, 7, 12, 16	2, 4, 5, 6, 9	4, 5, 8, 10, 13, 15	5, 6, 10, 12
PRODUTO	2, 3, 7, 8	2, 4, 6, 9	4, 5, 8, 10, 13	5, 10, 14
MODELO DE NEGÓCIO	1, 6, 11, 12	4, 5, 6, 11, 12	4, 5, 6, 13	5, 6, 10, 12, 14

Fonte: Elaboração do consultor.

4.2.1 Matérias-primas

A partir dos casos estudados foi possível notar que muitos desafios mostrados no Quadro 4 estão relacionados à dimensão Matéria-prima. Esses desafios se distribuem nas diferentes etapas da cadeia produtiva, conforme mostrado no Quadro 5. Da colheita à etapa de beneficiamento, gargalos técnicos e operacionais podem restringir tanto a produção quanto o fornecimento de matéria-prima adequada para seguir no processo de industrialização, o que será explorado em mais detalhes a partir de exemplos retirados dos casos analisados.

Os casos estudados evidenciam que é preciso conciliar a estruturação da oferta de biomassa com práticas sustentáveis no extrativismo e no cultivo. A adoção de práticas e modelos sustentáveis pode significar, por exemplo, a proteção dos biomas e a recuperação de terras degradadas. O caso do açaí ilustra o perigo de um crescimento desordenado da demanda que vem causando o aumento de monoculturas de açaí na região do Pará, tendo como consequência possíveis impactos na biodiversidade local, principalmente nos ecossistemas de várzeas (IPAM Amazônia, 2021).

A destruição dos licurizais nativos, que continuam sendo explorados em larga escala, tem levado a uma rápida diminuição das populações naturais desta espécie (Guimarães et al., 2021). No caso do babaçu, o acesso aos babaçuais também vem diminuindo em consequência do avanço da fronteira agropecuária e de restrições de acesso a áreas privadas (ISPN, 2023).



E preciso conciliar a estruturação da oferta de biomassa com práticas sustentáveis no extrativismo e no cultivo."

Por outro lado, a associação da exploração dos recursos com práticas sustentáveis pode reduzir os impactos ambientais e auxiliar na recuperação de biomas. Por exemplo, o extrativismo da macaúba, conciliado com práticas sustentáveis, pode ser um aliado da preservação do ecossistema natural. Já o cultivo pode ocorrer para a recuperação de áreas degradadas. O cultivo da macaúba associado com outras culturas, através de sistemas agroflorestais se apresenta como uma modalidade de serviços ecossistêmicos. (Favarro e Rocha, 2022).

Nas culturas de grande volume, esses desafios também se impõem. As culturas como soja, milho e cana de açúcar enfrentam o desafio de uma demanda crescente por biocombustíveis ao mesmo tempo que aumentam as pressões contra o uso da terra para fins não alimentícios e o desmatamento.

Uma questão importante no caso das florestas plantadas é a predominância de cultivos em sistema de monocultura. As pesquisas têm avançado na área de sistemas agroflorestais e silvipastoris, como a Integração da Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), os quais podem trazer benefícios tanto econômicos, como também ambientais e sociais (MAPA, 2018).

Os casos estudados exemplificam que o avanço na industrialização a partir do biorrefino requer não apenas a disponibilidade do recurso, sendo necessário construir uma oferta sustentável e regenerativa do ponto de vista ambiental.

As atividades de extrativismo precisam ser monitoradas e ajustadas para o equilíbrio entre a exploração dos recursos para fins econômicos e a manutenção dos biomas nos quais estão inseridos. A transição do extrativismo para o cultivo deve ser acompanhada do crescimento da demanda pelo recurso, impondo um desafio de que o avanço dessa demanda precisa estar condicionado à capacidade de resposta do sistema produtivo quanto à oferta do recurso de maneira sustentável.

A escala é outro fator importante que pode limitar o uso de determinadas biomassas no processo de industrialização. Há uma grande variação na escala, desde culturas de pequeno porte como licuri e guaraná, culturas de tamanho intermediário, como cacau, açaí, até as *commodities* como cana, milho, soja e café.

O desenvolvimento da demanda por novos produtos e aplicações precisa estar alinhado com a disponibilidade do recurso. Neste aspecto, novas culturas que buscam a produção de biocombustíveis, como por exemplo, a macaúba, têm um desafio importante na capacidade de produção de biomassa em escala, qualidade e custo. Atingir esses níveis de produção parece demandar longos prazos de maturação que nem sempre os investidores e as políticas públicas consideram devidamente.

Algumas culturas apresentam o aumento da produtividade por hectare como um desafio para a oferta dos recursos. Esse é um desafio da cana, em que as expectativas de aumento do rendimento não parecem ser suficientes para atender à demanda futura sem a expansão de área plantada.

O desafio da produtividade se apresenta também para culturas de menor volume, como o guaraná e o caju, que enfrentam os esgotamentos dos guaranazais e dos cajueiros, respectivamente (Tricaud et al., 2016; Figueiredo Junior, 2010). Vale lembrar que o retorno econômico das atividades em torno do biorrefino está intrinsecamente relacionado com a produtividade.

A baixa inserção tecnológica nas etapas de colheita e de beneficiamento foi identificada como entrave relevante para a valorização dos recursos via industrialização. Os desafios da colheita são mais relevantes nas biomassas da biodiversidade, embora tenham sido encontrados na cafeicultura, uma cultura já estruturada.

Em diversas biomassas estudadas, a colheita é realizada de forma manual ou os frutos são coletados no solo, o que prejudica a qualidade dos produtos obtidos no beneficiamento. No caso do café, há baixa inserção de máquinas colheitadeiras nos pequenos produtores (Conceição et al., 2020). A coleta do açaí é uma operação manual, onerosa e difícil, devido à altura das palmeiras com riscos à segurança e saúde do peconheiro (Bittencourt, Potiguar e Fernandes, 2024).

“

Há uma grande variação na escala, desde culturas de pequeno porte como licuri e guaraná, culturas de tamanho intermediário, como cacau, açaí, até as commodities como cana, milho, soja e café.”

A falta de infraestrutura e a baixa capacidade financeira para a aquisição de equipamentos no beneficiamento primário têm limitado o avanço dos produtores na obtenção de produtos de maior valor agregado. Um exemplo é o guaraná, em que os produtores realizam o beneficiamento primário que envolve a despolpa, lavagem e torrefação. Os grãos torrados (guaraná em rama) são vendidos a intermediários e/ou beneficiadores secundários para a produção de pó, bastão ou xarope, sendo estes produtos de maior valor agregado (Silva et al., 2018).

Na cajucultura é necessário investir em equipamentos para melhorar o beneficiamento das castanhas nas chamadas mini-fábricas, ou unidades de processamento em pequena escala (da Silva, 2024; Brainer, 2022). No licuri e na macaúba, a extração de óleo da polpa é considerada ineficiente, geralmente realizada por prensagem, resultando em perda relevante de óleo na torta residual, sendo o óleo um produto de interesse para diversas aplicações ou para a extração de compostos (Favarro e Rocha, 2022; Guimarães et al., 2021).

É comum nas cadeias produtivas pouco organizadas ou minimamente estruturadas, a presença de atravessadores que intermedeiam os produtores com o mercado, conforme verificado nas cadeias do guaraná, caju, cacau e açaí. Os atravessadores se beneficiam das dificuldades enfrentadas pelos produtores na comercialização dos produtos para impor preços que não conferem rentabilidade a esses atores.

A presença de organizações socioprodutivas, as cooperativas, é um fator positivo para a estruturação das cadeias, pois viabilizam a comercialização a preços mais justos e ainda facilitam o acesso à assistência técnica e financiamento aos produtores. A ausência de organização da cadeia impede que as indústrias substituam seus insumos atuais por insumos de origem renovável dada a incerteza no suprimento desses recursos. Portanto, as iniciativas voltadas para melhorar as condições de cultivo, colheita e beneficiamento possivelmente só se viabilizarão a partir da atuação dessas organizações socioprodutivas nas culturas da biodiversidade brasileira.

O nível de utilização (aproveitamento) da biomassa é baixo. O beneficiamento é direcionado para um ou poucos produtos de interesse e os resíduos são deixados de lado ou subaproveitados em aplicações de baixo valor agregado. É o que ocorre no caso do caju, cujo interesse é voltado para a castanha, sendo o pedúnculo, que corresponde a 90% do fruto, pouco aproveitado (da Silva, 2024; Embrapa, 2022).

No açaí, o interesse é pela polpa, sendo o aproveitamento do caroço e de correntes residuais do processo de despolpamento (como a borra, o caroço e as fibras) um desafio para a sustentabilidade da cadeia do açaí. No café, os resíduos são gerados do campo até a industrialização, em grandes quantidades, sendo, em sua maioria, subaproveitados em aplicações de baixo valor (IICA, 2020).

Na cadeia do cacau, apenas 8% do fruto é aproveitado para o processamento de derivados do fruto, sendo os outros 92% classificados como resíduos sem destinação comercial efetiva (MAPA, 2024; Veloso, 2020). Na exploração artesanal do babaçu, o aproveitamento é muitas vezes limitado à amêndoas, que é rica em óleo, mas corresponde a menos de 9% do coco (ISPN, 2012). Esses casos ilustram oportunidades em torno do aproveitamento integral dos recursos a partir de um conceito de biorrefinaria expandido e alinhado aos princípios da circularidade.

Outro desafio relevante é a ausência de dados e informações sobre a disponibilidade dos recursos em termos de quantidade, localização etc., o que é uma barreira para o desenvolvimento de oportunidades e a atração de investidores. A falta de confiabilidade no suprimento das matérias-primas diante dos desafios inerentes a cadeias mal estruturadas é um gargalo para a industrialização dos recursos. A perecibilidade e condições inadequadas de transporte e armazenagem se somam como problemas a serem solucionados.

Importante ressaltar ainda que questões referentes ao ambiente regulatório podem ser cruciais para o desenvolvimento dos negócios. Além de questões internacionais relativas à sustentabilidade da biomassa, bastante sensíveis em relação ao mercado europeu, por exemplo, cabe destacar internamente dois outros marcos regulatórios de importância para o desenvolvimento do biorrefinado: a biossegurança e o acesso ao patrimônio genético.

Em particular, a lei de acesso ao patrimônio genético, apesar da modernização reconhecida do marco legal, tem sido vista como uma dificuldade na utilização dos recursos da biodiversidade brasileira. Algumas empresas relatam dificuldades no cadastramento desses recursos em seus sistemas internos. Dificuldades de operação do sistema de registros no SISGEN estariam levando empresas a abrir mão do uso dos recursos da biodiversidade. A forma de pagamento pelo acesso, feita no produto final, e mesmo algumas dificuldades formais para seu cadastramento nos sistemas de suprimentos das empresas (Ex.: SAP), estariam afastando potenciais interessados nos produtos da biodiversidade.



4.2.2 Tecnologias

A baixa inserção tecnológica nas etapas iniciais das cadeias analisadas foi percebida como um garrote relevante para a oferta da biomassa, assim como para a sua posterior valorização industrial. A agenda tecnológica para o desenvolvimento do biorrefino é ampla, envolvendo múltiplas áreas do conhecimento.

A busca por sistemas de extrativismo e cultivo mais sustentáveis requer atividades de PD&I. O caso da macaúba exemplifica o expressivo esforço tecnológico em curso para viabilizar a transição do extrativismo para o cultivo. A caracterização e seleção de espécies que apresentem maior produtividade em óleo é vista como uma das etapas críticas para avançar na domesticação das espécies selecionadas pelas empresas interessadas em seu desenvolvimento (Junqueira et al., 2019).

Um exemplo que ilustra o papel da tecnologia é o programa de melhoramento genético realizado pela Embrapa Agroindústria Tropical, que desenvolveu clones de cajueiro de porte reduzido com maior resistência a pragas e estresse hídrico. Dessa forma, a substituição do cajueiro-gigante pelo cajueiro-anão permitirá maior produtividade no campo e uma colheita mais adequada do fruto, possibilitando a valorização do pedúnculo na fabricação de caju de mesa, doces, geleias ou o seu uso para a produção de sucos, evitando as perdas (da Silva, 2024).

A baixa adoção de pacotes tecnológicos pelos pequenos produtores tem trazido consequências negativas sobre a produtividade no campo, colheita e beneficiamento. Em geral, há pouca inserção de máquinas no processo de colheita/coleta e, em alguns casos, ainda são necessários esforços de PD&I para o desenvolvimento desses equipamentos para atender as especificidades de cada caso.

A mecanização da colheita se mostra como um desafio, principalmente em áreas de várzea para o caso do açaí. Equipamentos rústicos, como varas de colheita que dispensam a escalada das palmeiras, têm sido desenvolvidos por agricultores, mas predomina a colheita tradicional (Embrapa, 2021).

Também foi apurado que a baixa capacidade técnica dos produtores pode ser um entrave para a adoção de novas tecnologias, assim como a limitação financeira para a aquisição de maquinário na etapa de beneficiamento. Conforme discutido anteriormente, de forma geral, equipamentos rudimentares e técnicas de extração inadequadas limitam o rendimento e a qualidade dos produtos.

No beneficiamento, a tecnologia pode ser vista como um primeiro passo para a industrialização. Por exemplo, um desafio na macaúba é a otimização do processo de extração do óleo da polpa e da amêndoia, o que tem levado a esforços para o desenvolvimento de soluções tecnológicas diversas (Favaró et al., 2018). Uma solução apontada é a extração aquosa, em que o fruto não precisa ser seco, sendo processado fresco, utilizando equipamentos similares àqueles utilizados para a extração de óleo de oliva. Vale mencionar que, em muitos casos, algumas dessas melhorias dependem da adoção de tecnologias simples com nível de maturidade tecnológica avançado.

A tecnologia exerce papel fundamental para o aproveitamento integral da biomassa e a sua conversão em produtos de maior valor agregado, o que se viabiliza pelo avanço da industrialização nas cadeias produtivas. Nesse sentido, um amplo espectro de tecnologias pode ser observado, desde (1) a busca por tecnologias para otimizar a extração de frações específicas do fruto (por exemplo: óleo da polpa de determinados frutos que é realizada atualmente de forma mecanizada); (2) o avanço em tecnologias mais eficientes e sustentáveis de extração de compostos (por exemplo: extração assistida por micro-ondas e extração assistida por ultrassom); (3) avanços nas tecnologias de pré-tratamento para a liberação de açúcares em materiais lignocelulósicos; e (4) tecnologias de conversão química, bioquímica ou termoquímica.

No caso dos projetos para produção do etanol de segunda geração, por exemplo, foi necessário um grande esforço de P&D para o desenvolvimento de tecnologias de pré-tratamento e conversão de biomassas lignocelulósicas (palha/bagaço de cana e palha/resíduos de milho) em etanol. Diversas rotas de pré-tratamento foram desenvolvidas visando à liberação das moléculas celulose e hemicelulose a serem submetidas a novos coquetéis enzimáticos para liberação de açúcares fermentescíveis. Os pesquisadores tiveram que se debruçar também sobre a ação das leveduras, já que a etapa de hidrólise enzimática produzia não apenas açúcares C6, como já era de domínio da produção do etanol de primeira geração, mas também açúcares C5 (Correa et al., 2023).

“

Equipamentos rústicos, como varas de colheita que dispensam a escalada das palmeiras, têm sido desenvolvidos por agricultores, mas predomina a colheita tradicional.”

A busca por novos produtos e novas matérias-primas exige o desenvolvimento de processos em escalas maiores em parceria com fabricantes de equipamentos. Nesse processo, é necessária a realização de diversos testes de adaptação dos equipamentos existentes para as novas funções. São etapas lentas e que demandam investimentos relativamente altos, além de modelagens de processo com tecnologias fenomenológicas e híbridas.

O caso do etanol de segunda geração ilustra bem o desafio tecnológico no desenvolvimento de equipamentos. A maioria dos equipamentos dos sistemas de alimentação da etapa de pré-tratamento operou muito abaixo da capacidade projetada e sem continuidade, devido a entupimentos, incrustações e acúmulo de material, além de problemas de erosão e corrosão nos equipamentos (Correa et al., 2023).

A exploração dos casos evidenciou que as biomassas podem colecionar desafios tecnológicos distintos ou ainda estar em fases diferentes diante desses desafios. Para algumas biomassas, já há vasto conhecimento científico sobre a caracterização física e química da biomassa e dos resíduos, como o caso das biomassas agroindustriais.

No caso das biomassas da biodiversidade, entretanto, esse grau de conhecimento pode variar. Por exemplo, no caso do guaraná, os relatórios técnicos apontam que há lacunas no conhecimento científico acerca da composição de resíduos como a casca e o casquinho. No caso da macaúba, é possível notar um esforço crescente em termos de pesquisa e publicações sobre a caracterização das diferentes frações do fruto para identificar as potencialidades em produtos e aplicações.

Outro ponto relevante na discussão da tecnologia é entender que setores e indústrias podem apresentar padrões de inovação tecnológica distintos. Enquanto no setor de florestas plantadas, a indústria de papel e celulose é reconhecida por ser um setor com investimento relevante em PD&I, o setor da cana, por exemplo, em geral depende dos fornecedores de equipamentos e outros atores como fontes de inovação.

As grandes empresas de papel e celulose têm investido consideravelmente no desenvolvimento de tecnologias para a conversão dos resíduos da floresta plantada e de seus resíduos industriais em produtos novos e de valor agregado. Por outro lado, poucas empresas do setor de cana têm investido em tecnologias avançadas como aquelas relacionadas ao etanol de segunda geração.

Em cadeias menos estruturadas, o avanço para a industrialização estará condicionado à atração de atores que possam trazer ou desenvolver essas competências tecnológicas a partir de parcerias. Nos casos estudados foram percebidas startups de base tecnológica no desenvolvimento dessas oportunidades, assim como universidades e institutos de pesquisa. Portanto, o avanço tecnológico dependerá de estímulos à formação de um ecossistema de inovação que fomente a colaboração entre os diversos atores.

Por fim, vale mencionar que as tecnologias recentes, como as tecnologias utilizadas para a rastreabilidade de produtos, tecnologias para tratamento de dados, tecnologias voltadas para a área de logística e transporte também devem ser consideradas para a estruturação das cadeias produtivas envolvidas com o biorrefinô.



4.2.3 Produtos

O primeiro ponto de observação a partir dos casos estudados é a baixa diversidade de produtos gerados. O açaí, por exemplo, tem na exploração da polpa seu foco, enquanto no caso do caju o grande interesse comercial é a castanha. O cacau tem como principal produto as suas sementes, que são utilizadas como matéria-prima na fabricação do chocolate e seus derivados.

Esta observação é mais evidente nas biomassas da biodiversidade, mas pode ser estendida às biomassas agroindustriais, como café, milho, soja e cana. No caso do café, a semente é o produto principal; para a cana-de-açúcar tem-se etanol e açúcar; o milho se destina principalmente à produção de ração animal e a soja tem o seu grão como principal produto, seguido de farelo e óleo.

Além da baixa diversidade, o retrato atual mostra um portfólio de produtos de baixo valor agregado, com características mais de commodities, o que é um desafio para a geração de valor nas cadeias. Um caso ilustrativo é o café. A diversidade atual de produtos obtidos a partir do café é ainda tímida diante do potencial apontado na literatura e das quantidades de resíduos gerados. A polpa e a casca podem ser utilizadas para obtenção de muitos produtos, desde commodities como etanol, biocombustíveis, biochar e bioquímicos até produtos de maior valor agregado como cafeína, ácidos clorogênicos, lipídeos e antioxidantes para as indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica.

A diversificação de produtos e o aproveitamento integral das biomassas são casos excepcionais, predominando o foco em poucos produtos. Entretanto, é possível observar nas cadeias agroindustriais uma busca por novos produtos e por valorização dos resíduos e subprodutos. Isso aparece nos casos do milho, da cana e das florestas plantadas, neste último de forma mais avançada.

Diversas oportunidades de desenvolvimento de uma gama maior de produtos, com aumento do valor agregado, foram identificadas. Os investidores na industrialização do milho têm destacado, além da produção do etanol de primeira geração e de rações para animais, um grande potencial para o aproveitamento dos resíduos da lavoura na produção de biometano, bioplásticos, ou de hidrogênio "verde" que pode ser convertido em SAF. O CO₂ gerado no processo de fermentação poderia ser aproveitado para produção de metanol verde.

A cana-de-açúcar compartilha algumas dessas possibilidades também. A macaúba também traz perspectivas interessantes, com estudos voltados para a produção de biocombustíveis (diesel verde, SAF), produção de químicos e cosméticos a partir do óleo, além de potenciais usos da torta da polpa, rica em fibras e proteínas, para a produção de itens alimentícios e para a ração animal, biogás, biofertilizante e biochar. Na maior parte dos casos, faz-se necessário enfrentar os desafios de aumentar o nível de aproveitamento da biomassa, avançando em PD&I para caracterização das suas frações e na industrialização.

Os produtos potenciais que podem ser obtidos a partir do aproveitamento integral das biomassas transitam entre *commodities* e especialidades. A escolha por produtos do tipo *commodities* traz consequências sobre os modelos de negócio, devendo estes serem desenvolvidos para possibilitar escala maiores que garantam competitividade em custos.

Por sua vez, os produtos de maior valor agregado, especialmente os não *drop in*⁴ para aplicações nas indústrias farmacêutica, de cosméticos e de alimentos, demandam esforços de desenvolvimento de aplicações de mercado que dependem de competências frequentemente ausentes ou não suficientemente desenvolvidas em muitas empresas.

Nesse caso, os desafios se localizam na etapa de comercialização e exigem modelos de negócio que abarquem parcerias com atores que possuam as competências requeridas. Vale ressaltar que políticas públicas para o desenvolvimento do biorrefinado devem considerar não apenas instrumentos para incentivar a adoção de bioproductos, mas também apoiar modelos de negócio que contemplam o desenvolvimento de competências relacionadas ao desenvolvimento de produtos e aplicações.

Logo, observa-se que existem oportunidades de obtenção de produtos *drop in* e não *drop in*, *commodities* e especialidades, direcionados a mercados bastante distintos e, muitas vezes, fora do ambiente competitivo tradicional das empresas, indo de combustíveis a cosméticos. No entanto, pelos exemplos apresentados, é possível concluir que o avanço na diversificação de produtos e aplicações com maior valor agregado sucede os desafios relativos ao aumento do nível de utilização da biomassa, avanços em PD&I para caracterização das suas frações e avanço na industrialização.

Sem estes avanços, a situação atual de baixa diversidade de produtos com baixo valor agregado dificilmente será revertida. Também é possível afirmar que o avanço na diversidade de produtos dependerá da organização das cadeias nas etapas a montante. As indústrias dificilmente modificarão seus produtos e formulações para inserir bioproductos sem que haja confiabilidade no suprimento e qualidade em relação às matérias-primas utilizadas.

4.2.4 Modelos de negócio

A dimensão modelo de negócios tem forte relação com as demais dimensões, visto que a estruturação da oferta, com garantia de fornecimento dos recursos com a qualidade necessária para os processos subsequentes, é ponto de partida para o desenvolvimento do biorrefinado.

Além disso, os modelos de negócio precisam trazer soluções para os desafios espalhados nas diversas etapas do biorrefinado, entre a oferta da biomassa, beneficiamento, industrialização e comercialização dos produtos. O desenvolvimento de oportunidades que contemplem os atributos sistêmicos do biorrefinado (diversificação de produtos, aproveitamento integral da biomassa, circularidade e inserção regional/territorial) exige que sejam propostos modelos de negócio inovadores.

4. Produtos drop in são aqueles equivalentes aos produtos de origem fóssil, possuindo a mesma estrutura química e que, portanto, possuem propriedades técnicas idênticas, podendo ser utilizados sem alterações a jusante na cadeia produtiva (Oroski, Bomtempo e Alves, 2014).

Em quase todas as biomassas oriundas da biodiversidade, foi observado um baixo grau de organização da cadeia produtiva, com grande fragmentação entre os elos e forte influência de atravessadores.

Nos casos do açaí, cacau e guaraná, ficou evidente o conflito entre os produtores, atravessadores e beneficiadores diante dos baixos valores pagos para os primeiros. Os intermediários (atravessadores) dominam o mercado, retendo margem que caberia ao produtor. Uma forma de organização da produção a ser desenvolvida seria através das organizações socioprodutivas. Em muitos casos, a organização da cadeia produtiva ainda é uma lacuna que impede avanços no acesso a mercados, na agregação de valor na produção e no acesso à capacitação e suporte técnico.

Observou-se que, apesar das novas oportunidades de trabalho e de geração de renda oriundas da exploração sustentável das biomassas da biodiversidade, ainda existe muito a se fazer para que estas sejam aproveitadas de forma adequada, pois muitos agricultores familiares não compreendem o potencial da cadeia econômica ou não dispõem de meios necessários para investir em uma produção organizada ou para acessar melhores mercados.

As oportunidades em torno dos resíduos são ainda menos percebidas por esses atores, o que dificulta a estruturação dessa oferta. A conservação das diferentes frações residuais para posterior aproveitamento é fundamental para avançar nos processos industriais de aproveitamento dos resíduos. Isso requer que os modelos de negócio proponham soluções para a etapa de beneficiamento primário dos recursos.

Para gerar impactos sociais positivos, questões como melhor distribuição de renda ao longo da cadeia, aumento da capacidade de beneficiamento primário pelos produtores e desenvolvimento de arranjos produtivos locais são importantes e precisam ser consideradas na elaboração do plano de desenvolvimento do biorrefinado.

O caso do cacau traz uma perspectiva interessante. A maior parte dos produtores ainda não realiza a etapa de fermentação, responsável por agregar valor ao influenciar o aroma e sabor da semente. Com isso, geram sementes de menor qualidade, comercializadas como *commodity*, o que reflete nos preços pagos pelos atravessadores e consequentemente na renda destes produtores.



Uma forma de organização da produção a ser desenvolvida seria através das organizações socioprodutivas. Em muitos casos, a organização da cadeia produtiva ainda é uma lacuna que impede avanços no acesso a mercados, na agregação de valor na produção e no acesso à capacitação e suporte técnico."

A estruturação de biorrefinarias com uso de biomassa da biodiversidade brasileira requer a construção de uma interface entre a etapa de beneficiamento e a valorização industrial, ou seja, uma maior aproximação entre os diferentes elos da cadeia. Nesta perspectiva, o caso da macaúba mostra uma dinâmica interessante. A exploração das oportunidades em torno dessa biomassa tem aberto possibilidades para atividades de inovação em modelos de negócios trazidas por *startups* que propõem estruturar a cadeia, desde a oferta (cultivo e colheita) até a industrialização com a extração do óleo e o aproveitamento integral do fruto sob o conceito de biorrefino.

No caso das florestas plantadas, cana, milho e soja, os desafios de modelos de negócio se concentram no avanço da industrialização, com atração de novas empresas para aproveitar as oportunidades de aproveitamento da biomassa e desenvolver novas tecnologias.

O café é um caso interessante porque, apesar de ter a oferta estruturada, ainda apresenta alguns desafios que se assemelham às biomassas da biodiversidade. A venda do café verde dos pequenos produtores para as empresas torrefadoras se dá através de cooperativas ou intermediários. São empresas prioritariamente pequenas (64% são microempresas), muitas de gestão familiar.

Apesar disto, observa-se a presença de grandes empresas, algumas controladas por capital estrangeiro. As indústrias de café solúvel são maiores, incluindo empresas multinacionais em um mercado concentrado. As cooperativas têm desempenhado papel relevante na organização da cadeia e na intermediação entre pequenos produtores e as indústrias. Esse contexto sugere que novos atores sejam inseridos na cadeia para conectar a produção dos grãos e seu beneficiamento às etapas de industrialização e comercialização.

Um desafio para os modelos de negócio é a dispersão dos resíduos ao longo da cadeia. No caso das biomassas da biodiversidade, muitos resíduos são gerados na etapa de beneficiamento primário, que pode ocorrer de forma dispersa, necessitando de outras abordagens em termos de aproveitamento, seja com fábricas de pequena escala ou arranjos para coleta desses resíduos e direcionamento para unidades de maior escala.

No caso das florestas plantadas, há concentração de grandes volumes de resíduos nas instalações industriais de grande escala que ainda não são utilizados ou são pouco utilizados para a geração de produtos de maior valor agregado, como é o caso do licor negro e da lignina, configurando-se em oportunidade para o setor. Um panorama semelhante aparece para soja, milho e cana.

Melhorar a logística de acesso aos recursos e de distribuição de produtos apareceu como ponto central nos casos estudados e nas entrevistas. O desenvolvimento de infraestrutura logística é um desafio comum a todas as biomassas estudadas, seja no que tange ao transporte destas até o local de beneficiamento, seja no deslocamento dos resíduos e dos produtos até o mercado final.

A infraestrutura torna-se ponto decisivo nas escolhas de localização, afetando o modelo de industrialização a ser adotado, seja ele com a instalação de unidades produtivas mais próximas às matérias-primas ou aos mercados consumidores. No caso do babaçu, uma das empresas que exploram o recurso desenvolveu um modelo de negócio para o fornecimento a partir de intermediários que organizam os catadores. A empresa credencia, capacita e fiscaliza esses intermediários por meio de supervisores de campo para garantir o correto funcionamento da oferta, oferecendo infraestrutura de coleta e transporte.

No caso da macaúba, uma das *startups* ligadas ao seu desenvolvimento adotará um modelo de unidades móveis de beneficiamento que serão transportadas para localizações próximas às fazendas para superar o desafio logístico de acesso aos resíduos na etapa de beneficiamento.

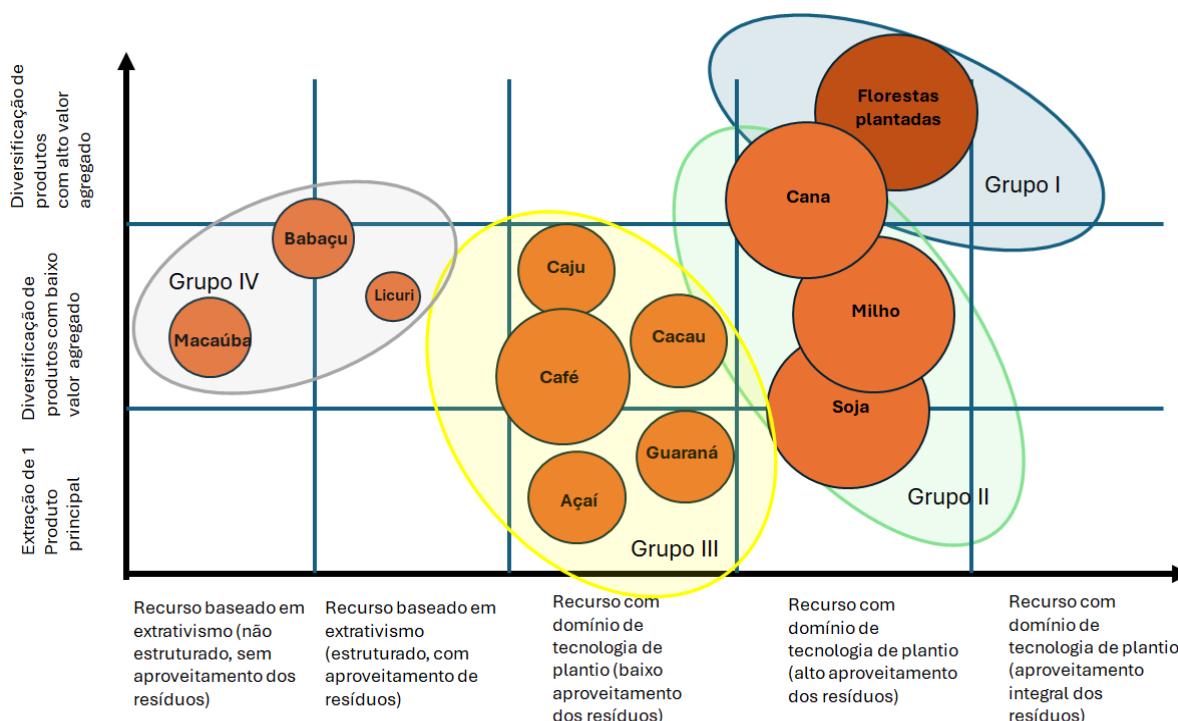
Por fim, quando as oportunidades avançam na direção da diversificação e na obtenção de produtos e aplicações de maior valor agregado, os modelos de negócio precisam viabilizar a formação de parcerias com atores que detenham as competências complementares requeridas. O desenvolvimento de novas aplicações pode ser um desafio ainda mais relevante para pequenas empresas e negócios iniciantes que não possuem acesso a mercados.

4.3 Etapa 3: Situação atual do biorrefinô no Brasil

A exploração dos casos permitiu o reconhecimento de que os recursos podem se encontrar em níveis diferenciados em relação ao desenvolvimento dos atributos do conceito proposto para o biorrefinô. A Figura 8 reproduz a Matriz Situacional do Biorrefinô a partir da identificação de quatro espaços distintos (grupos I, II, III e IV) ocupados pelas biomassas estudadas, representando posições relativas aos atributos do biorrefinô:

- nível e qualidade da diversificação de produtos;
- extração ou cultivo, sendo que o cultivo pode estar estruturado com domínio tecnológico estabelecido ou ainda em desenvolvimento;
- nível de aproveitamento dos resíduos, subprodutos e coprodutos ou nível de aproveitamento integral.



Figura 8: Matriz situacional do biorrefino no Brasil

Fonte: Elaboração do consultor.

A diferenciação dos recursos entre biodiversidade e commodities, frequente na literatura, não parece dar conta para apontar todos os desafios de estruturação do biorrefino, pois não permite o reconhecimento das diferenças entre os recursos, tanto no conjunto de recursos da biodiversidade quanto das commodities em relação a diversos aspectos que dialogam com os atributos do conceito de biorrefino adotado neste estudo, tais como: escala, nível de organização da cadeia, aproveitamento integral dos recursos e diversificação de produtos, conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6: Aspectos relacionados aos atributos do biorrefino nos quatro tipos de biomassa

	MODELO DE OFERTA DA MATÉRIA-PRIMA	APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	GRAU DE DIVERSIFICAÇÃO DE PRODUTOS	
GRUPO I	CULTIVO	ALTO	ALTO COM PRESENÇA DE PRODUTOS DE ALTO VALOR AGREGADO	
GRUPO II	CULTIVO	ALTO	VARIADO, MAS COM POUcos PRODUTOS DE ALTO VALOR AGREGADO	
GRUPO III	CULTIVO	BAIXO	BAIXO COM CASOS DE EXPLORAÇÃO DE UM ÚNICO PRODUTO DE INTERESSE	BIODIVERSIDADE
GRUPO IV	EXTRATIVISMO COM DIFERENTES NÍVEIS DE ESTRUTURAÇÃO	BAIXO A INEXISTENTE	BAIXO COM PRODUTOS DE BAIXO VALOR AGREGADO	COMMODITIES

Fonte: Elaboração do consultor.

A primeira observação importante se refere aos volumes de biomassa envolvidos, representados por tamanhos diferenciados entre os círculos. As grandes culturas (cana, milho, soja e floresta plantada) processam mais de 100 milhões de toneladas por ano. O segundo grupo, com volumes entre 500 mil e 5 milhões de toneladas/ano, é representado pelo café e açaí. Na faixa de 100 a 500 mil toneladas/ano encontram-se caju, cacau e macaúba. Por fim, guaraná, licuri e babaçu movimentam menos de 50 mil toneladas/ano.

A variação de volumes de biomassa estabelece assim a necessidade de diferentes modelos de negócio em termos de escala, organização da oferta e decisões sobre oportunidades tecnológicas e de produtos e aplicações.

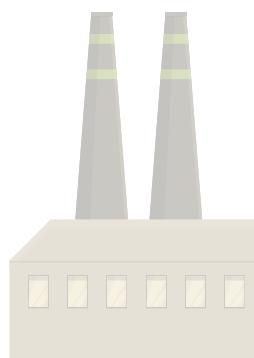
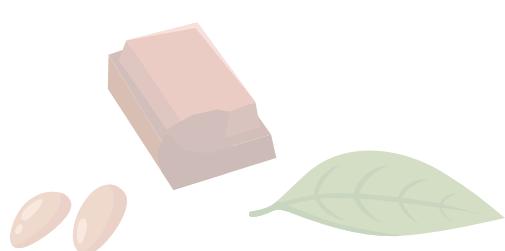
A segunda observação é que a oferta de biomassa envolve extrativismo e cultivo. Em relação ao extrativismo, os casos mostraram exemplos de maior ou menor organização dessa atividade. O extrativismo é a forma atual de oferta para macaúba, licuri e babaçu. As demais biomassas são originadas de cultivo e possuem domínio tecnológico do cultivo.

A exceção é o açaí, que concilia cultivo e extrativismo. É importante notar a posição da macaúba que, para atender ao volume de biomassa demandado, deverá vencer o desafio de avançar no domínio tecnológico do cultivo.

Quanto ao aproveitamento dos resíduos e subprodutos, a situação do biorrefinário brasileiro ainda é incipiente. Não há aproveitamento integral da biomassa no biorrefinário brasileiro. Os esforços de valorização dos recursos são maiores nas grandes culturas, em particular nas florestas plantadas e na cana. O milho parece ter entrado em uma trajetória de desenvolvimento na mesma direção. Mas a soja encontra-se em posição pouco expressiva na valorização da biomassa.

O babaçu é um caso particular, porque tem dois modelos de exploração, que têm apresentado avanços no aproveitamento da biomassa, ambos baseados no extrativismo: o modelo artesanal e o modelo industrial. No modelo artesanal de beneficiamento, as cooperativas têm desenvolvido alguma diversificação de produtos e buscam o melhor aproveitamento dos resíduos. No modelo industrial, o aproveitamento é integral e alguns produtos podem ser considerados de maior valor.

A macaúba é um caso interessante, pois se encontra em um estágio de discussão sobre os futuros possíveis de modelos de exploração do recurso. Percebe-se forte interesse na obtenção do óleo para a produção de biocombustíveis e algumas oportunidades para o uso de outras frações, entretanto,



ainda não está claro qual será o nível de aproveitamento da biomassa e de diversificação dos produtos pelas empresas interessadas no biorrefinado a partir deste recurso.

A maioria das biomassas é explorada para a obtenção de apenas um produto ou, no máximo, um produto de baixo valor. Nos casos em que se percebe maior diversificação ainda há espaços para avançar na obtenção de produtos de maior valor agregado.

Por fim, a representação situacional do biorrefinado brasileiro permite traçar uma visão geral que destaca quatro grupos distintos de biomassas e suas lógicas de exploração e valorização.

De modo a aprofundar o diagnóstico situacional dos quatro grupos de biomassa em relação aos atributos do biorrefinado, foram selecionadas seis biomassas para a etapa seguinte de construção de casos: florestas plantadas, cana de açúcar, café, açaí, macaúba e babaçu. Os casos aprofundados permitiram maior compreensão dos desafios levantados inicialmente. No Quadro 7 estão os principais desafios e recomendações identificadas nas entrevistas e na literatura.

Nos Grupos I e II, as recomendações se voltam para incentivos ao *scaling up*, o desenvolvimento de equipamentos e apoio para PD&I no desenvolvimento de produtos. São exemplos em que já ocorre a industrialização e os desafios se concentram em avançar no aproveitamento dos resíduos e subprodutos, e no desenvolvimento de produtos de maior valor agregado.

Nota-se que, entre as recomendações propostas para a superação dos desafios dos recursos dos grupos III e IV, surgem pontos específicos como aqueles voltados para a estruturação da cadeia produtiva para a oferta da biomassa através do fortalecimento de cooperativas e logística de acesso aos resíduos e subprodutos.

Também há recomendações para a criação de mecanismos de incentivo à adoção de produtos oriundos da biodiversidade. Esta análise reforça que as políticas para o desenvolvimento do biorrefinado devem considerar níveis diferenciados de desenvolvimento das etapas de oferta do biorrefinado até a industrialização.



Quadro 7: Desafios e recomendações

Grupos/ biomassas	Estágio atual em relação aos atributos do biorrefino	Principais recomendações
Grupo 1 Florestas plantadas	Nível diferenciado entre as empresas quanto ao aproveitamento integral da biomassa e diversificação de produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte para <i>scaling up</i> dos projetos (piloto para demonstração) • Desenvolvimento de equipamentos para atuar com diferentes tipos de biomassa • Mecanismos de incentivo à adoção de produtos "verdes"
Grupo 2 Cana de açúcar	Alto aproveitamento dos resíduos, porém com baixa diversificação e obtenção de produtos de maior valor agregado	<ul style="list-style-type: none"> • Suporte para <i>scaling up</i> dos projetos (piloto para demonstração) • Desenvolvimento de equipamentos para atuar com diferentes tipos de biomassa • Incentivos específicos para o desenvolvimento de novos produtos a partir da cana
Grupo 3 Café	Baixo aproveitamento dos resíduos e sem diversificação de produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimento das cooperativas para avançar na estruturação das etapas iniciais da cadeia e inserção tecnológica • Mecanismos para atração de empresas para o desenvolvimento de inovações na cadeia do café • Incentivos específicos para o desenvolvimento de novos produtos a partir dos resíduos do café
Grupo 3 Açaí	Baixo aproveitamento dos resíduos e sem diversificação de produtos (foco em apenas um produto, a polpa do açaí)	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos para estruturação da cadeia de fornecimento e logística dos resíduos • Suporte para <i>scaling up</i> dos projetos em bancada para piloto • Incentivos específicos para o desenvolvimento de novos produtos a partir dos resíduos do açaí • Mecanismos de incentivo à adoção de produtos oriundos da biodiversidade
Grupo 4 Macaúba	Extrativismo não estruturado, sem aproveitamento dos resíduos e sem a obtenção de produtos de valor agregado	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos a projetos que visem ao uso integral da biomassa e à diversificação de produtos • Criação de mecanismos que valorizem a prestação de serviços ecossistêmicos • Suporte para <i>scaling up</i> dos projetos em bancada para piloto e demonstração
Grupo 4 Babaçu	Dois modelos de extrativismo: um baseado em cooperativas e outro estruturado a partir da indústria. Aproveitamento dos resíduos e obtenção de produtos de maior valor agregado tendem a ser mais difícil para as cooperativas.	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos para fortalecimento e capacitação das cooperativas • Mapeamento dos babaçuais e potencial de exploração • Suporte para <i>scaling up</i> dos projetos • Mecanismos de incentivo à adoção de produtos oriundos da biodiversidade

Fonte: Elaboração do consultor.

Como conclusão deste diagnóstico, podem ser destacados os seguintes pontos:

- Não há, como regra, no biorrefino brasileiro, o aproveitamento integral dos recursos;
- A diversificação de produtos é limitada; tende a ser voltada para produtos de baixo valor e raramente produtos de alto valor agregado;
- Muitas biomassas são exploradas para extrair apenas um produto principal e seriam melhor designadas como pré-biorrefinarias;
- A oferta de biomassa inclui extrativismo (estruturado e não estruturado) e cultivo, o que suscita problemas bem distintos de estruturação dos biorrefinios;
- Há níveis diferenciados de estruturação entre as biomassas da biodiversidade brasileira e as biomassas *commodities*, portanto, existem desafios distintos que precisam ser considerados;
- A industrialização deve ser estudada com atenção, em particular na compreensão da evolução de setores baseados em biomassa que têm se mostrado dinâmicos, como o das florestas plantadas e da cana de açúcar. Cabe aqui também entender a evolução e a maturidade de processos de biorrefino baseados na biodiversidade. Afinal, o futuro do biorrefino brasileiro parece ter como base esses dois pilares.





5. Experiências internacionais de políticas sobre biorrefino

5.1 Uma visão geral dos países de referência

Visando identificar os caminhos que vêm sendo trilhados na definição de estratégias e formulação de políticas para o desenvolvimento do biorrefino em diferentes países, esta seção apresenta um estudo comparativo sobre os principais instrumentos identificados e as orientações políticas percebidas nos seis países estudados (Austrália, China, EUA, Finlândia, França, Tailândia). As principais orientações e políticas identificadas são discutidas e analisadas em relação ao caso brasileiro. Vale mencionar que a análise das políticas não foi voltada para avaliações sobre o processo de implementação nem para os resultados obtidos a partir desses instrumentos.

De forma geral, as estratégias e políticas identificadas são bastante diversas, representando bem os variados caminhos que a bioeconomia e a valorização das biomassas podem seguir. Conceitos como diversificação de produtos, circularidade, aproveitamento integral e inserção regional são mencionados, mas, claramente, na maioria dos casos, não estão ainda internalizados na dinâmica tecnológica e de inovação nos modelos de negócio.

Isso permite estabelecer dois pontos de partida para esta discussão comparativa dos seis países estudados: (i) as atividades em bioeconomia, em particular as relacionadas com o biorrefino, estão ainda em construção; (ii) os caminhos dessa construção são, em boa medida, específicos das condições e do contexto de cada país.

Entretanto, os seis países representam um painel de experiências que pode trazer lições importantes em relação ao foco no biorrefino no Brasil. Na Austrália, as políticas e iniciativas em bioeconomia estão localizadas no nível de um estado, Queensland, e não no nível nacional. Essas iniciativas, atualizadas em 2022, são quase sempre em biocombustíveis, destacando o foco em SAF no caso de Queensland. Os conceitos de biorrefino e biorrefinaria não são explorados. Queensland e New South Wales têm experiência em políticas de demanda para biocombustíveis, mas sem continuidade. Não há referência clara a outros bioproductos além dos biocombustíveis e não há registro de esforços de estruturação da oferta de biomassas.

Numerosos documentos têm sido lançados, muitos deles na forma de *roadmaps*. A biotecnologia é vista como a base de conhecimento a ser desenvolvida para o progresso da industrialização.

Na China, o interesse pela bioeconomia é recente. Apareceu pela primeira vez, de forma mais estruturada, no 14º Plano Quinquenal (2021-2025). Como de的习惯, são propostos planos de ação e metas a serem atingidas. A coordenação é fortemente centralizada, os esforços nas áreas relacionadas à bioeconomia seguem o que foi desenvolvido em energias renováveis e não há menção explícita a biorrefinarias ou ao conceito de biorrefino.

No campo da Economia Circular (EC), já se observam iniciativas desde 2005 e 2006 com o lançamento de diversos programas. Em 2009, o Congresso Nacional promulgou a Lei de Promoção da Economia Circular, estabelecendo um sistema estruturado no qual se observa uma coevolução entre ciência e política com *feedback* bidirecional e ajuste contínuo.

Pesquisas bibliográficas identificam que estudos chineses sobre EC tiveram um rápido crescimento já a partir de 2005, enquanto o mesmo comportamento nas fronteiras internacionais só se deu a partir de 2014-15. A bioenergia parece ser a próxima fronteira a ser explorada, com políticas já estimulando o desenvolvimento de combustíveis verdes.

Nos Estados Unidos, o documento nacional, que se refere explicitamente a políticas em bioeconomia, data de 2012. A biotecnologia avançada é estabelecida como base para o desenvolvimento das diversas áreas de atuação. Houve atualizações importantes a partir de 2022, mas mantendo a biotecnologia e a biomanufatura como foco.

O desenvolvimento da bioenergia é apoiado desde os anos 1970 pelo DOE, através do BETO. Esses esforços foram reforçados e atualizados nos anos 2000. O conceito de biorrefinaria é incentivado pelo BETO com destaque para a diversificação de produtos, associando bioenergia e bioproductos.

A estruturação da oferta de biomassa é acompanhada pelo Programa *Billion Ton*, gerido pelo DOE, desde 2005, com atualizações em 2011, 2016 e 2023. Um programa de compras públicas e de rotulagem dos bioproductos, *Biopreferred Program*, gerido pelo USDA, existe desde 2002.

As instâncias responsáveis pelas políticas e estratégias são definidas com a indicação dos departamentos e agências responsáveis pela coordenação e dos demais representantes.

Os projetos apoiados são submetidos a um processo de apresentações públicas periódicas. Os projetos são discutidos por bancas de especialistas convidados externos ao BETO. As apresentações e os comentários feitos pelas bancas, assim como as respostas dos responsáveis dos projetos, são publicamente divulgadas.

A Finlândia foi pioneira no lançamento de uma Estratégia Nacional de Bioeconomia, em 2014. Diversos documentos de atualização têm sido publicados, com destaque para a Estratégia Nacional de Bioeconomia em 2022. A inclusão da Economia Circular é um ponto de destaque, assim como a consideração de outras políticas relacionadas que compõem o mix de políticas, tanto no nível nacional quanto europeu.

Para cada uma das quatro prioridades estabelecidas na estratégia nacional, são designados a instituição responsável e os agentes envolvidos. Diversos ministérios participam das iniciativas em bioeconomia. Os focos das iniciativas são: busca de valor agregado, competência tecnológica, ambiente competitivo e uso sustentável das biomassas.

O biorrefino é visto de forma sistêmica, destacando medidas ao longo das cadeias e abordando os diferentes atores envolvidos. A biomassa florestal tem destaque no país e as políticas mais recentes enfatizam o financiamento de plantas de demonstração para o desenvolvimento da bioeconomia no país.

Já na França, a estratégia nacional, lançada em 2018, foi formulada num processo bottom up com participação dos stakeholders envolvidos na bioeconomia francesa. Não há registro de atualização do documento. Entretanto, diversas iniciativas têm sido lançadas nos últimos anos, muitas delas coordenadas pela ADEME.

Diferentes ministérios têm se envolvido, mas sem uma coordenação explícita entre eles. A inserção regional é uma marca distintiva da bioeconomia francesa. A biorrefinaria de Pomacle-Bazancourt é referência como exemplo de biorrefinaria integrada.

Ainda no começo dos anos 2000, foram criados os pólos de competitividade, sendo um deles o IAR (*Industrie et Agro-ressources*), que seria um cluster voltado para a valorização não alimentar dos recursos agrícolas. O IAR, hoje (B4C) *Bioeconomy-for-Change*, conta com cerca de 500 associados e se apresenta como uma rede de referência para o desenvolvimento da bioeconomia na França, na Europa e em nível internacional.

Na Tailândia, por sua vez, o conceito de bioeconomia não é explicitado nos documentos, embora iniciativas relacionadas à bioeconomia tenham sido descritas desde os anos 1980. O foco dessas iniciativas é a biotecnologia que o país considera como conhecimento de base para desenvolver a sua bioeconomia.

Os programas e políticas são lançados por diferentes instituições tailandesas, mas não há uma indicação clara da coordenação entre elas em cada documento. O ponto marcante é a escolha dos bioplásticos como prioridade. Foram escolhidas cana-de-açúcar e mandioca como matérias-primas a serem valorizadas na produção dos bioplásticos. O foco em bioplásticos é visto como um caso de sucesso, com destaque para esforços na construção de um ecossistema de inovação, envolvendo atores diversos como empresas produtoras de bioplásticos, empresas do setor de plásticos, universidades e institutos de pesquisa, governo, entre outros.



Em 2009, o Congresso Nacional promulgou a Lei de Promoção da Economia Circular, estabelecendo um sistema estruturado.”

O Quadro 8 apresenta uma síntese das orientações identificadas nos países estudados, segundo as dimensões de análise.

Quadro 8: Políticas relacionadas à bioeconomia

Dimensões-chave	Orientações políticas percebidas
Matéria-prima	Em alguns países, como Austrália e EUA (Programa 1 Billion Ton), nota-se a preocupação com o mapeamento de seu potencial de biomassa, enquanto na França observam-se práticas de fomento, tanto para o desenvolvimento de práticas agrícolas inovadoras quanto para a criação de valor a partir de recursos florestais.
Tecnologia	Em todos os países estudados se observa a criação de programas para o financiamento, benefícios fiscais ou apoio financeiro para atividades de P&D, projetos de plantas-piloto, plantas de demonstração e mesmo plantas industriais. Enquanto na Austrália há concessão de grants para instituições e projetos de pesquisa voltados para a biologia sintética e biotecnologia, na China, se observa um programa específico de estímulo ao desenvolvimento de biocombustíveis não-grãos. Na Tailândia, empresas podem acessar recursos de contrapartida para viabilizar projetos de P&D.
Produtos	Os mandatos para mistura de biocombustíveis são observados em todos os países estudados. Na Austrália também se oferece desconto total de imposto de consumo sobre o etanol e o biodiesel produzidos internamente. Nos EUA, o <i>Biopreferred</i> é um programa com dois componentes: um mandato de compra federal e uma iniciativa voluntária de rotulagem para produtos de base biológica. A China também oferece redução de impostos para a produção de biodiesel à base de óleos residuais e redução de IVA ao etanol exportado, enquanto a Tailândia torna obrigatório considerar características de base renovável dos produtos em compras públicas.
Modelos de negócio	Apoio financeiro para o desenvolvimento de negócios em bioeconomia também é um ponto que pode ser observado em todos os países estudados. Na Austrália, um sistema de crédito de carbono apoia projetos que evitam a liberação de emissão de gases do efeito estufa. A China prioriza a realização de pilotos de promoção de biodiesel e de demonstração de aplicação de biocombustíveis de aviação em áreas consideradas propícias, dentro de um modelo de cluster. A Finlândia, por exemplo, fomenta parceria entre instituições de pesquisa e empresas para facilitar o desenvolvimento de modelos de negócio e de produtos que integrem potenciais de reutilização e reciclagem, além de simplificar os processos de permissão para projeto e construção de plantas para fabricação de bioproductos.

Fonte: Elaboração do consultor.

As políticas de oferta são baseadas nos incentivos tradicionais. Quanto às políticas de demanda, apesar do sucesso dos bioplásticos, registram-se poucas iniciativas como redução de impostos para compra ou utilização dos bioproductos.

Assim como nos seis países estudados, também identificam-se no Brasil programas e políticas com conteúdos relacionados à bioeconomia, em particular com foco na bioenergia. Desde os anos 1970, com a criação do Programa Nacional do Álcool – Proálcool, até as recentes Lei do Combustível do Futuro e chamada BNDES/FINEP para planos de negócio para investimentos em combustíveis de aviação e de navegação de baixo carbono, passando por diversos outros programas, como PAISS (BNDES/FINEP em 2011) e RENOVABIO (2017), diversas iniciativas relacionadas com o desenvolvimento da bioeconomia podem ser identificadas.

As principais orientações políticas percebidas nas estratégias, programas e instrumentos identificados nos países estudados podem ser diretamente relacionadas com as dimensões-chave de análise da estruturação das inovações em bioeconomia (matéria-prima, tecnologia, produtos, modelos de negócio) ou podem ser transversais, sendo estas não específicas a uma das dimensões-chave.

5.2 Uma visão transversal das políticas e programas

Uma visão transversal das políticas e programas identificados nos seis países estudados é apresentada a seguir, tendo como referência cinco grupos temáticos: visão de biorrefino; mix de políticas; governança e coordenação; políticas de oferta e demanda; e processos na elaboração de políticas e programas. Na discussão de cada tema, aspectos relacionados ao caso brasileiro são identificados.

Visão de Biorrefino

A visão de biorrefino e biorrefinarias é bastante desigual entre os países estudados. Uma visão sistêmica do biorrefino praticamente não aparece de forma explícita. A visão e a forma de estruturação do *Biomass Board* nos EUA, talvez sejam, entre os casos estudados, o melhor exemplo de visão sistêmica do biorrefino.

Nesse caso, destaca-se a elaborada iniciativa de estruturação da oferta de biomassa que pode ser identificada e caracterizada no nível do município. Certamente, o caso brasileiro, com a extensão e diversidade de recursos de que dispõe, tem no projeto *Billion Ton* um *benchmark* interessante para avançar na estruturação da oferta de biomassas para industrialização.

No que se refere às escolhas de tecnologias, o mais comum é o foco em biotecnologia, sugerindo que os países consideram que o conhecimento avançado em biotecnologia é a base das tecnologias para valorização dos recursos. Em alguns casos pode ser observada a ênfase em capacitação para o desenvolvimento de PD&I na área, incluindo incentivos para a formação de mão de obra especializada.

Nota-se a ausência de referências ao desenvolvimento de tecnologias direcionadas a equipamentos de movimentação de biomassa. Principalmente no que se refere aos equipamentos a serem utilizados nas etapas de beneficiamento (moagem, secagem, limpeza etc.) e alimentação da biomassa em plantas de processamento contínuo. Essa ausência pode sugerir que, mesmo após as dificuldades enfrentadas por plantas industriais recentes — a exemplo das plantas pioneiras de produção do etanol de segunda geração —, o tema ainda não foi identificado ou ainda não recebeu a atenção dos formuladores de políticas.

Quanto aos produtos, se a bioenergia ainda é o foco principal, particularmente com a demanda por biocombustíveis avançados para aplicações como aviação e navegação, é possível encontrar visões e estratégias interessantes. No caso da Tailândia, foi estabelecida uma prioridade em bioplásticos a serem produzidos a partir de duas matérias primas selecionadas, cana de açúcar e mandioca. Os esforços realizados nessa direção parecem bem-sucedidos.

No caso da Finlândia, o destaque em termos de produtos é a busca de produtos de maior valor agregado. Nos EUA, a diversificação de produtos é valorizada com a combinação de bioenergia e bioproductos não energéticos. Frequentemente, o BETO lança chamadas de financiamento para projetos que contemplam a diversificação de produtos.

A experiência brasileira é bastante rica nos mandatos para biocombustíveis, renovada e reafirmada no recente Combustível do Futuro. O programa RENOVABIO é outra iniciativa que oferece ganhos adicionais para os biocombustíveis na medida em que atinjam níveis de performance ambiental. O programa é limitado aos biocombustíveis.

Outra dimensão importante em relação ao biorrefino é a valorização do atributo de circularidade. A circularidade está na base dos Parques Industriais chineses, o que pode sugerir que a bioeconomia na China venha a ser desde o início uma bioeconomia circular. Na Europa, a bioeconomia tem sido cada vez mais vista como uma bioeconomia circular, como está claramente destacado na estratégia finlandesa. Na Tailândia, a circularidade é vista como uma oportunidade de valorização de resíduos da indústria de cana de açúcar.

Entretanto, nota-se, com base na amostragem dos seis países estudados, que apesar de a circularidade já ser apontada e reconhecida em alguns documentos, esta ainda é um atributo a ser internalizado nas estratégias nacionais.



No caso da Tailândia, foi estabelecida uma prioridade em bioplásticos a serem produzidos a partir de duas matérias primas selecionadas, cana de açúcar e mandioca.”

No caso brasileiro, há iniciativas de formulação de uma política nacional de economia circular, mas o formato da iniciativa parece caminhar em paralelo com a bioeconomia, sem valorizar a circularidade na bioeconomia.

Apesar do modelo de biorrefino considerado neste estudo não ter sido observado, o Brasil tem caminhado em sua direção. Tanto a partir de usinas de açúcar e álcool quanto de empresas atuantes no setor de papel & celulose.

Em diversas entrevistas realizadas com profissionais desses setores foi possível ouvir sobre vários estudos e desenvolvimentos que miram no maior aproveitamento da biomassa e na diversificação de produtos, assim como na busca da circularidade. Essas experiências estão incorporadas nos resultados deste trabalho.

Mix de políticas

O caráter transversal da bioeconomia se reflete num ecossistema de produção e inovação de grande complexidade, com múltiplos e diversos atores. Nessas condições, é importante atentar para o mix de políticas relacionadas ao tema. Esse ponto é particularmente reconhecido nos documentos da Finlândia e parece, de certa forma, menos valorizado nos demais casos estudados.

O conceito de biorrefino estendido, proposto neste estudo, sugere que políticas voltadas para uma biorrefinaria não podem deixar de considerar as políticas, existentes ou a serem criadas, envolvidas nos demais elos da cadeia. Políticas dirigidas à bioenergia e biocombustíveis e políticas com foco em economia circular, por exemplo, compõem um mix que não pode deixar de ser considerado. Além disso, o mix de políticas não pode deixar de levar em conta aspectos como, por exemplo, formação e capacitação de pessoal e a infraestrutura de serviços, além dos principais atributos necessários ao conceito de biorrefino (aproveitamento integral da biomassa, circularidade, diversidade de produtos e inserção regional).

No caso brasileiro, não foi possível observar um conjunto estruturado de políticas buscando englobar a bioeconomia de forma centralizada. Tem sido visto que os programas e instrumentos são criados sem considerar a experiência dos anteriores e mesmo de outras iniciativas, indicando alguma dificuldade na convergência das agendas.

Políticas de oferta e demanda

As políticas de oferta são comuns a todos os países estudados. Em geral, são utilizados os instrumentos clássicos de isenções fiscais, empréstimos a taxas favorecidas e grants. Um ponto que distingue as políticas de alguns países é a oferta de grants para plantas de demonstração. Os grants são em geral oferecidos para pesquisas de bancada e piloto. No caso dos EUA, a continuidade do apoio a projetos financiados por grants pode depender do acompanhamento e avaliações periódicas.

As políticas de demanda, entretanto, são muito menos desenvolvidas. Este continua sendo um terreno em busca de inovações nas políticas, principalmente no caso de bioproductos não energéticos. Com exceção dos mandatos em biocombustíveis, há registro de poucos instrumentos voltados para a demanda.

O único exemplo consolidado é o *Biopreferred Program*, nos EUA, um sistema de compras públicas e rotulagem dos produtos com conteúdo renovável. Esse programa, gerenciado pelo USDA, tem mais de 20 anos de existência, apesar de ainda não ter conseguido resultados que indicassem alguma mudança clara de direcionamento para favorecer o consumo de bioproductos.

O Brasil tem experimentado a implementação de políticas de oferta, como no caso do PAISS 2011 que, em grande parte, possibilitou a implantação de duas plantas pioneiras de produção do etanol de segunda geração no país e da chamada para a produção de SAF em 2024, além do desenvolvimento do RENOVABIO, que tem se mostrado como uma iniciativa interessante para valorização do desempenho ambiental, apesar de ainda restrito a biocombustíveis.

Governança e coordenação

No estudo dos países selecionados, ficou evidente a transversalidade da bioeconomia, envolvendo, no nível das instâncias de planejamento e execução de políticas e estratégias, diferentes agências e órgãos de governo. Essa condição é um desafio para a coordenação e governança das estratégias. Nos casos estudados, é possível encontrar com frequência a referência a órgãos responsáveis por uma ou outra iniciativa.

Entretanto, nem sempre a liderança dos processos e as atribuições dos participantes é claramente indicada. Aparentemente, pode-se depreender que os países não chegam a ter protocolos claros de coordenação e governança, mas se empenham em envolver a maior parte das instâncias relacionadas.

China e Tailândia mostram uma clara coordenação do governo central na formulação de políticas, enquanto na Finlândia, é o Ministério de Economia e Emprego o responsável pelo desenvolvimento da Estratégia Nacional de Bioeconomia, atuando em colaboração com diversos outros órgãos e ministérios. Já no caso da Austrália, chama a atenção o desenvolvimento de *roadmaps* que servem como “guias” para políticas públicas, apontando cenários e ações necessárias para alcançar os objetivos pretendidos.

Tanto França quanto os Estados Unidos instituíram agentes específicos para lidar com ações relacionadas à bioeconomia. Na França, se destaca a Agência de Transição Ecológica, uma instituição pública ligada a diversos ministérios, como ator importante nas ações relacionadas à Bioeconomia; nos EUA, desde março de 2024, é o *National Bioeconomy Board* que se dedica às ações relacionadas à biotecnologia e a biomanufatura.

Não se nota, no Brasil, uma coordenação centralizada para emissão de instrumentos relacionados à bioeconomia, a exemplo da Estratégia Nacional de Bioeconomia da Finlândia. No Brasil, ficam a cargo dos diversos ministérios as ações que se aproximam de suas áreas de atuação. O Ministério de Minas e Energia, por exemplo, trata da bioenergia (RenovaBio) e do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2034), enquanto o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) é responsável pelo Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão Carbono) e promoção da sustentabilidade no campo. Conceitualmente, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) apoia a inovação tecnológica no uso da biomassa, enquanto o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) trata da gestão do mercado de carbono e incentivos à sustentabilidade, e o Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MDR) se responsabiliza pela inserção regional em ações ligadas ao aproveitamento da biomassa oriunda da biodiversidade brasileira (Pinto, T.P., 2024).

O caso dos Estados Unidos, com a formação do *National Bioeconomy Board*, merece ser destacado como um exemplo que pode servir de inspiração para o caso brasileiro: cada iniciativa ou instância criada é sempre apresentada ao *Board*, indicando os componentes que serão responsáveis pela governança e coordenação. Indicam-se ainda, e aí de forma ampla, os representantes de outras agências e departamentos que terão assento como representantes das demais instituições. A partir daí, todos os documentos lançados são assinados pelo *Board* e por todos os representantes.

Essa mesma estrutura de governança é praticada desde 2002, quando foi criado o *Biomass Research and Development Board*. No que se refere às biomassas e biorrefinarias, as iniciativas dos EUA estão organizadas e centralizadas nos departamentos de energia (DOE) e de agricultura (USDA), que codirigem o *Biomass Research and Development Board*, constituído em 2002.

Processos na elaboração de programas e políticas

Na maior parte dos casos estudados, não foi possível encontrar detalhes sobre os processos de elaboração de programas e políticas. Acredita-se que esses processos, como parte dos mecanismos internos das agências e ministérios, não sejam, em geral, divulgados nos documentos oficiais. Mesmo assim, é possível destacar com base nas pesquisas realizadas alguns pontos.

O primeiro ponto é o esforço de privilegiar processos *bottom up*. No caso da França, a própria estratégia nacional foi construída com essa abordagem. A atuação do cluster *Bioeconomy for Change*, com centenas de associados de diferentes perfis e interesses, também contribui para reunir as discussões de boa parte dos stakeholders. No caso dos EUA, merece destaque o mecanismo de consultas abertas – o RFI, *request for information* – lançado sempre que um tema novo vai ser considerado numa próxima chamada ou oportunidade para financiamento.

Outro ponto de destaque dos processos de elaboração de programas nos EUA é a preocupação com a qualificação científica da equipe. São incorporados, nessas equipes, profissionais qualificados com expertise de ponta nos temas em questão, especialmente convidados para dar qualificação técnica ao grupo. Esse ponto é bastante sensível também para o caso brasileiro e merece ser desenvolvido com vistas a eventuais chamadas voltadas para o desenvolvimento de biorrefinarias.

A prática brasileira tem se apoiado nos quadros profissionais de organismos como BNDES e FINEP. São quadros qualificados, mas de perfil generalista em relação aos temas das chamadas e editais. No ambiente não estruturado como o do biorrefino, um aprofundamento do conhecimento científico tecnológico seria recomendável.

Por fim, vale destacar a importância do acompanhamento dos projetos apoiados. Também aqui, o modelo dos EUA pode servir de inspiração. Lá, os projetos são submetidos a um processo de apresentações públicas periódicas, além de serem discutidos por bancas de convidados especialistas, externos aos órgãos públicos. As apresentações e os comentários feitos pelas bancas, assim como as respostas dos responsáveis dos projetos, são publicamente divulgadas.



6. Recomendações

A partir do estudo das biomassas e dos desafios mapeados, foram propostas 15 recomendações para as políticas de desenvolvimento do biorrefino no Brasil, conforme apresentado no Quadro 9. Essas recomendações levam em conta também as considerações feitas durante as entrevistas.

Este quadro traz também possibilidades de abordagens/instrumentos de políticas que podem ser utilizados na implementação de cada uma das recomendações, a partir da perspectiva apresentada pela OCDE (2018). Por exemplo, a 1ª recomendação — “estímulo à demanda de produtos derivados do biorrefino” — pode ser implementada de diferentes formas, como compras públicas que priorizem produtos oriundos do biorrefino, campanhas de conscientização da população e desenvolvimento de rotulagem que permita informar as características do bioproduto de forma clara, dentre outros.

É importante reforçar que todas as recomendações e instrumentos de política utilizados para implementá-las devem sempre considerar os atributos do biorrefino (diversificação de produtos; aproveitamento integral da biomassa; circularidade e inserção regional/territorial e simbiose industrial).

As recomendações abrangem questões relacionadas à infraestrutura e logística, regulação, desenvolvimento de tecnologias, formação de demandas, dentre outras, mostrando que o desenvolvimento do biorrefino envolve esforços em diferentes áreas e requer coordenação e interação entre os agentes responsáveis pela elaboração das políticas públicas. Esta visão sistêmica é crucial para a construção de um mix de políticas coerentes que estimule o avanço do biorrefino no país.

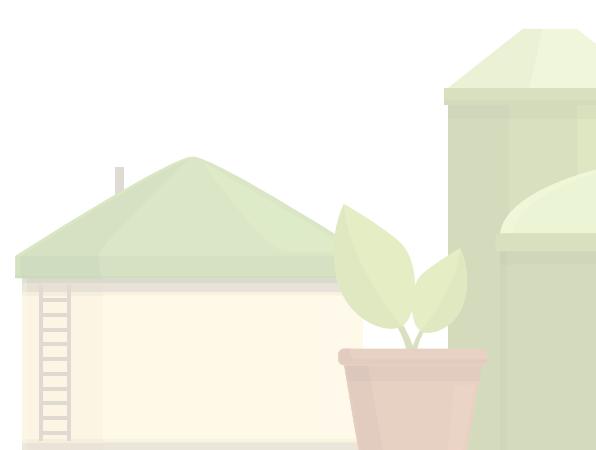
Quadro 9: Recomendações para as políticas de desenvolvimento do biorrefino no Brasil

Recomendações	Exemplos de abordagens / instrumentos a serem utilizados (Baseado em OCDE, 2018)
1 - Estímulo à demanda de produtos derivados do biorrefino	<ul style="list-style-type: none"> • metas e quotas • mandatos • certificação • conscientização e rotulagem • compras públicas
2 - Incentivos para desenvolvimento de equipamentos para manuseio de biomassa ao longo de toda a cadeia produtiva	<ul style="list-style-type: none"> • incentivo fiscal para P&D industrial • melhoria nas condições para investimento
3 - Agilização de aprovação de novos produtos / produtos oriundos de novos processos pelas agências reguladoras	<ul style="list-style-type: none"> • padrões e normas • certificação
4 - Restrição de crédito e/ou de incentivo para empresas que utilizam combustíveis fósseis ou produtos de base fóssil	<ul style="list-style-type: none"> • taxação de carbono fóssil • remoção de subsídio para combustíveis fósseis
5 - Estímulo à instalação de plantas pioneiras	<ul style="list-style-type: none"> • apoio a plantas pioneiras • incentivo fiscal para P&D industrial



Recomendações	Exemplos de abordagens / instrumentos a serem utilizados (Baseado em OCDE, 2018)
6 - Estímulo à instalação de plantas de demonstração	<ul style="list-style-type: none"> • apoio a plantas piloto e de demonstração
7 - Capacitação e formação de mão-de-obra qualificada	<ul style="list-style-type: none"> • educação e capacitação (formação de mão de obra qualificada)
8 - Desenvolvimento de infraestrutura para distribuição e uso de biocombustíveis e bioproductos	<ul style="list-style-type: none"> • melhoria nas condições de investimento • melhoria em infraestrutura e logística
9 - Estímulo à produção de bioproductos oriundos de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • clusters regionais • apoio financeiro direto para bioproductos • incentivo fiscal para bioproductos • melhoria nas condições de investimento
10 - Incentivo a P&D para aproveitamento de resíduos e subprodutos, com estímulo à formação de parcerias	<ul style="list-style-type: none"> • subsídio para P&D (foco em resíduos e subprodutos) • incentivos relacionados à redução de emissão de GEE • compra de crédito de carbono da pesquisa • incentivo fiscal para P&D industrial • melhoria nas condições de investimento • clusters tecnológicos
11 - Incentivo à criação de startups	<ul style="list-style-type: none"> • clusters tecnológicos • melhoria nas condições de investimento • incentivo fiscal para P&D Industrial
12 - Incentivos para estruturação de oferta de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento/acesso aos recursos • Infraestrutura e logística • Clusters regionais
13 - Mapeamento de dados sobre disponibilidade de biomassa e sua a cadeia produtiva	<ul style="list-style-type: none"> • capital baseado no conhecimento • mapeamento de recursos
14 - Maior clareza sobre a legislação de acesso à biodiversidade e repartição de benefícios	<ul style="list-style-type: none"> • governança e regulação
15 - Incentivo à novos modelos de produção agrícola (para aumento da produtividade das biomassas, mitigação de práticas agrícolas que causem danos ao meio ambiente e projetos associados à recuperação de ecossistemas) Ex: IFLP na regeneração de terras degradadas	<ul style="list-style-type: none"> • desenvolvimento/acesso aos recursos • governança e regulação

Fonte: Elaboração do consultor.



O Quadro 10 apresenta as recomendações para as políticas em relação às dimensões de análise.

No que se refere à dimensão matéria-prima, é possível entender o mapeamento dos recursos como ponto de partida para todo o desenvolvimento do biorrefino. Identificar disponibilidade, localização, quantidade e qualidade das matérias-primas é crucial para a estruturação das cadeias e mobilização de atores para aproveitar as oportunidades relacionadas ao biorrefino e atrair atores para o ecossistema de inovação e produção.

Da mesma forma, aspectos regulatórios de acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional precisam estar claros para os diferentes atores do ecossistema. Além disso, políticas de estímulo ao desenvolvimento de novos modelos de produção agrícolas, com estímulo a formas sustentáveis e de alta produtividade, são necessárias para garantir os benefícios ambientais, sociais e econômicos do biorrefino.

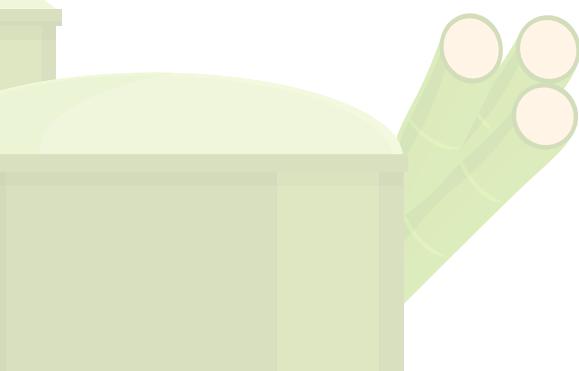
Políticas de capacitação de mão-de-obra, desenvolvimento de equipamentos e P&D para caracterização das diferentes frações das biomassas são importantes para permitir a diversificação de produtos de maior valor agregado e o aproveitamento integral da biomassa.

Incentivos para a estruturação da oferta de resíduos e subprodutos são fundamentais para estimular o uso desses recursos diante dos desafios logísticos de acesso e transporte. Esta atenção ao início da cadeia também é importante para garantir a distribuição de renda justa aos produtores de biomassa e o desenvolvimento da economia regional.

Em relação às tecnologias, as recomendações reforçam a necessidade de políticas de incentivo à PD&I nos diferentes níveis de maturidade tecnológica (bancada, piloto, demonstração e industrial).

As experiências internacionais estudadas reforçam a necessidade de incentivo à construção de plantas de demonstração e plantas pioneiras, de forma a vencer os desafios de *scaling up* de processos de produção inovadores.

Mecanismos de fomento à formação de parcerias e criação de startups também são necessários para estimular o desenvolvimento do ecossistema de inovação e produção e através da atração de diferentes atores. Novamente, a formação de mão-de-obra qualificada e políticas voltadas para o desenvolvimento de infraestrutura de produção e distribuição precisam ser endereçadas.



Quadro 10: Relação entre as recomendações para as políticas e as dimensões analíticas

Recomendações	Matéria-prima	Tecnologia	Produtos	Modelos de negócio
1 - Estímulo à demanda de produtos derivados do biorrefinário			X	
2 - Incentivos para desenvolvimento de equipamentos para manuseio de biomassa ao longo de toda a cadeia produtiva	X	X		
3 - Agilização de aprovação de novos produtos / produtos oriundos de novos processos pelas agências reguladoras			X	
4 - Restrição de crédito e/ou de incentivo para empresas que utilizam combustíveis fósseis ou produtos de base fóssil			X	
5 - Estímulo à instalação de plantas pioneiras		X		X
6 - Estímulo à instalação de plantas de demonstração		X		
7 - Capacitação e formação de mão-de-obra qualificada	X	X		X
8 - Desenvolvimento de infraestrutura para distribuição e uso de biocombustíveis e bioproductos		X	X	X
9 - Estímulo à produção de bioproductos oriundos de resíduos	X	X	X	X
10 - Incentivo a P&D para aproveitamento de resíduos, com estímulo à formação de parcerias	X	X		X
11 - Incentivo à criação de startups	X	X	X	X
12 - Incentivos para estruturação de oferta de resíduos	X	X		X
13 - Mapeamento de dados sobre disponibilidade de biomassa e sua a cadeia produtiva	X			
14 - Maior clareza sobre a legislação de acesso à biodiversidade e de repartição de benefícios.	X			
15 - Incentivo a novos modelos de produção agrícola (para aumento da produtividade das biomassas, mitigação de práticas agrícolas que causem danos ao meio ambiente e projetos associados à recuperação de ecossistemas) Ex: ILPF na regeneração de terras degradadas	X			X

Fonte: Elaboração do consultor.

A dimensão tecnologia precisa de uma atenção especial em PD&I voltado ao aproveitamento integral da biomassa, de forma que a evolução do biorrefino não aumente a geração de resíduos e agrave as questões ambientais pela utilização apenas de uma ou poucas frações das biomassas.

Ao analisar as recomendações relacionadas à dimensão produtos, fica clara a necessidade de desenvolvimento de uma gama de políticas voltadas ao estímulo da demanda dos bioproductos, que envolvem questões regulatórias de aprovação de bioproductos e desenvolvimento dos diferentes mercados.

Conforme discutido anteriormente, compras públicas preferenciais, campanhas de conscientização e restrições ao uso de produtos de base fósseis são caminhos para o estímulo à demanda dos produtos oriundos do biorrefino.

Quanto à dimensão modelos de negócios, as recomendações caminham na direção de criar um ambiente propício ao desenvolvimento do ecossistema de inovação e produção, conectando atores, fomentando a formação de parcerias e inovação e englobando diversas questões já discutidas nas demais dimensões. A perspectiva de modelos de negócio no desenvolvimento das estratégias para o desenvolvimento do biorrefino no Brasil é importante para permitir experimentação e inovação em modelos de negócios e criar relações entre atores em diferentes etapas da cadeia do biorrefino.

Modelos de negócio que viabilizam a visão de biorrefino estendida proposta por este estudo requer o acesso a recursos e competências de diferentes naturezas. Dessa forma, caberá aos modelos de negócio garantir a conexão entre os diferentes estágios da cadeia produtiva do biorrefino. Sem esta interrelação, as políticas públicas direcionadas a cada dimensão podem não atingir os objetivos almejados.



O Quadro 11 apresenta as recomendações de acordo com as etapas da cadeia produtiva do biorrefinado (oferta de biomassa, beneficiamento, industrialização, comercialização) e as dimensões analíticas (matérias-primas, tecnologias, produtos e modelos de negócio).

Este olhar integrado mostra que uma mesma recomendação pode estar relacionada com diferentes etapas da cadeia do biorrefinado e também com diversas dimensões analíticas, destacando sua transversalidade. É o caso das recomendações 2 (incentivos para desenvolvimento de equipamentos para manuseio de biomassa ao longo de toda a cadeia produtiva), 7 (capacitação e formação de mão-de-obra qualificada), 9 (estímulo à produção de bioproductos oriundos de resíduos), 11 (incentivo à criação de start ups) e 12 (incentivos para estruturação de oferta de resíduos). Logo, é importante articular o desenvolvimento de instrumentos de política que considerem esta perspectiva.

A questão da capacitação e formação de mão-de-obra qualificada não deve focar apenas na formação de pessoas para atuar na etapa de industrialização. Ao contrário, precisa englobar a capacitação de trabalhadores desde o início da cadeia, para estruturação da oferta de matérias-primas, passando também pelo beneficiamento. Apenas com um olhar amplo será possível vencer os desafios identificados na Seção 4.1 e incorporar os atributos do biorrefinado.

Da mesma forma, o incentivo à criação de *startups* deve considerar as oportunidades ao longo de toda a cadeia, especialmente no aproveitamento dos resíduos e subprodutos. Isto envolve políticas relacionadas às matérias-primas, tecnologias, produtos e modelos de negócios, ou seja, um mix de políticas que fomente a inserção de novos atores no ecossistema de inovação e produção.

Outro ponto a ser destacado é a importância de considerar os diferentes grupos de biomassas, conforme apresentado na Figura 8. Esses grupos encontram-se em níveis diferentes de desenvolvimento em relação aos atributos do biorrefinado (Quadro 1). Desta forma, as necessidades de políticas públicas irão variar também.

Por exemplo, as biomassas dos grupos I e II têm seus desafios concentrados nas etapas de industrialização e comercialização, de forma que as recomendações de políticas voltadas para estas etapas serão mais relevantes no estímulo ao desenvolvimento do seu biorrefinado. No caso dos grupos III e IV, de forma geral, há a necessidade de construção das cadeias, com especial atenção às etapas de estruturação da oferta de matéria-prima e beneficiamento, de forma que a elaboração de políticas baseadas nas recomendações relacionadas a estas etapas antecede a construção de políticas voltadas para as etapas de industrialização e comercialização. Uma ênfase apenas nas etapas finais possivelmente não será eficaz para atingir o desenvolvimento do biorrefinado para tais biomassas.

Quadro 11: Recomendações para as políticas de desenvolvimento do biorrefinado no Brasil, por dimensões de análise e etapas do biorrefinado

DIMENSÕES ANALÍTICAS \ ETAPAS DA CADEIA DO BIORREFINO	OFERTA DE MATÉRIA-PRIMA	BENEFICIAMENTO	BIORREFINARIA	COMERCIALIZAÇÃO
MATÉRIA-PRIMA	2, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	2, 7, 9, 10, 11, 12	2, 7, 9, 10	11, 12
TECNOLOGIA	2, 7, 9, 10, 11, 12	2, 6, 7, 9, 10, 11	2, 5, 6, 7, 8, 9, 10	8, 11, 12
PRODUTO	9, 11	9, 11	8, 9, 11	1, 3, 4, 8, 11
MODELO DE NEGÓCIO	7, 9, 10, 11, 12, 15	7, 9, 10, 11, 12	5, 7, 8, 9, 10, 11	8, 11, 12

Fonte: Elaboração do consultor.



7. Conclusões

Os pontos principais a serem destacados como resultados deste relatório “Biorrefinarias” podem ser apresentados em quatro grupos: visão conceitual de biorrefino, diagnóstico situacional do biorrefino no Brasil, experiências internacionais e recomendações.

Sobre os conceitos de biorrefino:

- Propõe-se uma visão sistêmica de biorrefino que vai além da unidade industrial ou biorrefinaria. A visão sistêmica pode ser resumida na seguinte proposição: Biorrefino = biorrefinaria + cadeia produtiva + ecossistema de produção e inovação.
- Para responder aos desafios da bioeconomia, o biorrefino deve buscar quatro atributos a serem idealmente alcançados: diversificação de produtos, aproveitamento integral da biomassa, circularidade e inserção regional / territorial.

Sobre o diagnóstico situacional do biorrefino no Brasil:

- A diversidade de biomassas deve ser compreendida em relação à diversidade de produtos, ao nível de agregação de valor, ao nível de aproveitamento integral da biomassa e ao modelo de oferta da biomassa (extrativismo ou cultivo). Essas dimensões permitem identificar quatro grupos distintos de biomassas, que possuem lógicas próprias de exploração e valorização. Os grupos-tipo foram representados na pesquisa pelas florestas plantadas (grupo 1), cana de açúcar (grupo 2), café e açaí (grupo 3), babaçu e macaúba (grupo 4), conforme descrito na seção 4.3.
- A proposta de uma visão integrada para o biorrefino permite entender que o desenvolvimento da industrialização a partir de biorrefinarias sucede a superação de desafios presentes no início das cadeias produtivas de diferentes recursos com diferentes níveis de estruturação.
- O fomento à etapa de industrialização na cadeia produtiva do biorrefino requer que sejam superados desafios referentes à etapa de beneficiamento primário, podendo ser esta entendida como uma pré-industrialização, tanto em relação aos recursos oriundos da biodiversidade, quanto em relação às biomassas agroflorestais lignocelulósicas.
- Não há, como regra, no biorrefino brasileiro, o aproveitamento integral dos recursos.
- A diversificação de produtos é limitada; tende a ser voltada para produtos de baixo valor e raramente produtos de alto valor agregado.
- Muitas biomassas são exploradas para extrair apenas um produto principal e seriam melhor designadas como pré-biorrefinarias.

- A oferta de biomassa inclui extrativismo (estruturado e não estruturado) e cultivo, o que suscita problemas bem distintos de estruturação dos biorrefinios.
- A industrialização deve ser estudada com atenção, em particular na compreensão da evolução de setores baseados em biomassa que têm se mostrado dinâmicos, como o das florestas plantadas e da cana de açúcar. Cabe aqui também entender a evolução e a maturidade de processos de biorrefino baseados na biodiversidade. Afinal, o futuro do biorrefino brasileiro parece ter como base esses dois pilares.

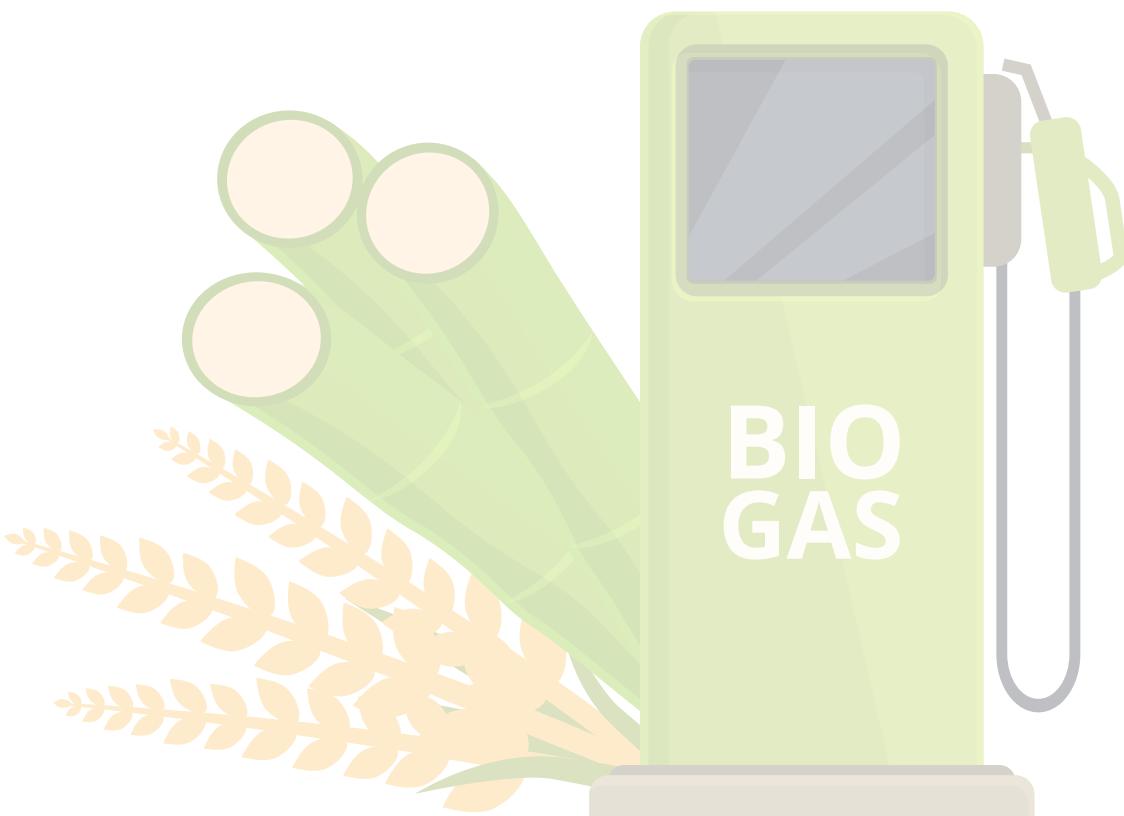
Sobre as experiências internacionais:

- Diversidade de experiências internacionais estudadas a partir de 6 países: Austrália, China, EUA, Finlândia, França e Tailândia.
- Uma visão sistêmica do biorrefino não aparece de forma explícita nos países estudados. A visão e a forma de estruturação do *Biomass Board* nos EUA são, entre os casos estudados, o melhor exemplo de visão sistêmica do biorrefino, e que pode servir de inspiração para o caso brasileiro.
- As experiências nas políticas transversais trazem lições importantes relacionadas a fragilidades das políticas públicas brasileiras, principalmente em relação a processos de elaboração de programas e editais, coordenação e governança, e mix de políticas.

Sobre as recomendações:

- O estudo propõe, a partir dos casos estudados e das entrevistas realizadas, uma lista de 15 recomendações. A cadeia produtiva (oferta de biomassa, beneficiamento, industrialização, comercialização) e as dimensões de análise dos negócios em bioeconomia (matéria-prima, tecnologia, produtos, modelos de negócio) condicionam a implementação de cada uma das recomendações.
- A visão sistêmica do biorrefino proposta neste trabalho (*Biorrefino = biorrefinaria + cadeia produtiva + ecossistema de produção e inovação*), deve ser considerada na elaboração das políticas públicas.
- Todas as recomendações e instrumentos de política utilizados para implementá-las devem sempre considerar os atributos do biorrefino (diversificação de produtos; aproveitamento integral da biomassa; circularidade e inserção regional/territorial).
- Tanto a visão sistêmica quanto os atributos do biorrefino são conceitos que não estão amplamente difundidos nos meios acadêmicos, industriais e governamentais. Caberia um esforço de divulgação e discussão desses conceitos que podem trazer uma melhor compreensão das oportunidades e desafios em biorrefinarias.

- As propostas de políticas públicas para o desenvolvimento do biorrefino precisam considerar os diferentes estágios de desenvolvimento das cadeias de fornecimento das biomassas e a incorporação de modelos sustentáveis de produção que priorizem os aspectos ambiental e social.
- A elaboração de políticas e estratégias para o desenvolvimento do biorrefino no Brasil deve considerar o *benchmark* internacional em dois pontos principais: governança e coordenação, e processos de elaboração e acompanhamento de programas e editais.
- A criação de uma instância de coordenação, à semelhança do *Biomass R&D Board* dos EUA, capaz de orientar iniciativas envolvendo governo, pesquisa e indústria em programas integrados, parece ser um passo inicial para criar as condições de desenvolvimento do biorrefino no Brasil. Considerando que o desenvolvimento do biorrefino está fortemente relacionado com os desenvolvimentos da bioeconomia e da economia circular, uma articulação entre essas agendas e suas instâncias de coordenação e governança é urgente.



Referências

- ADEME (2024). Stratégie ADEME pour une bioéconomie durable (2024-2028). Disponível em: <https://librairie.ademe.fr/7326-strategie-ademe-pour-une-bioeconomie-durable.html>
- ARENA (2021). Australia's Bioenergy Roadmap. Disponível em: <https://arena.gov.au/assets/2021/11/appendix-public-policy-australias-bioenergy-roadmap.pdf>
- ARYA, S.S., et al. (2022) The wastes of coffee bean processing for utilization in food: a review. *J Food Sci Technol* 59, 429–444. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05032-5>
- Aung, M. T. (2021). Bioeconomy in Thailand: at a glance. SEI Discussion Brief, Jan. 2021. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- BCG (2021). BIO-CIRCULAR-GREEN ECONOMY 2021-2027 ACTION PLAN. Disponível em: <https://www.bcg.in.th/eng/background/>
- BETO (Bioenergy Technology Office), 2023 Multi-Year Program Plan, 2023, disponível em <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/2023-multi-year-program-plan>
- BIOECONOMY4CHANGE (2024). Disponível em: <https://www.bioeconomyforchange.eu/>
- BITTENCOURT, F.; Potiguar, M.; Fernandes, T. (2024) Cadeia de Valor do Açaí: Articulação e Acesso aos Benefícios. In: Bioeconomia para quem?: bases para um desenvolvimento sustentável na Amazônia / org. Jacques Marcovitch, Adalberto Val. pp. 21-62 — São Paulo: Com-Arte. 387 p.
- BOI (2021). Bioplastics. Disponível em: <https://www.boi.go.th/upload/content/BioplasticsBrochure.pdf>. Francis Xavier Johnson, Nella Canales, Matthew Fielding, Ganna Gladkykh, May Thazin Aung, Rob Bailis, Mbeo Ogeya & Olle Olsson (2022) A comparative analysis of bioeconomy visions and pathways based on stakeholder dialogues in Colombia, Rwanda.
- BRAD GILMOUR, HUGH DANG, XIAOBING WANG (2015). China's Agri-Biotech Policy, Regulation, and Governance. *AgBioForum*, 18(1): 72-86. ©2015 AgBioForum.
- BRAINER, MARIA SIMONE DE CASTRO PEREIRA; CAJUCULTURA. (2022). Caderno Setorial ETE-NE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.114. Disponível em: <https://www.bnrb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/231>
- COMMONWEALTH (2021). Future Fuels and Vehicles Strategy. Disponível em: <https://www.dcceew.gov.au/energy/publications/future-fuels-and-vehicles-strategy#dcceew-main>
- CONCEIÇÃO et al. (2020). Cadeia agroindustrial do café no Brasil: agregação de valor e exportação. Boletim de Economia e Política Internacional. IPEA. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9786>
- CORRÊA, C.E.F., BOMTEMPO, J.V. AND ALVES, F.C. (2023), Indústrias precisam vencer desafios para o uso de biomassas lignocelulósicas. NovaCana. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/usinas-precisam-vencer-desafios-uso-biomassas-lignocelulosicas-171023>.

CSIRO Futures (2021) A National Synthetic Biology Roadmap: Identifying commercial and economic opportunities for Australia. CSIRO, Canberra. Disponível em: <https://www.csiro.au/en/work-with-us/services/consultancy-strategic-advice-services/CSIRO-futures/Future-Industries/Synthetic-Biology-Roadmap>

DA SILVA, R. C. (2024). Do caju à agroindústria tropical: unidade da Embrapa completa 36 anos de atuação. Revista Cultivar. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/do-caju-a-agroindustria-tropical-unidade-da-embrapa-completa-36-anos-de-atuacao#:~:text=Criada%20h%C3%A1%2036%20anos%20como,diferentes%20cadeias%20produtivas%20no%20Brasil%20>.

DELOITTE (2023). Economic impact of the Research & Development Tax Incentive for the biotech industry. Disponível em: <https://www.ausbiotech.org/news/new-report-demonstrates-benefit-of-long-term-policy-commitment>

DOE (2015). Bioproducts to Enable Biofuels Workshop Summary Report. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/bioproducts-enable-biofuels-workshop-summary-report>

DOE, 2023 Billion-Ton Report: An Assessment of U.S. Renewable Carbon Resources, 2023, disponível em <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/2023-billion-ton-report-assessment-us-renewable-carbon-resources>

EMBRAPA (2022). Seminário discute caminhos para revitalização da cadeia produtiva do caju. Disponível em: https://www.embrapa.br/web/portal/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias/-/noticia/74819539/seminario-discute-caminhos-para-a-revitalizacao-da-cadeia-produtiva-do-caju-no-rn?p_auth=rpKoMpWL

EMBRAPA (2021). Boas práticas na cadeia de produção de açaí. Disponível em <chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://drive.usercontent.google.com/download?id=1YX1bPi-jmXhJLuxyFvX8oDPqwLDCbjrsq&authuser=0&acrobatPromotionSource=GoogleDriveNativeView>

EPE (2023), Panorama do biometano, setor sucroenergético, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>

FAVARO, S., ROCHA, J.DILCIO (2022). A nova cadeia produtiva da macaúba para bioproductos e descarbonização. Brasília, DF : Embrapa Agroenergia, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1149154/a-nova-cadeia-produtiva-da-macauba-para-bioprodutos-e-descarbonizacao>

FAVARO *et al.* (2018). Armazenamento e processamento da macaúba Contribuições para manutenção da qualidade e aumento do rendimento de óleo da polpa. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/186831/1/BPD-16-CNPAE.pdf>

FIGUEIREDO JUNIOR, H. S. (2010). Competitividade de cadeias produtivas através de uma lente comparativa: oportunidades para a cajucultura brasileira. Revista Econômica Do Nordeste, 41(4), 741–762. <https://doi.org/10.61673/ren.2010.332>

FINNISH GOVERNMENT (2022): The Finnish Bioeconomy Strategy. Disponível em: <https://www.bioeconomy.fi/facts-and-contacts/the-finnish-bioeconomy-strategy/>

FULI LI, YIXUAN FAN. (2023). Biofuels production and development in China. Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences.

GAIN. (2022). Agriculture Key Component of Bio-economy Five-Year Plan – unofficial translation of select portions of the plan. USDA Foreign Agricultural Service.

GLADKYKH, G., et al. (2020). Policy Dialogue on a Bioeconomy for Sustainable Development in Thailand. SEI Report. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

GOLDEN, J.S., et al. (2024). An Economic Impact Analysis of the U.S. Biobased Products Industry: 2023 Update. Volume V. A Joint Publication of the Dynamic Sustainability Lab at Syracuse University and the Supply Chain Resource Cooperative at North Carolina State University.

GUIMARÃES, J DOS S.; SHIOSAKI, R. K.; MENDES, M. L. M. (2021) Licuri (*Syagrus coronata*): características, importâncias, potenciais e perspectivas do pequeno coco do Brasil. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, Vol. 58, p. 169-192, DOI: 10.5380/DMA.

IEA BIOENERGY. ANNUAL REPORT 2017. Disponível em : <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/04/IEA-Bioenergy-Annual-Report-2017-R1.pdf>

IEA BIOENERGY. Country Report. Implementation of bioenergy in Australia 2021 update. Disponível em: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/CountryReport2021_Australia_final.pdf

IICA (2020). Bioeconomía en la cadena del café: una oportunidad a aprovechar. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8630/BVE20017762e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IIPP POLICY BRIEF. Policy insights from the Thai bioeconomy sector. Disponível em: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/publications/2024/mar/long-making-policy-insights-thai-bioeconomy-sector>

INTERNATIONAL ADVISORY COUNCIL ON BIOECONOMY (2024): Bioeconomy globalization: Recent trends and drivers of national programs and Policies. Disponível em: https://www.iacgb.net/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/52440fb0-f35d-11ee-9ed1-dead53a91d31/current/document/Global_Bioeconomy - April 2024 IACGB.pdf

INTERNATIONAL ADVISORY COUNCIL ON GLOBAL BIOECONOMY (IACGB) (2020): Global Bioeconomy Policy Report (IV): A decade of bioeconomy policy development around the world. Disponível em: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/global-bioeconomy-policy-report-iv-decade-bioeconomy-policy-development-around-world_en

IPAM Amazônia. (2021) Desafios para a Sustentabilidade na Cadeia do Açaí. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/desafios-para-a-sustentabilidade-na-cadeia-do-acai/>

ISPN (Instituto Sociedade, População, Natureza), Uma das mais promissoras cadeias produtivas da sociobiodiversidade também é uma das mais ameaçadas: o Babaçu, 2023, disponível em <https://ispn.org.br/>

ISPN (Instituto Sociedade, População, Natureza), Manual tecnológico: aproveitamento integral do fruto e da folha do babaçu, 2012, disponível em <https://ispn.org.br/>

J SUSAN VAN DYKA, J., et al. (2016). The Potential of Biofuels in China. IEA Bioenergy: Task 39, 2016.

JUNQUEIRA et al. (2019). Caracterização de populações naturais de macaúba e avaliação do potencial produtivo. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214063/1/Doc-354-biblioteca.pdf>

YAN, K., et al. (2024). Review on low-carbon development in Chinese industrial parks driven by bioeconomy strategies. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114541>.

LEE, Y.-G., et al. (2023). Value-Added Products from Coffee Waste: A Review. Molecules 2023, 28, 3562. <https://doi.org/10.3390/molecules28083562>

MAPA (2024). Derivados de Cacau. Missão do Mapa: Promover o desenvolvimento sustentável das cadeias produtivas agropecuárias, em benefício da sociedade brasileira. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ministerio-da-agricultura-celebra-os-67-anos-da-ceplac/Derivadosdocacau.pdf>

MAPA (2018). Plano Nacional de Desenvolvimento de Florestas Plantadas (Plantar Florestas).

MARIANNE ZANON ZOTIN. (2021). A liderança chinesa na transição energética global. Ensaio Energético, 11 de março, 2021Disponível em: <https://ensaioenergetico.com.br/a-lideranca-chinesa-na-transicao-energetica-global/>.

MINISTRY OF ENERGY (2015). Alternative Energy Development Plan: AEDP2015. Disponível em: <https://www.eppo.go.th/images/POLICY/ENG/AEDP2015ENG.pdf>

MINISTRY OF INDUSTRY (2017). Thailand 4.0. Disponível em: https://www.industry.go.th/web-upload/1xff0d34e409a13ef56eea54c52a291126/m_magazine/12668/373/file_download/b29e16008a-87c72b354efebef853a428.pdf

NATIONAL STRATEGY SECRETARIAT OFFICE. NATIONAL STRATEGY 2018 – 2037 (2019). Disponível em: <http://nscr.nesdc.go.th/wp-content/uploads/2019/10/National-Strategy-Eng-Final-25-OCT-2019.pdf>

NATUREFINANCE; FGV (2024). A Bioeconomia Global: Levantamento Preliminar das Estratégias e Práticas do G20: uma contribuição para a Iniciativa de Bioeconomia do G20. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/preliminary-stocktake-of-g20-strategies-and-practices-a-contribution-to-the-brazilian-g20-presidencys-global-initiative-on-bioeconomy/>

NDRC. (2021). Action Plan for Carbon Dioxide Peaking Before 2030. Department of Resource Conservation and Environmental Protection / Updated: Oct.27, 2021.

NDRC. (2021). Working Guidance for Carbon Dioxide Peaking and Carbon Neutrality in Full and Faithful Implementation of the New Development Philosophy. Department of Resource Conservation and Environmental Protection / Updated: Oct.24, 2021.

OECD (2018), "What is a biorefinery: Definitions, classification and general models", in *Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264292345-8-en>.

OCDE. (2019). Innovation Ecosystems in the Bioeconomy. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/e2e3d8a1-en>.

OCDE. (2019). Innovation Ecosystems in The Bioeconomy. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. September 2019 No. 76.

OECD (2019). Annex to the policy report, "Innovation Ecosystems in the Bioeconomy" <https://doi.org/10.1787/e2e3d8a1-en>

OECD (2021), "Guidance for a biorefining roadmap for Thailand", OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 110, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/60a2b229-en>.

OROSKI, F.D., ALVES, F.C., JOSÉ, & BOMTEMPO, V. (2014). Bioplastics Tipping Point: drop-in or non-drop-in? Journal of Business Chemistry. February, available at <https://www.businesschemistry.org/article/?article=187>.

PEREIRA, F., BOMTEMPO J. V., ALVES F., (2015).Programas de subvenção às atividades de pdi: uma comparação em biocombustíveis no Brasil, EUA e Europa, 2015, Revista Brasileira de Inovação, Rev. Bras. Inov., Campinas (SP), 14, n. esp., p. 61-84, julho 2015.

PHILP, J.; D. WINICKOFF (2019), "Innovation ecosystems in the bioeconomy", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 76, OECD Publishing, Paris .<https://doi.org/10.1787/e2e3d8a1-en>.

PHILP, J.; D. WINICKOFF (2019), "Innovation ecosystems in the bioeconomy", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 76, OECD Publishing, Paris .<https://doi.org/10.1787/e2e3d8a1-en>.

PINTO, T.P. (2024). Otimização da Bioeconomia da Biomassa no Brasil. FGV - OCBio.

PORRO R. (2019) A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas, Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciênc. hum. vol.14 no.1 Belém Jan./Apr. 2019

QUEENSLAND GOVERNMENT (2022). "Queensland Biofutures, 10-Year Roadmap and Action Plan," 2016. Disponivel em: https://www.statedevelopment.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0023/72239/bio-futures-roadmap-and-action-plan-june-2022.pdf

REPUBLIQUE FRANÇAISE (2017). A Bioeconomy Strategy for France. <https://agriculture.gouv.fr/info-graphie-la-bioeconomie-une-approche-nouvelle-pour-des-solutions-durables>

REPUBLIQUE FRANÇAISE (2018). An Action Plan for Bioeconomy (2018-2020). Disponível em: <https://www.bioeconomyforchange.eu/wp-content/uploads/2022/10/bioeconomie-2018-v2-hd.pdf>. Acesso em agosto de 2024.

REPUBLIQUE FRANÇAISE (2024). France 2030. Disponível em: <https://www.economie.gouv.fr/france-2030#>

RUIYAN WANGA, R., et al. (2018). Bioindustry in China: An overview and perspective. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2017.08.002>.

SCHMID, R.D., XIONG, X. (2021). Biotech in China 2021, at the beginning of the 14th Nve-year period ("145"). Appl Microbiol Biotechnol 105, 3971–3985. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11317-8>.

SCOTT MOORE (2020). China's Role in The Global Biotechnology Sector and Implications for U.S. Policy. Global China. Assessing China's Growing Role in the World.

SERNA-JIMENEZ, J.A., et al. (2022). A Review on the Applications of Coffee Waste Derived from Primary Processing: Strategies for Revalorization. Processes 2022, 10, 2436. <https://doi.org/10.3390/pr10112436>

SGPI (2024). Produits biosourcés et Carburants durables. Disponível em: <https://www.info.gouv.fr/actualite/produits-biosources-et-carburants-durables>

SILVA, A.C. (2018). A Cadeia de Valor do Guaraná de Maues. MANAUS: IDESAM. Disponível em: <https://idesam.org/caeia-valor-guarana-maues/>

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (2018). Bioeconomy in Thailand: a case study. Disponível em: <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2018/04/sei-wp-2018-bioeconomy-thailand.pdf>

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE (2020). Power and influence in the development of Thailand's bioeconomy. A critical stakeholder analysis. Disponível em: <https://www.sei.org/publications/power-influence-thailands-bioeconomy/>

SWEDEN, AND THAILAND, JOURNAL OF ENVIRONMENTAL POLICY & PLANNING, 24:6, 680-700, DOI: 10.1080/1523908X.2022.2037412.

THAILAND BOARD OF INVESTMENT (2019). Thailand's Bioeconomy. Disponível em: https://www.boi.go.th/upload/content/BOI_brochure_BioEconomy.pdf

THE BIOMASS R&D BOARD (2019). The Bioeconomy Initiative: IMPLEMENTATION FRAMEWORK, disponível em chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://biomassboard.gov/sites/default/files/pdfs/Bioeconomy_Initiative_Implementation_Framework_FINAL.pdf

THE BIOMASS R&D BOARD, FEDERAL ACTIVITIES REPORT ON THE BIOECONOMY (2016), Disponível em chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/02/f30/farb_2_18_16.pdf

THE WHITE HOUSE OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY (2023), Bold Goals for U.S. Biotechnology and Biomanufacturing, disponível em <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/white-house-unveils-new-goals-advance-biotechnology-biomanufacturing>

THE WHITE HOUSE, NATIONAL BIOECONOMY BLUEPRINT (2012), disponível em <https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/eop/ostp/library/bioeconomy>

THOMAS DIETZ *et al.* (2024). Bioeconomy globalization: Recent trends and drivers of national programs and policies. International Advisory Council on Global Bioeconomy (IACGB).

TRICAUD, S., PINTON, F. AND PEREIRA, H.S. (2016). Saberes e práticas locais dos produtores de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis*) do médio Amazonas: duas organizações locais frente à inovação. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, vol. 11, no. 1, pp. 33-53. <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222016000100004>.

UN. (2023). China's Policy Strategies for Green Low-Carbon Development: Perspective from South-South Cooperation. United Nations Conference on Trade and Development. eISBN: 978-92-1-358611-2.

USDA. (2022). Australia: Biofuels Annual. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/australia-biofuel-s-annual-3>

USDA, BUILDING A RESILIENT BIOMASS SUPPLY (2024). Disponível em <https://www.usda.gov/media/press-releases/2024/03/14/usda-outlines-vision-strengthen-american-bioeconomy-through-more>

VELOSO, M. C. R. DE A. (2020) Valorização do resíduo do processamento do cacau para usos múltiplos: Compósitos. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 112 p.

YUANA, X., *et al.* (2020). Transitioning China to a circular economy through remanufacturing: A comprehensive review of the management institutions and policy system. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104920>.

YUMIN DUANA, Y., *et al.* (2020). Organic solid waste biorefinery: Sustainable strategy for emerging circular bioeconomy in China. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112568>.

ZHANG, X., *et al.* (2022). The roadmap of bioeconomy in China. Eng. Biol. 6(4), 71-81 (2022). <https://doi.org/10.1049/enb2.12026>.





Este exemplar é parte do nosso compromisso com a responsabilidade ambiental. Cada página foi impressa em papel proveniente de fontes responsáveis, refletindo nosso cuidado em preservar os recursos naturais e minimizar o impacto sobre o planeta. Edição limitada.





**Programa das Nações Unidas
para o Desenvolvimento**

Casa das Nações Unidas no Brasil
Complexo Sergio Vieira de Mello Módulo I,
Setor de Embaixadas Norte,
Quadra 802 Conjunto C, Lote 17
Brasília-DF | CEP: 70800-400

