

## A BIOECONOMIA CIRCULAR COMO ESTRATÉGIA PARA AGREGAÇÃO DE VALOR À CACAUCULTURA BRASILEIRA

*Antônio Cesar Costa Zugaib*

CEPLAC, km 22, Rod. Ilhéus - Itabuna, 45600-970, Itabuna, Bahia; UESC/DCEC, km 16, Rod. Ilhéus - Itabuna, 45662-900, Ilhéus, Bahia. antonio.zugaib@agro.gov.br; acczugaib@uesc.br

Este estudo decorre de uma busca pela oportunidade de como a cacauicultura pode usar a bioeconomia circular a seu favor, de modo a promover o crescimento econômico e a melhoria da qualidade de vida dos produtores de cacau como um todo, assegurando a qualidade ambiental. A metodologia buscou vários conceitos, definições, arcabouços teóricos, observatórios, planos de ação sobre a bioeconomia circular em instituições especializadas, a exemplo do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), da Fundação Ellen MacArthur, do Centro de conhecimento em bioeconomia da Comissão Europeia, da News European Parliament, do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), da Embrapa e diversos estudos publicados por economistas ou coletivamente, para dar suporte aos objetivos do presente trabalho. O objetivo geral foi aplicar a concepção da bioeconomia circular para agregação de valor à cacauicultura nacional e os objetivos específicos foram: 1) Identificar estudos dentro da cacauicultura que já utilizaram o conceito de bioeconomia circular para agregação de valor; 2) Formular diretrizes e recomendações para elaboração de novos projetos dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional. Como resultados identificou-se vários estudos referentes a bioeconomia circular para agregação de valor dentro da cacauicultura, desde 1984 a 2022, e, neste contexto, são apresentadas propostas visando a implementação de diretrizes para a elaboração de projetos sobre o tema foco, em benefício da cacauicultura nacional.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, circularidade, biomassa, agregação de valor, bioprocessos, bioproduto.

**The circular bioeconomy as a strategy to add value to the Brazilian cocoa farming.** This study stems from a search for the opportunity of how cocoa farming can use the circular bioeconomy to its advantage, in order to promote economic growth and improve the quality of life of cocoa producers as a whole, ensuring environmental quality. The methodology sought various concepts, definitions, theoretical frameworks, observatories, action plans on the circular bioeconomy in specialized institutions, such as the Center for Management and Strategic Studies (CGEE), the Ellen MacArthur Foundation, the Center for Knowledge in Bioeconomy of the European Commission, the News European Parliament, the Ministry of Science, Technology and Innovation (MCTI), Embrapa and several studies published by economists or collectively, to support the aims of this work. The general objective was to apply the concept of circular bioeconomy to add value to national cocoa farming and the specific objectives were: 1) To identify studies within cocoa farming that have already used the concept of circular bioeconomy to add value; 2) Formulate guidelines and recommendations for the development of new projects within the context of the circular bioeconomy for national cacao farming. As a result, several studies were identified regarding the circular bioeconomy for adding value within cocoa farming, from 1984 to 2022, and, in this context, proposals are presented aimed at the implementation of guidelines for elaboration of projects on the focus theme, for the benefit of national cocoa farming.

**Key words:** sustainability, circularity, biomass, value addition, bioprocesses, bioproducts.

## Introdução

Reconhecendo a oportunidade de transitar para uma economia de baixo carbono aliada ao desenvolvimento sustentável, a cacauicultura brasileira tem todos os predicados para ingressar para uma bioeconomia circular no sentido de agregação de valor ao cacau. Em se tratando de um país de dimensões continentais e com grande disponibilidade de recursos naturais renováveis, principalmente dentro dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, a cacauicultura tem alto potencial de alicerçar seu desenvolvimento e sua inserção estratégica no cenário global no incremento de uma bioeconomia circular moderna.

A bioeconomia compreende toda a atividade econômica derivada de bioprocessos e bioprodutos que contribui para soluções eficientes no uso de recursos biológicos - frente aos desafios em alimentação, produtos químicos, materiais, produção de energia, saúde, serviços ambientais e proteção ambiental que promovem a transição para um novo modelo de desenvolvimento sustentável e de bem-estar da sociedade (CGEE/ ODBio, 2020).

As atividades da bioeconomia podem ser entendidas como: produção de biomassa – transformação – geração de produto final de valor econômico. Esses três quesitos são baseados na sustentabilidade e na inovação. A partir dessa lógica, incluem-se na bioeconomia: biocombustíveis, bioquímicos, bioinsumos, enzimas, fármacos e biomateriais em geral (tais como produtos de higiene pessoal e cosméticos, têxteis e outros com base em tecnologia e inovação a partir de recursos biológicos) (CGEE, 2020).

A empresa cacauceira se destaca pelo leque de ações permitidas pelas atividades que se encaixam na bioeconomia (do melhoramento genético à produção de bioinsumos e uso da terra de forma mais eficiente), pela necessidade de fortalecer a agricultura de base biológica (aumento do uso de bioinsumos) e pela evolução tecnológica ocorrida nos últimos anos e hoje empregada no campo da cacauicultura. É também nesse setor que se encontra a oportunidade de reconstruir o paradigma do expansionismo para o uso eficiente dos recursos naturais.

A cacauicultura brasileira está inserida em dois principais biomas brasileiros, rico em biodiversidade

que são a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Essa é uma oportunidade de dedicar atenção a essas regiões, gerando valor econômico e social na perspectiva de manter a floresta em pé. Não se trata de trabalhar a comoditização de produtos, por exemplo, mas o desenvolvimento de coprodutos derivados do cacau, de agregar valor ao produto, no desenvolvimento, na produção de biomassa – transformação – geração de produto final de valor econômico, promovendo a geração de emprego e renda na região.

Em primeiro lugar, há de se levar em consideração as premissas do desenvolvimento sustentável, assumindo o compromisso de buscar soluções socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente corretas para a cacauicultura. Além disso, os conceitos de circularidade econômica e estudo do ciclo de vida dos produtos também se farão presentes, dada à necessidade de desenvolver novos sistemas produtivos que atuem fora do padrão extrair-produzir-consumir-descartar. Como solução a esse antigo padrão produtivo, surge a economia circular, um modelo econômico regenerativo e restaurativo por princípio, que tem por objetivo de manter os produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor durante a maior parte do tempo. Tal circularidade econômica é vital ao considerarmos que resíduos de algumas cadeias produtivas podem servir como insumo para outras, diminuindo ou anulando as taxas de resíduos e desperdícios. Torna-se necessário, então, a gestão dessas cadeias produtivas, com destaque para a do cacau, considerando toda a produção, logística e consumo final, bem como eventuais descartes e/ou reaproveitamentos e também como quaisquer emissões ou poluições decorrentes do seu ciclo produtivo.

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é aplicar as premissas da bioeconomia circular para agregação de valor à cacauicultura nacional. Como objetivos específicos, temos: 1) Identificar estudos dentro da cacauicultura que já utilizaram a bioeconomia circular com o fim de agregação de valor; 2) Elaborar diretrizes e recomendações para elaboração de novas propostas dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional.

## Material e Métodos

### Modelo Conceitual

#### Bioeconomia Circular

A construção do modelo conceitual em Bioeconomia Circular foi com a intenção de dar suporte a sua utilização direta no manejo e condução da cacauicultura, e embasar a elaboração de diretrizes e recomendações para um plano de ação mais amplo que contemple todos os aspectos da cadeia produtiva do cacaueteiro.

Os termos “desenvolvimento sustentável” e “ecodesenvolvimento” emergiram na década de 1970 com o objetivo de alertar a humanidade acerca dos limites dos modelos de produção então vigentes, baseados na utilização predatória de recursos naturais, no uso intensivo de recursos não renováveis, na emissão de poluentes na atmosfera e na reprodução de desigualdades sociais (Montibeller Filho, 1993).

Ao longo das décadas subsequentes, o debate em prol da sustentabilidade se intensificou, com destaque maior nas diversas conferências sobre o meio ambiente realizadas no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU).

O processo de transição estrutural dos sistemas produtivos tem uma perspectiva de longo prazo. Nos últimos anos, houve intensificação dos alertas de riscos socioambientais – a chamada emergência climática –, preconizando a necessidade de acelerar a adoção de práticas socioambientais por parte de empresas, governos e sociedade em geral no sentido de consolidar o quanto antes o paradigma do desenvolvimento sustentável.

Expressões como “economia verde” e “economia de baixo carbono” apontam a necessidade de redução da emissão de gases poluentes na atmosfera, enquanto matrizes energéticas vêm sendo alteradas no sentido de ampliar a produção e o consumo de energias renováveis, por exemplo.

Dessa forma, importa que o crescimento econômico com redução da pobreza possa estar baseado em investimentos em capital natural e, portanto, que a estrutura da economia mude na direção dos setores/tecnologias ‘verdes’ ou ‘limpos’, que vão substituindo os setores/tecnologias ‘sujos’ ou ‘marrons’ (CGEE, 2012).

Nesse contexto, emerge também a chamada economia circular, cuja premissa é o uso mais racional dos recursos por meio da redução de desperdícios no sistema produtivo, da reciclagem e do reuso de materiais (Cechin e Veiga, 2010).

No campo corporativo, práticas de responsabilidade socioambiental e critérios ambientais, sociais e de governança (ASG) ganham, a cada dia, mais força nas estratégias de investimento das empresas (Ambrozio et al., 2020), apontando para a crescente valorização das práticas sustentáveis e para a compreensão dos impactos das ações não sustentáveis no resultado das companhias.

Governos e empresas, caminhando na mesma direção, também têm aperfeiçoado métricas e indicadores de desenvolvimento sustentável para dar conta do cumprimento da missão, desde o índice de desenvolvimento humano (IDH) (PNUD, 2012) até os atuais objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU.

A Bioeconomia é um modelo econômico que estuda os sistemas biológicos e recursos naturais aliados à utilização de novas tecnologias. Para a ONU, a bioeconomia é a “produção, utilização e conservação de recursos biológicos, incluindo os conhecimentos relacionados, ciência, tecnologia e inovação, para fornecer informações, produtos, processos e serviços em todos os setores econômicos, visando uma economia sustentável” (MJV, 2023).

No debate global, o termo “bioeconomia” surge ainda na década de 1970 com a abordagem biológica da teoria econômica, por meio da qual se propunha que o sistema econômico é parte da natureza, e não o contrário, segundo Pamplona et al. (2021), citando Cechin e Veiga (2010) e Georgescu-Roegen (1971). Até então, ensinava-se economia exclusivamente por meio de uma visão fechada do sistema econômico, o que muda a partir de um novo entendimento baseado na segunda lei da termodinâmica (a lei da entropia). Em resumo, a lei da entropia estabelece que haja uma tendência irreversível de degradação de energia no processo de transformação produtiva, agravada e acelerada pela utilização de recursos não renováveis. Nesse sentido, a capacidade de manutenção da organização do sistema natural é ampliada à medida que se pode aumentar a “vida útil” dos recursos. Dessa visão, também emergiram, além da ideia de

bioeconomia, a economia ecológica e a economia circular.

Assim, considerando a definição de bioeconomia como circunscrita ao âmbito de uma economia verde, de baixo carbono e circular, parte-se de uma visão em que a natureza, mais do que uma provedora de recursos (renováveis ou não), é provedora de serviços ecossistêmicos fundamentais para a manutenção da vida de maneira geral.

Segundo a European Commission (2022b), a bioeconomia é um facilitador natural e resultado da transformação do Acordo Verde Europeu (*European Green Deal*). A governança da bioeconomia é crucial para maximizar sinergias e resolver compensações. As políticas públicas ligadas à bioeconomia devem ser construídas em todas as dimensões da sustentabilidade, ou seja: (1) no manejo da terra e dos recursos biológicos dentro dos limites ecológicos; (2) nas cadeias de valor e consumo sustentáveis; e (3) na justiça social e transição justa.

Nesse contexto, a governança da bioeconomia é crucial para maximizar os efeitos sinérgicos das políticas setoriais, criar condições equitativas e enquadrar critérios de sustentabilidade coerentes em todas as áreas políticas. Promover a cooperação interministerial, a coerência política e a coordenação vertical a nível local, nacional, da UE e internacional permite que a bioeconomia atinja o seu potencial.

O Sistema de Monitoramento da Bioeconomia da União Europeia - UE é estruturado hierarquicamente para garantir a cobertura dos objetivos da estratégia. Esses objetivos amplos são divididos em critérios normativos, que são subdivididos em componentes-chave, conforme descrito pela Comissão Europeia (2022). Essa estrutura aninhada permite a agregação dos indicadores aos diferentes níveis da hierarquia. Os objetivos estratégicos de bioeconomia circular da UE são: segurança alimentar, sustentabilidade dos recursos naturais, recursos não renováveis, mudanças climáticas e competitividade e criação de empregos.

Dentro dos critérios normativos para a segurança alimentar, temos que a segurança alimentar e nutricional são apoiadas e o comércio sustentável de alimentos é fomentado. Seus componentes-chave são a disponibilidade, o acesso, a utilização, a estabilidade, o impacto econômico do comércio, o impacto ambiental do comércio e o impacto social do comércio.

Quanto aos critérios normativos para a sustentabilidade dos recursos naturais, tem-se que a capacidade do ecossistema para produzir serviços é mantida ou aprimorada, os setores de produção primária são geridos de forma sustentável. Seus componentes-chave são a qualidade ambiental, os atributos do ecossistema, a diversidade e abundância de espécies, o estado de conservação, as pressões da silvicultura, as pressões da agricultura, os serviços de provisionamento, os serviços de regulação e os serviços culturais, entre outros aspectos.

Quanto aos critérios normativos para os recursos não renováveis, tem-se a eficiência dos recursos, a prevenção de resíduos e a reutilização de resíduos são melhoradas, a perda e o desperdício de alimentos são evitados ou minimizados, a produção e o consumo sustentáveis são promovidos, os padrões de consumo correspondem a níveis sustentáveis de abastecimento de biomassas, o comércio sustentável de biomassas não alimentares é fomentado e a sustentabilidade dos centros urbanos é reforçada. Seus componentes-chave são a eficiência de recursos, a eficiência energética, a prevenção de resíduos biogênicos, a minimização de resíduos alimentares, a minimização do consumo, a pegada ecológica do consumo, o consumo e demanda, a produção, a dependência reduzida de não renováveis, o impacto econômico do comércio, os impactos ambientais, o impacto social do comércio e o bem-estar dos cidadãos.

Quanto aos critérios normativos para as mudanças climáticas tem-se que a mitigação e a adaptação das mudanças climáticas são buscadas e a sustentabilidade urbana é aprimorada. Seus componentes-chave são a mitigação, a adaptação e a resiliência.

Por fim, com base em relatórios da European Commission (2022a), quanto aos critérios normativos para a competitividade e criação de empregos, tem-se que o desenvolvimento econômico é fomentado, o crescimento econômico inclusivo é fortalecido, a resiliência da economia rural, costeira e urbana é reforçada, o conhecimento existente é valorizado, a geração de conhecimento e a inovação são promovidas e o mecanismo de mercado e a coerência das políticas são aprimorados. Seus componentes-chave são a bioeconomia enquanto economia, o valor adicionado, a exportação, a vantagem comparativa, o emprego na bioeconomia, as condições de trabalho, a igualdade e

inclusão, a infraestrutura física, o investimento em áreas rurais e costeiras, a diversificação da renda rural, a renda dos produtores primários, o conhecimento sobre tecnologias, a educação de alto nível, a pesquisa e inovação, os mecanismos de mercado e a competição de recursos (<https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651>).

Bastos et al. (2022) chegaram à conclusão de que as proposições da Bioeconomia apontam para uma transição tecnológica de uma economia baseada em energias fósseis para uma economia baseada em fontes renováveis das biomassas, um meio de sequestro de carbono. Por sua vez, as proposições da economia circular buscam romper com o ciclo fechado extrair-produzir-descartar, alternando-se para o reaproveitamento racional dos resíduos no ciclo produtivo mais limpo. As proposições da chamada agroindústria 4.0 trazem a conexão em rede digital, de sistemas físicos, sob o suporte da tecnologia da informação e comunicação, um direcionamento alternativo de formação de cadeias produtivas agroindustriais mais sustentáveis e inteligentes. Assim, questiona-se o quanto às abordagens teóricas e às respectivas proposições tecnológicas da bioeconomia, da economia circular e da agroindústria 4.0 estão alinhadas para o sequestro de carbono.

Ainda, segundo Bastos et al. (2022), os resultados apontaram para a existência de uma transição da abordagem conceitual inicial da Bioeconomia para uma nova vertente, a bioeconomia, com vista ao sequestro de carbono. Refletiu-se que as abordagens conceituais e as proposições tecnológicas da bioeconomia estão relativamente alinhadas com as da economia circular e ambas estão igualmente alinhadas com a agroindústria 4.0. Refletiu-se também em relação às restrições evidenciadas entre as três proposições, e sobre os desafios a serem superados.

As políticas públicas de bioeconomia visam a construir um modelo bioeconômico baseado em todas as dimensões da sustentabilidade. Elas permitem que todas as pessoas desfrutem de um estilo de vida ‘de base biológica’, fornecendo-lhes materiais de base biológica (alimentos, fibras, materiais de base biológica, energia) e não materiais (ar e água limpos, biodiversidade, mitigação e adaptação climática, recreação) produtos e serviços, contribuindo assim para os objetivos da *New European Bauhaus* e seus valores de

sustentabilidade com inclusão e qualidade de experiência (European Parliament, 2015).

A extração verde e sustentável de compostos bioativos de resíduos FSC e sua otimização desempenham um papel importante no desenvolvimento de biorrefinarias integradas de resíduos de manga, impulsionando a viabilidade dessa plataforma agroindustrial (Zuin et al., 2020). Este trabalho mostrou que é possível adquirir condições ótimas para uma extração rápida, que pode ser potencialmente ampliada para níveis industriais, usando um conjunto de ferramentas quimiométricas. Assim, esta abordagem pode agregar valor aos processos de valorização de resíduos, oferecendo uma forma mais eficiente, barata e limpa de projetá-los, desenvolvê-los e aplicá-los a muitos casos de resíduos agroindustriais em todo o mundo, inclusive o do cacau. Portanto, um método analítico estatisticamente robusto pode ser um dos gatilhos para criar um valor verde positivo na cadeia de abastecimento de alimentos e desenvolver práticas industriais aprimoradas e sustentáveis por meio da química verde e da economia biocircular, especialmente importante para enfrentar a crescente demanda global, desafios e alcançar os ODS da ONU.

De acordo com Bakan et al. (2022), hoje, os processos não podem ser entendidos como unidades autônomas, e os critérios de otimização devem incluir múltiplas dimensões e serem analisados a longo prazo. As principais consequências são que: (i) os processos para economia circular devem ser projetados para modularidade (devido a múltiplos e escassos canais de fornecimento, quantidade variável de recursos e outras restrições), para resiliência (devido a eventos inesperados, como escassez de matérias-primas disponíveis) e devem combinar fortes credenciais de saúde pública e segurança; (ii) ferramentas matemáticas e otimização multicritério devem ser consideradas e incorporadas em estudos experimentais para avaliar a relevância de seus objetivos em termos de suas dimensões econômica, ambiental e social; (iii) a aceitação pública deve ser considerada desde o início e não, como muitas vezes acontecia no passado, após a otimização da inovação; (iv) a legislação tem de ser reavaliada regularmente para se adaptar aos novos conhecimentos científicos e desenvolvimentos técnicos. Além disso, em termos de produtos de origem biológica,

é importante passar da produção de biomoléculas de valor agregado para substituir as moléculas de origem do petróleo para um paradigma de biofuncionalidade - em outras palavras, não é a molécula em si que deve ser substituída, mas o serviço que ela traz.

Sob essa perspectiva, necessita-se de uma visão sistêmica, com o conhecimento de todo o fluxo dos complexos agroindustriais, a fim de permitir a integração entre os vários elos. Assim, circulam recursos naturais, insumos e resíduos. A circularidade traz benefícios econômicos, ambientais e sociais (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Esses benefícios, por sua vez, devem ser quantificados e qualificados, apontando para a necessidade de indicadores nessas três dimensões.

De acordo com a visão de futuro da Embrapa (2022a), dentro das megatendências/sustentabilidade para que sistemas agropecuários sejam circulares e sustentáveis, há ainda algumas exigências (Esposito et al., 2020): a) mudança da cultura linear para circular; b) do profissional especialista para o especialista com visão de todos os aspectos que influenciam em sua especialidade (Palhares, 2019); 3) de políticas públicas e programas pontuais para abordagens de longo prazo e que prezem pela integração de todas as partes e atores que compõem os sistemas agropecuários (Hamam et al., 2021).

Ainda segundo a Embrapa (2022b), o grau de transformação das agroindústrias varia conforme o objetivo dos empreendimentos produtivos, os quais, por sua vez, variam de acordo com o insumo/produto fornecido ao consumidor final. Comparado a outros segmentos industriais, a agroindústria apresenta certa peculiaridade devido a três características fundamentais das suas matérias-primas: sazonalidade, perecibilidade e heterogeneidade. Podemos notar uma grande quantidade de produtos obtidos por meio do processamento agroindustrial, com várias cadeias de valor surgindo a partir daí: materiais diversos, insumos químicos para agricultura, energia, biocombustíveis e alimentos e rações para animais. Por sua vez, observa-se que os processos agroindustriais podem gerar resíduos diversos, tanto no estado líquido, quanto no sólido e no gasoso. São exemplos desses resíduos: líquidos do meio reativo gerados na produção de insumos químicos e biocombustíveis; gás (ex.: CO<sub>2</sub>) dos processos de combustão para a produção de

energia; resíduos sólidos lignocelulósicos; líquidos com alto teor de matéria orgânica, gerados na produção de alimentos e ração animal; entre outros.

A estimativa da geração anual global de resíduos da produção de biomassa de origem agrícola e do seu processamento é da ordem de 140 Gigatoneladas - Gt (Tripathi et al., 2019), apresentando significativos problemas de manejo - uma vez que a biomassa descartada pode levar a impactos ambientais negativos. Já a geração de resíduos de biomassa agrícola vegetal proveniente dos quatro principais países produtores agrícolas (China, EUA, Índia e Brasil, respectivamente) é da ordem de 2,5 Gt (Bentsen and Felby, 2010). Tais resíduos podem ser utilizados como matéria-prima para diversos produtos, desde energia a insumos químicos. Assim, a enorme produção agrícola global gera, também, uma grande produção de biomassa residual, por meio de seus sistemas de cultivo e de processamento, com tal resíduo podendo ser utilizado como matéria-prima sustentável, indo ao encontro do modelo de economia circular. Os seguintes exemplos de segmentos de mercado podem ser impactados positivamente pelo uso de biomassa residual como matéria-prima (Vaz Junior, 2018):

- Polímeros e materiais para várias aplicações, como os plásticos verdes.
- Produtos químicos, como monômeros para a produção dos citados plásticos verdes.
- Produtos farmacêuticos, cosméticos e produtos de higiene, como o xilitol, utilizado nas indústrias farmacêutica e cosmética; e a glicerina, usada na produção de produtos de beleza.
- Produtos de química fina, como agroquímicos (ex.: fertilizantes e pesticidas de liberação lenta) e especialidades (ex.: biolubrificantes).

Cabe ressaltar que o suprimento global de biomassa vegetal corresponde a 11,4 Gt por ano em matéria seca (Agência Internacional de Energia, 2017). No entanto, a quantidade e a qualidade dependem do sistema de plantio e da produção agroindustrial em cada país, o que determina a necessidade de padronização do mercado, de modo a promover os seguintes resultados:

- A redução na geração de resíduos, por meio do uso de todos os subprodutos e/ou coprodutos gerados durante o processamento;
- A criação de novas cadeias de valor a partir do aproveitamento de resíduos.

Desse modo, quando se associa a economia circular ao aproveitamento da biomassa residual, torna-se possível visualizar todas as implicações econômicas, sociais e ambientais nas cadeias de biomassa agroindustriais, podendo-se obter maiores receitas aliadas à maior sustentabilidade de produtos e processos.

A economia circular é definida como um conceito estratégico que tem por finalidade garantir a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energias, criando um ciclo econômico de menor descarte e desperdício possível. O conceito desta economia baseia-se em mecanismos de ecossistemas naturais, que gerem os recursos em longo prazo num processo contínuo de reabsorção e reciclagem. A economia circular promove um modelo econômico reorganizado, através da coordenação dos sistemas de produção e consumo em circuitos fechados.

No modelo econômico circular, o gerenciamento de materiais é um fator determinante. A substituição de materiais que possam afetar o meio ambiente por materiais sustentáveis que possam ser reinseridos no ciclo econômico é um fator importante. A busca de materiais que tenham uma vida útil mais duradoura é outro ponto chave deste conceito econômico.

O foco da economia circular ultrapassa as ações de gestão de resíduos e de reciclagem, visando desde o desenvolvimento de novos processos, produtos e novos modelos de negócio e vai até o gerenciamento de recursos e otimização da utilização dos recursos, conforme ilustrado na Figura 1.

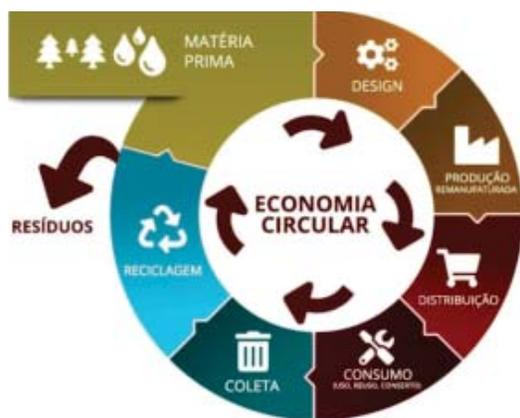


Figura 1. Foco da Economia Circular. Fonte: <https://terraoeconomico.com.br>

O mundo vem evoluindo com o crescimento populacional, aumento da procura e consequente pressão e preocupação do gerenciamento de recursos, sublinhando a necessidade de ações e modelos sustentáveis, uma economia preocupada com o ecossistema e que ainda assegure o desenvolvimento econômico, melhoria da condição de vida, emprego e preservação de áreas verdes.

A economia circular está ganhando destaque em nível global como alternativa atraente à economia linear de extração, transformação e descarte, o que oferece uma oportunidade para que a sociedade prospere ao mesmo tempo em que reduz sua dependência de materiais finitos e fontes de energia não renováveis. Uma pesquisa conjunta da (*Ellen MacArthur Foundation, 2016a*) com o *McKinsey Centre for Business and the Environment* e a SUN mostrou que, com a adoção de princípios da economia circular, a Europa pode canalizar a iminente revolução da tecnologia digital em um cenário de economia circular para aumentar o PIB em € 1,8 trilhão até 2030. Uma análise similar, também realizada pela (*Ellen MacArthur Foundation, 2016b*) indicou que, em 2050, uma trajetória de desenvolvimento fundamentada na economia circular pode proporcionar à Índia benefícios anuais de US\$ 624 bilhões, o equivalente a 30% do atual PIB do país.

Conclusões preliminares mostram que a transição para a economia circular poderia gerar oportunidades de mais inovação e criação de valor no Brasil. Com características mercadológicas e sociais únicas e um capital natural incomparável, o Brasil é um cenário atraente para a exploração de oportunidades que a economia circular poderia trazer para a construção do capital econômico, social e natural.

Uma economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, distinguindo entre ciclos de materiais técnicos e biológicos (*European Environment Agency, 2018*) (Figura 2). Essa abordagem busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico do consumo de recursos finitos e eliminar externalidades negativas da economia (CE 100 Brasil, 2017; CNI 2017 e 2019).

## DEFINIÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR

### PRINCÍPIO

# 1

Preservar e aprimorar o capital natural controlando estoques finios e equilibrando os fluxos de recursos renováveis. Alavancas ReSOLVE: regenerar, virtualizar, trocar



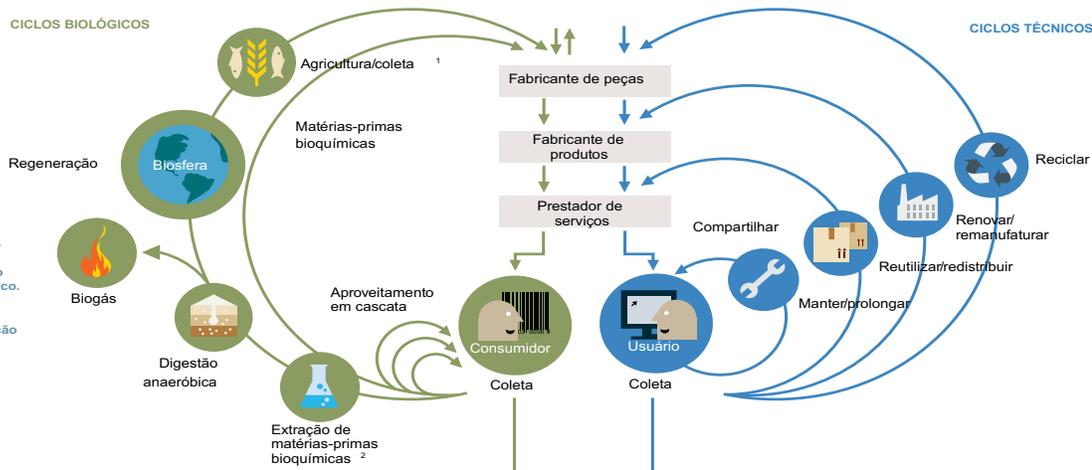
Gestão do fluo de renováveis

Gestão de estoques

### PRINCÍPIO

# 2

Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais em uso no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico. Alavancas ReSOLVE: regenerar, compartilhar, otimizar, promover a criação de circuitos



### PRINCÍPIO

# 3

Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio. Todas as alavancas ReSOLVE

Minimizar perdas sistêmicas e externalidades negativas

1. Caça e pesca  
2. Pode aproveitar tanto resíduos pós-colheita como pós-consumo insuano

Fonte: Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment; Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

Figura 2. Diagrama do Sistema da Economia Circular. Fonte: com base em tradução de CE 100 Brasil (2017), a partir de European Environment Agency. 2018/Ellen MacArthur Foundation – 2017/2022.

Os princípios por trás da economia circular não são completamente novos no Brasil e começaram a surgir em bolsões de atividade em todas as regiões do país. Empresas e outras organizações veem esses princípios como fatores orientadores da inovação com potencial comprovado de criação de valor e como uma oportunidade de se diferenciar no mercado, mesmo em tempos de turbulência econômica e limitações orçamentárias.

Enveredando-se pela agricultura e ativos da biodiversidade, são identificadas várias possíveis oportunidades de transição para a economia circular em três setores de foco. Esses indicadores iniciais devem ser compreendidos como áreas a serem mais exploradas por empresas, instituições acadêmicas e formuladores de políticas (CE 100 BRASIL, 2017), assim, ressaltam-se os seguintes aspectos:

1. Ampliar esforços existentes em modelos de negócio regenerativos em agricultura e ativos da biodiversidade. A aplicação de modelos regenerativos na agricultura e em bioeconomias urbanas e rurais poderia restaurar a grande reserva de capital natural do Brasil, aumentar a diversidade biológica, fechar ciclos de nutrientes, aumentar o conteúdo nutricional dos alimentos e, simultaneamente, aumentar a produção agrícola e sua lucratividade.

2. Estimular o desenvolvimento do ainda incipiente setor de biointeligência. A combinação do grande capital natural e da diversidade social do Brasil resultou na reunião de um amplo conhecimento sobre os ativos da biodiversidade brasileira. Isso deve ser aproveitado para que o Brasil possa aplicar essa biointeligência de forma mais ampla em seu território e em cadeias de valor globais.

3. Alavancar a tecnologia digital para destravar o potencial de economia circular na bioeconomia. É possível usar a tecnologia em cadeias de suprimento digitalizadas para facilitar a troca de recursos e conhecimentos, além de soluções de compartilhamento de ativos. Isso aumenta a transparência nos mercados do setor e produz economias de escala agrupadas para pequenos produtores rurais (sem que, para isso, eles precisem dar escala às suas atividades).

De acordo com a Iberdrola (2022), a bioeconomia visa impulsionar o desenvolvimento sustentável e a circularidade. Mais especificamente, os princípios da economia circular (reduzir, reutilizar e reciclar) são uma parte fundamental da economia biológica. Através da redução, reutilização e reciclagem, é possível diminuir a quantidade total de resíduos e seu consequente impacto. Também permite economizar energia, minimizar a poluição do solo, do ar e da água, contribuindo assim para evitar danos ao meio ambiente,

ao clima e à biodiversidade. A Figura 3 mostra porque se precisa de uma bioeconomia sustentável e circular.

Assim, o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia - PACTI, do MCTIC/CGEE, (2018) tem como diretrizes gerais: 1. Uso sustentável de processos, de recursos biológicos renováveis e da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica em substituição às matérias-primas fósseis; 2. Ações integradas para a garantia da segurança hídrica, energética e alimentar das populações; 3. Ações integradas para o desenvolvimento de bionegócios e bioprodutos; 4. Excelência científica e de negócios; 5. Desenvolvimento sustentável e economia circular. As iniciativas elencadas neste Plano levarão em consideração as premissas do desenvolvimento sustentável, assumindo o compromisso de buscar soluções socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente corretas.



Figura 3. Por que precisamos de uma bioeconomia sustentável e circular. Fonte: com base em Iberdrola (<https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/bioeconomia-isso-e>), a partir de European Commission (2022).

## Resultados e Discussões

### Identificar estudos dentro da cacauicultura que já utilizaram e utilizam a bioeconomia circular para agregação de valor.

A bioeconomia circular já vem ganhando espaço na cacauicultura baiana e nacional há muito tempo, seja através de projetos visando o aproveitamento integral do fruto do cacauieiro, seja através da conservação da Mata Atlântica quando se plantou o cacau no "sistema cabruca", preservando toda a floresta e sua biodiversidade.

De acordo com a CEPLAC (1984), o Projeto de Aproveitamento Integral dos Recursos da Empresa Cacauieira (Projeto PAI) objetivou modificar o sistema de manejo da propriedade, de modo a diversificá-la e melhor aproveitar os recursos naturais. Como o próprio nome indica, o estudo procurou utilizar integralmente o fruto do cacauieiro, aproveitando um grande número de subprodutos e resíduos. A implementação das atividades objetos de pesquisa do projeto PAI, respeitadas as características de cada fazenda, visou aumentar o valor adicionado, o produto e a receita ou ingresso do imóvel, diminuindo-lhe os riscos decorrentes das flutuações de preços de produtos isolados e proporcionando-lhe maior eficiência no emprego do seu elenco de recursos.

O Projeto PAI foi um projeto mais abrangente de aproveitamento de subprodutos e resíduos. É basicamente um sistema integrado de manejo da propriedade, aplicável às fazendas que possuam ou pretendam se preparar para efetuar todas ou algumas das seguintes operações:

- Modificação do método tradicional de movimentação do cacau na propriedade, transportando-se o fruto inteiro para as instalações de beneficiamento, pelo menos em quantidades suficientes às necessidades de matéria-prima (casca e polpa de cacau) para obtenção dos subprodutos;

- Quebra mecanizada dos frutos de cacau, para evitar descontinuidade e melhorar as condições higiênicas na linha de processamento dos subprodutos;

- Aproveitamento do mel de cacau ou da polpa do cacau para fabricação de geléia, suco, fermentados e destilados;

- Aproveitamento da casca dos frutos. Ela pode ser usada na alimentação animal, produção de energia, adubação, entre outras;

- Utilização da energia obtida da casca para iluminação, geração de eletricidade, cocção de alimentos e secagem de cacau, bem como de outros produtos agrícolas;

- Utilização na adubação orgânica, sob a forma de composto a biofertilizantes, em cultivos alimentares (hortaliças, mandioca, milho, etc.);

- Emprego de biofertilizantes ou do composto na criação de peixes.

O modelo integrado é resumido na Figura 4. Nesse estudo foram relacionados às operações recomendadas, analisando-se os conhecimentos atuais e novos a adquirir em outras pesquisas em progresso fora e dentro da CEPLAC.

A utilização integral dos subprodutos da indústria de cacau de Gana foi investigada e foi desenvolvida a coleta em larga escala da transpiração do cacau (ou seja, o líquido que escoa da amêndoa fresca quando exposto ao ar) usando os métodos da cesta e da caixa de suor. Verificou-se que a coleta e fermentação alcoólica da sudação podem ser feita pelos próprios agricultores. A sudação fermentada tinha um nível de álcool de 7-10% (p/p). As cascas de cacau secas também têm sido usadas com sucesso para a produção de potássio ou como fonte de combustível (Agyeman and Oldham, 1986).

Segundo os mesmos, no beneficiamento da casca de cacau em secador tubular de convecção natural, o balanço energético foi negativo e o uso dessa como combustível no sistema gaseificador/combustor/secador proposto foi realizado normalmente, pois a temperatura foi efetivamente controlada, assim como os níveis de contaminação do ar de secagem; quando se utilizou a casca de cacau, mantiveram-se próximos à outra biomassa, que geralmente é utilizada para esse fim. Além desses, testes realizados com a casca de cacau foram dimensionados para um sistema gaseificador/combustor/secador que foi acoplado a um secador do tipo Plataforma CEPEC, verificando-se similaridade a outros sistemas empregados nesse tipo de transformação da biomassa. Portanto, esses sistemas podem ser utilizados, pois os níveis de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs nas

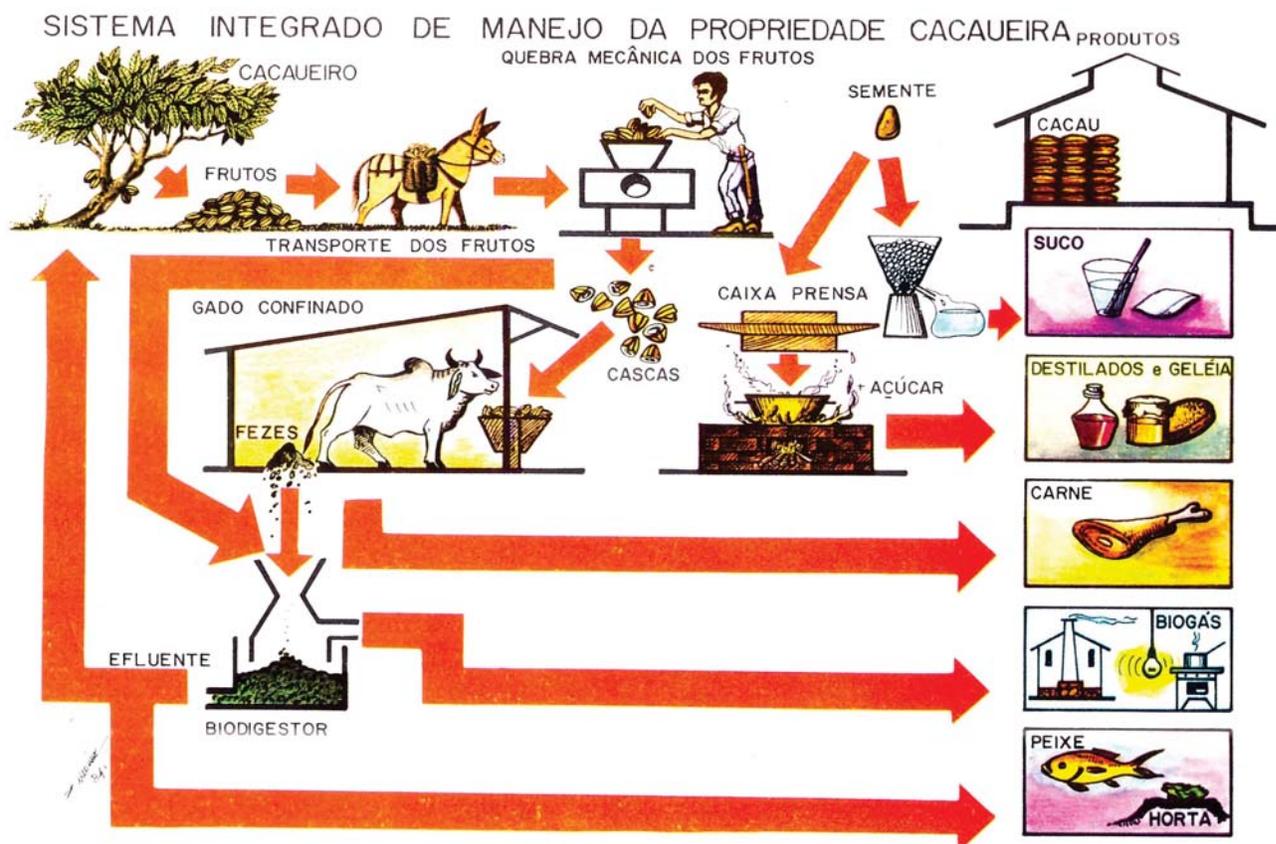


Figura 4. Sistema integrado de manejo da propriedade cacauieira. Fonte: CEPLAC (1984).

amêndoas processadas apresentaram-se abaixo dos permitidos pela legislação europeia. Dessa forma, a casca de cacau pode ser utilizada como combustível em sistema de geração direta de calor criado por sistema gaseificador/combustor substituindo as fornalhas, geralmente empregadas em secadores de cacau.

A composição das cascas das amêndoas do cacau (CPHs), que é o principal resíduo da produção de cacau, e algumas das características de suas pectinas solúveis em água, foram investigadas. CPHs moídos e secos foram submetidos a extrações aquosas a quente (50 e 100C, 90min, 1:25, p/v) (Vriesmann et al., 2011). As frações obtidas (rotuladas 50W e BW, respectivamente) renderam 7,5 e 12,6% de pectinas, respectivamente. A composição monossacarídica revelou predominância de ácido urônico, seguido de galactose, ramnose e arabinose, característicos das pectinas. Análises químicas e espectroscópicas (FT-IR e  $^{13}C$  NMR) mostraram que ambas as frações continham altos teores de acetil (DA 29,0 e 19,2%,

respectivamente) e são compostas por homogalacturonanos de baixo metoxil (DE 37,0 e 42,3%, respectivamente) com inserções de ramnogalacturonano carregando cadeias laterais contendo principalmente galactose. As análises reológicas foram realizadas com 50W e BW. As soluções de ambas as frações a 5% (p/v) apresentaram comportamento de cisalhamento não newtoniano, porém a de 50W apresentou maior viscosidade aparente que a de BW. As análises dinâmicas oscilatórias mostraram que a pectina 50W a 5% (p/p) apresentou comportamento de gel fraco, enquanto na mesma concentração, a pectina BW se comportou como uma solução concentrada. Embora sejam necessárias mais investigações, o CPH parece (Vriesmann et al., 2011) ser uma fonte potencial tanto de pectinas quanto de outros agentes naturais, como fibras e fenólicos, e seu uso é particularmente justificado pela crescente conscientização ambiental.

A valorização do desperdício de alimentos está atualmente no centro das discussões e desenvolvimento

de futuros modelos econômicos que, aliados à aplicação de tecnologias verdes e sustentáveis, oferecem uma alternativa viável para mudar as práticas industriais em direção a uma bioeconomia circular.

Posteriormente, Mororó (2012), analisando a cadeia agroalimentar ampliou os subprodutos destacando que da casca triturada pode-se obter composto orgânico, biofertilizantes, ração animal, celulose, produção de energia (biodigestor), cinza (produção de sabão); do despulpamento da amêndoa pode-se obter suco, néctar, sorvete, doces e geleia; da prensagem da polpa pode-se obter o mel de cacau que através de vários processos pode-se obter o vinho, vinagre, destilados,

geleia e licor. Do processamento da amêndoa, pode-se obter o líquido que, por sua vez, por prensagem pode-se obter a torta e a manteiga. Da moagem da torta, pode-se obter o chocolate em pó, achocolatados, confeitarias, biscoitos e doces. Da manteiga, pode-se obter o chocolate branco e os cosméticos. E colocando aditivos, leite e açúcar, são obtidos chocolates diversos. Estas assertivas são mostradas na Figura 5.

A Tabela 1 apresenta os rendimentos potenciais dos derivados, coprodutos e resíduos em 1 hectare de cacau.

A polpa de cacau é um produto rico em nutrientes e apresenta boas perspectivas para industrialização

### CADEIA AGRO-ALIMENTAR DO CACAU

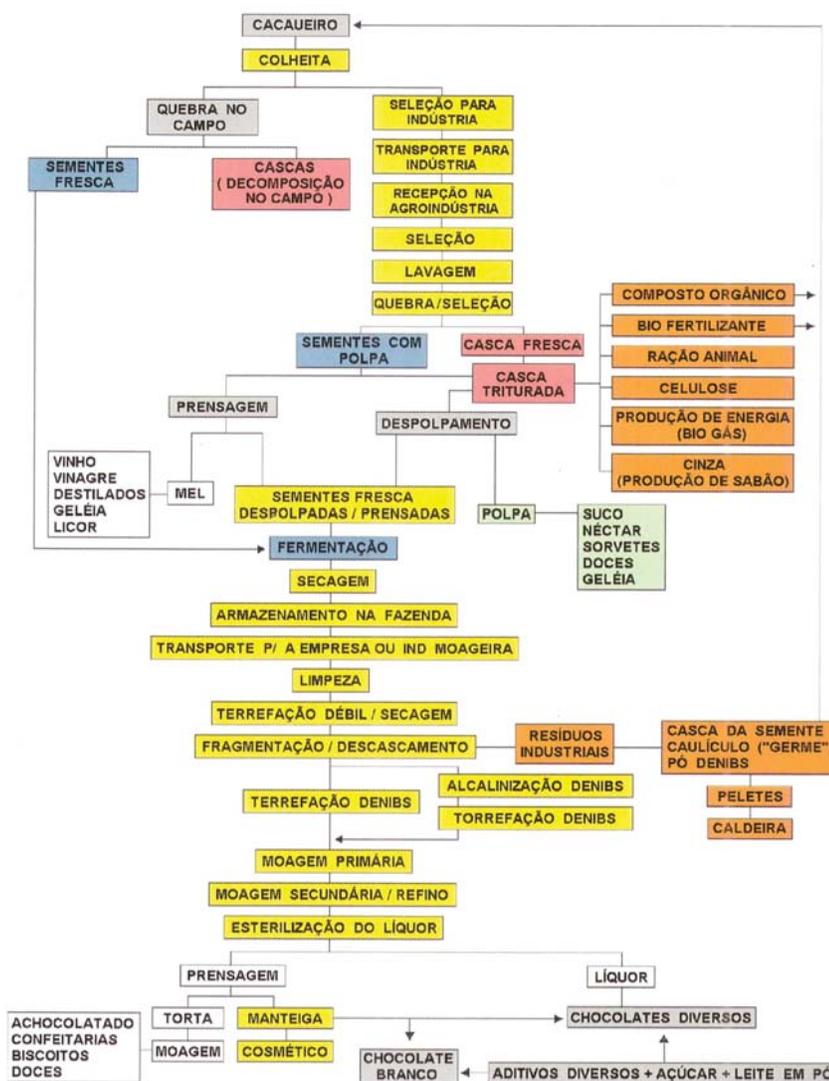


Figura 5. Diagrama geral da utilização vertical do fruto do cacauíero. Fonte: Mororó (2012).

devido a seu sabor característico. A Tabela 2 apresenta as características químicas e físicas da polpa de cacau.

Chepote et al. (1990) estudaram como utilizar composto de casca de cacau na adubação do cacau. Mais recentemente, Sodré et al. (2012) destacaram a importância da casca do fruto como principal resíduo da cacauicultura e as possibilidades de seu uso, através da análise de nutrientes do extrato orgânico obtido por lavagem do composto de casca e de seu efeito como fertilizante potássico no solo e no crescimento de mudas de cacau. O ensaio foi realizado em casa de vegetação, com aplicação de doses de extrato via solo, cultivo em tubetes e mudas

Tabela 1 - Rendimentos potenciais dos derivados, subprodutos e resíduos em 1 hectare de cacau

Especificações dos componentes	Unidade	Rendimentos em matéria prima
Frutos de cacau	Kg	17.000 a 20.000
Sementes frescas com polpa	Kg	1.700 a 2.000
Casca fresca	Kg	1.360 a 1.600
Sementes secas (8% BU)	Kg	680 a 800
Cacau torrado (1% BU)	Kg	630 a 740
Cotilédone/nibs (1% BU)	Kg	540 a 600
Tegumento (testa) + Embrião da amêndoa	Kg	88 a 104
Massa de cacau	Kg	537 a 630
Polpa de cacau <sup>(1)</sup>	Kg	340 a 400
Mel de cacau <sup>(1)</sup>	Kg	200 a 240

<sup>(1)</sup>Extração da polpa ou do mel e não os dois subprodutos. Adaptado de Mororó (1999).

Tabela 2 - Características químicas e físicas da polpa de cacau

Características	Porcentagem
Umidade	83,57
Sólidos totais	16,43
Açúcar total	11,24
Açúcar redutor: Frutose	4,94
Glicose	4,72
Acidez: (em ácido cítrico)	0,90
Fibras	0,73
Nitrogênio Total	0,12
Aminoácido	0,003
Pectina	2,50
Minerais	0,30
Vitamina C (mg/100g)	10,00
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	1082

Fonte: Passos et al. (1986).

seminais de cacau. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, e a unidade experimental formada por nove plantas crescidas individualmente em tubetes. Os tratamentos foram 5 doses de K: zero; 125; 250; 500 e 1.000 mg de K dm<sup>-3</sup> de solo. Após 120 dias da aplicação do extrato no solo, verificou-se que o pH, a saturação de bases e os teores disponíveis de Ca, Mg, K, Zn e Mn aumentaram, e o teor de Al e Fe diminuíram. Os resultados também evidenciaram que a dose de 1.000 mg K dm<sup>-3</sup> de solo desequilibrava as relações K/Mg e K/Ca nas folhas com redução no crescimento das mudas. Mudas de cacau apresentaram crescimento significativo em função de doses de K e, considerando a facilidade de produzir e aplicar o extrato da casca do fruto do cacau, é possível usá-lo como fonte de K na produção de mudas de cacau.

Um dos resíduos produzidos após a retirada da amêndoa do cacau do fruto é a casca da amêndoa do cacau (CPH). O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de CPH como fonte de energia renovável. O CPH foi seco ao sol, triturado e peneirado para obter um tamanho de partícula inferior a 1 mm. Uma mistura de cinco gramas de CPH e aglutinante na proporção de 70% e 30% em peso, respectivamente, foi peletizada e seca a 50° C por 5 horas. A carbonização foi realizada a 400° C por 2 horas. Os resultados mostraram que CPH tem um alto valor de aquecimento de 17,0 MJ/kg. A vazão de ar e a composição do combustível afetaram significativamente o tempo de queima e o fator de emissão de CO<sub>2</sub>. O aumento da porção carbonizada de CPH no combustível aumentou o tempo de queima do pellet. O aumento da vazão de ar e da porção de CPH carbonizada também elevou o fator de emissão de CO<sub>2</sub> (Syamsiro et al., 2012).

O cacau é uma planta de importância econômica e principalmente cultural para a região sul da Bahia. O declínio na produção de cacau, principalmente em função da “vassoura-de-bruxa”, ocasionou mudanças regionais, nos aspectos sociais e econômicos. Com o surgimento de novas tecnologias, alterações na produção e no mercado do cacau (Gonzales et al., 2013), teve como objetivo avaliar novas perspectivas para o aproveitamento integral do cacau de forma sustentável, incluindo a utilização dos resíduos de sua cadeia produtiva no campo da

bioenergia, visto que a história da região sul da Bahia permanece vinculada à cultura do cacau. A casca do cacau pode ser aplicada na produção de biofertilizante, biogás, enzimas microbianas com segmentos biotecnológicos, briquetes, entre outros.

Estudou-se a viabilidade técnica do aproveitamento da casca do cacau para fins energéticos, em processo de conversão termoquímica (Pereira, 2013), com o levantamento do potencial de geração de energia e das tecnologias disponíveis para transformação da biomassa; a caracterização da casca de cacau; o dimensionamento de um sistema de gaseificador/combustor/secador; a obtenção e utilização da casca em chip como combustível na secagem de amêndoa de cacau e a avaliação da qualidade da amêndoa processada quanto à presença de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs).

Ainda segundo Pereira (2013), com base na produção de amêndoas secas acumulada da região cacauzeira da Bahia, a quantidade de casca gerada é equivalente a 107,6 MW e pode ser utilizada para gerar calor em sistemas geradores de calor e também para gerar energia elétrica em sistemas de cogeração disponíveis no mercado, como turbina a vapor, microturbina e turbina a gás. Além desse potencial, a casca de cacau apresentou condições favoráveis para ser transformada em combustível em razão de os resultados da caracterização terem sido equivalentes aos de outros resíduos que já vem sendo transformados em combustível sólidos, líquidos ou gasosos. Porém, o teor de água (84,2%) e a quantidade de cinzas (12,63%) presentes nessa biomassa podem contribuir negativamente para a sua utilização como combustível sólido.

De acordo com Müller e Gama-Rodrigues (2012), os sistemas agroflorestais associados ao cultivo do cacauzeiro destacam-se como uma das tecnologias mais bem sucedidas para o plantio de cacau em diferentes regiões, mesmo naquelas onde a árvore não é endêmica, sendo possível utilizar o mesmo solo para plantação de árvores ou o seu manejo em associação com cultivos agrícolas. Cotta et al. (2008), quantificando a biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau, concluíram que o estoque de carbono no consórcio seringueira-cacau foi de 91,5 Mg C ha<sup>-1</sup>. Desse total, 84,7 Mg C ha<sup>-1</sup> estavam estocados na seringueira, 5,2 Mg C ha<sup>-1</sup> no cacauzeiro

e 1,6 Mg C ha<sup>-1</sup> na serapilheira. O carbono contabilizado no consórcio correspondeu a 336 Mg CO<sub>2</sub>eq. ha<sup>-1</sup>, que equivalem à geração de 336 CERs ha<sup>-1</sup>. O consórcio seringueira-cacau apresentou capacidade para estocagem de carbono, podendo contribuir para a redução dos gases de efeito estufa na atmosfera, e isso o credencia como atividade promissora na geração de projetos candidatos ao recebimento de créditos de carbono.

Realizou-se estudo pela Universidade Federal do Pará (UFPA) em parceria com o Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC) da CEPLAC cuja estimativa de Biomassa para um SAF com cacauzeiro na BR-230 para trinta anos de atividade é de 327 toneladas por hectare e a estimativa de Carbono Estocado é de 163,5 toneladas, com uma média de estoque de carbono de 5,4 toneladas por ano (Pereira Neto, 2012). Utilizaram-se também resíduos de biomassa de açaí e cacau para produção de energia (Rocha, 2009).

De acordo com Zugaib et al. (2017), a integração do cacauzeiro e do sistema cabruca ao ecossistema regional permitiram a conservação de remanescentes florestais circundando e/ou inseridos nas áreas cultivadas, propiciando ativos e serviços ecossistêmicos e ambientais incomuns em outros sistemas agrícolas tropicais. Esse enfoque teve por objetivo contribuir para as discussões em que os serviços ecossistêmicos diretamente relacionados com a agrossilvicultura cacauzeira possam ser valorados, como também, os recursos madeireiros do sombreamento do cacau em sistema cabruca sejam quali-quantificados e possibilitem serem usados como garantia em alienação fiduciária de empréstimos agrícolas.

A pesquisa supracitada foi realizada em área de cacau cabruca na Fazenda Bela Cruz, município de Barro Preto (BA), propriedade do Consórcio Interinstitucional MARS Cacau, CEPLAC, Sindicato Rural e Prefeitura Municipal de Barro Preto. O valor econômico madeireiro encontrado na pesquisa foi de R\$ 100.526,93 ha<sup>-1</sup>; a biomassa arbórea de 114,9 t ha<sup>-1</sup> o que equivalem 57,5 t ha<sup>-1</sup> de carbono. O valor total para o carbono estocado (1,4 ha) foi de R\$ 2.639,22. Para efeito da receita no fluxo de caixa da capacidade de pagamento, as nascentes foram valoradas em R\$ 23,65 ano<sup>-1</sup>. A análise mostrou uma taxa interna de retorno de 19% a.a., o que remunera os fatores de produção já que a taxa de desconto utilizada foi de

8,75% a.a. O valor presente líquido (R\$ 7.747,38) foi positivo e significa que a decisão é favorável à realização do investimento. O *payback*, o período de retorno do investimento, foi de sete anos e com uma relação benefício/custo de 1,27. Incluindo os valores de uso indireto (o carbono) e o de uso de opção (a água) no fluxo de caixa verificou-se que a taxa de retorno subiu para 55%, o valor presente para R\$ 26.112,25 e o *payback* diminuiu para quatro anos, com uma relação benefício/custo de 1,60. Os resultados comprovaram que o valor econômico é significativo para servir como garantia de alienação fiduciária, assim como, os serviços ecossistêmicos passaram a integrar o ciclo da agregação de valores ao cacau cabruca.

O estudo de Santos et al. (2021) desenvolvido na Bahia e coordenado por Instituto Arapyáú/UESC, envolveu 17 fazendas no sistema cabruca, o modo de cultivo agroflorestal onde árvores nativas fazem sombra aos cacauzeiros, e o levantamento do estoque de carbono, observando-se que a média do valor entre as propriedades foi de 242 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare em cabruca, sendo que, na média, o cacau representa cerca de 40% do carbono presente. Já em quantidade de carbono total, a média encontrada foi de 66 toneladas por hectare, variando de 31 a 109 toneladas. A alta variação ocorre devido às diversas quantidades, tamanhos dos indivíduos florestais e densidade da madeira de cada espécie nas propriedades.

Mardiyani, Sunawan e Pawestri (2018) estudaram a aplicação de neem ou nim (*Azadirachta indica*) como produto alelopático no armazenamento de sementes de cacau usando vários meios adsorventes locais. As sementes de cacau são recalcitrantes (o teor de água é superior a 40%) e requerem um tratamento especial. A utilização de meios adsorventes para reduzir a queda na qualidade das sementes de cacau e prolongar sua vida útil neste armazenamento não tem sido bem sucedida. Meios adsorventes locais, como serragem, areia e cinzas, têm o potencial de manter a viabilidade das sementes de cacau. O objetivo desta pesquisa foi determinar a interação da aplicação de neem como pesticida biológico e o uso de vários meios adsorventes naturais no armazenamento de sementes de cacau. Tratou-se de um estudo experimental com delineamento fatorial composto por três fatores. O primeiro fator foi o tipo de meio

adsorvente para o armazenamento da semente de cacau, que consiste em três níveis (areia de rio, cinza e serragem). O segundo fator foi a concentração de folhas de nim para tratamento pré-armazenamento com três níveis (10, 20 e 30%). O terceiro fator foi o tempo de armazenamento (10 e 20 dias).

No estudo supracitado, os resultados indicaram que a combinação dos três fatores apresentou interação significativa na altura da planta e no diâmetro do caule da muda aos 28 dias após a semeadura. O peso fresco das mudas das sementes que foram armazenadas em meio de cinzas deu um melhor resultado do que as mudas de sementes que foram armazenadas na areia do rio e a serragem como meio adsorvente. A aplicação de 20% de extrato de folhas de neem teve melhor influência para as sementes que ficaram armazenadas por 20 dias.

Recentemente, Vásques et al. (2019) desenvolveram estudos sobre o uso de subprodutos do cacau na produção de moléculas de alto valor agregado com aplicações potenciais nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Abordagens biotecnológicas têm se mostrado uma alternativa viável para a transformação dessa biomassa residual em produtos finos. Este estudo revisa as abordagens biotecnológicas implementadas para o manejo e exploração do subproduto do cacau. Tópicos relacionados à produção de cacau e geração de biomassa residual, sustentabilidade e valorização da cadeia do cacau são abordados e discutidos.

Em estudos sobre a atividade antibacteriana do extrato fenólico da casca do cacau contra *Escherichia coli* para processamento de alimentos, Diniardi et al. (2020) constataram que a casca da amêndoa do cacau (CPH), que é um resíduo da plantação de cacau, contém compostos fenólicos que podem ser usados como agentes antibacterianos. Os compostos fenólicos na CPH incluem ácidos fenólicos, flavonoides e flavonas. O objetivo deste estudo foi analisar a atividade antibacteriana do extrato de CPH extraído pelo método de Extração Assistida por Microondas (MAE). A extração utilizou como solvente o etanol 96% na proporção de 1:4, 1:6 e 1:8 (p/v) por 2, 3 e 4 minutos, respectivamente. Os compostos fenólicos totais foram testados quanto à sua atividade antibacteriana usando um método de disco difusão em uma concentração de extrato de 5,7,5,10 mg/mL e 15 mg/mL com três

repetições, respectivamente. O maior teor de fenólicos totais de 453 mg GAE/g extrato seco foi obtido do tratamento MAE com uma proporção de solvente de 1:4 (p/v) por 4 minutos. Os resultados da atividade antibacteriana dos extratos contra *Escherichia coli* mostraram que zonas inibitórias se formaram na concentração de 5 mg/mL. A largura da zona de inibição aumenta à medida que a concentração do extrato aumenta.

O poder consuetudinário, estratégias dos agricultores e a dinâmica de acesso a áreas florestais protegidas para agricultura tiveram implicações para a bioeconomia florestal de Gana (Kumeh et al., 2021). Na última década, vários cientistas e formuladores de políticas têm promovido a bioeconomia para a descarbonização e como forma de enfrentar as crises socioecológicas em andamento. Uma transição efetiva para a bioeconomia nos países em desenvolvimento, que são predominantemente agrários, depende em parte de sua receptividade aos regimes existentes de acesso à terra e de como os atores desses países são capazes de administrar reivindicações e necessidades concorrentes associadas ao uso da terra para produção de biomassa. No entanto, isso é pouco examinado na literatura sobre bioeconomia e política. Usando um estudo de caso de Gana, em contexto do Sul Global que aspira a uma bioeconomia baseada na floresta, verificou-se como as instituições legais e normativas sobrepostas medeiam o acesso de comunidades dependentes da floresta a terras em reservas florestais para suas necessidades alimentares e outras necessidades de subsistência.

De acordo com Kumeh et al. (2021) o estudo constatou que as instituições estatais e tradicionais estão correndo para sancionar o acesso das comunidades florestais às terras de reserva florestal, a fim de consolidar sua autoridade sobre a área. Na bioeconomia emergente, o estado emprega a silvicultura como ferramenta para consolidar seu controle. Ao mesmo tempo, as autoridades tradicionais defendem isso facilitando o acesso dos agricultores à mesma área para a produção de cacau a fim de estabelecer reivindicações sobre a terra. Em meio a essa disputa, as comunidades da floresta constroem um robusto discurso centrado em seu “direito à alimentação”, permitindo-lhes aplicar seu rico conhecimento local para cultivar alimentos e culturas

de rendimento em reservas florestais sem deferência às instituições estatais e autoridades tradicionais. Funcionários florestais do estado, por outro lado, reagem derrubando essas “fazendas ilegais”, causando insegurança alimentar periódica nas localidades de estudo. Alguns agricultores respondem adaptando seus mecanismos de acesso, cultivando áreas menos acessíveis na reserva para fugir dos oficiais florestais. O dinamismo desse conflito torna desafiador o uso sustentável dos recursos nas localidades de estudo. Mas também ele indica que, sem salvaguardas adequadas e uma política de desenvolvimento rural coerente, a bioeconomia se tornará uma abordagem para reproduzir o acúmulo opressivo de terra, impedindo as comunidades da floresta de atender às suas necessidades alimentares e de subsistência. Assim, embora as descobertas atualizem a crescente luta pela terra na África Subsaariana, as comunidades advertem que os governos precisam reconhecer que a bioeconomia, apesar de sua promessa de sustentabilidade, não oferece uma solução rápida para problemas estruturais arraigados na África rural.

Foi conduzido o desenvolvimento de nanocompósitos quaternários por base de amido de mandioca, manteiga de cacau, nanoemulsão de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e fibras de resíduos de cervejaria, através da produção de novos filmes nanocompósitos quaternários baseados em amido termoplástico (TPS, 8% w/v) derivado de mandioca, manteiga de cacau, (CB, 30% wt.%) e óleo essencial de capim-limão (LEO, 1: 1) nanoemulsões reforçadas com diferentes concentrações de fibras de bagaço de cervejaria (BSG, 5 ou 10% em peso), por lingotamento contínuo (Mendes et al., 2021). Sua composição química, as propriedades morfológicas, térmicas, mecânicas, película de barreira, biodegradabilidade no composto vegetal, além da aplicação em chocolates, têm sido amplamente estudadas.

Conforme o estudo supracitado, a adição de CB, LEO e BSG causou alterações relevantes nos filmes à base de amido, como aumento da extensibilidade (de 2,4-BSG5 para 9,4%-BSG10) e melhoria da barreira à umidade (2,9 e 2,4 g.mm.kPa<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>). Em contraste, a estabilidade térmica do filme de amido diminuiu ligeiramente. A biodegradabilidade dos filmes de nanocompósitos quaternários aqui desenvolvidos foi

a mesma dos filmes de TPS, eliminando preocupações sobre a suplementação com ingredientes ativos que se espera que tenham algum efeito biocida. Apesar de verificar a atividade antimicrobiana apenas pelo contato sob os biocompósitos, os chocolates embalados com os filmes foram bem aceitos pelos consumidores, principalmente as amostras de chocolate branco armazenadas no biocompósito BSG5. No geral, essa nova abordagem para filmes biodegradáveis ativos quaternários produzidos em uma unidade de laminação em escala piloto foi bem-sucedida em melhorar ou pelo menos manter as propriedades essenciais de filmes baseados em TPS para aplicações em embalagens de alimentos, ao mesmo tempo em que fornece recursos e funcionalidades exclusivos. Esta contribuição refere-se a uma nova abordagem para filmes quaternários produzidos em uma unidade de laminação em escala piloto. Relaciona-se com a sustentabilidade, pois é biodegradável e baseado em biomassa vegetal, além de ser produzido por meio de um processo limpo e de alto rendimento. Os quatro componentes dos filmes comestíveis que desenvolvemos conferem-lhe um bom desempenho em propriedades, tanto como barreira passiva (ou seja, puramente física), como ativa, relacionada com os atributos sensoriais dos alimentos.

Realizaram-se estudos com a síntese verde de nanopartículas de prata (AgNPs), assistida por luz LED, usando extratos aquosos de resíduos agroindustriais, como sementes de abacate (ASs), cascas de frutos de cacau (CPHs) e cascas de laranja (OPs) (Cañadas et al., 2022). A análise de ressonância plasmônica de superfície mostrou formação de NP mais rápida e completa quando irradiada com luz LED azul.

Os mesmos autores concluíram que as análises TEM confirmaram a morfologia semiesférica dos AgNPs sintetizados, com exceção dos OP-AgNPs, que mostraram aglomeração durante a irradiação de luz. Para AS-AgNPs e CPH-AgNPs, o diâmetro médio das partículas foi de cerca de 15 nm. Curiosamente, o extrato CPH demonstrou formação de nanopartículas mais rápida em comparação com o extrato AS (100 min vs. 250 min de tempo de irradiação, respectivamente). A espectroscopia FTIR avaliou o envolvimento de diversos grupos funcionais dos fitoquímicos bioativos presentes nos extratos vegetais durante a fotobiossíntese de nanopartículas. A atividade

antioxidante, determinada pelo ensaio do poder antioxidante redutor férrico (FRAP), variou de 1323,72  $\mu\text{mol TE/mL}$  no extrato aquoso AS a 836,50  $\mu\text{mol TE/mL}$  no extrato aquoso CPH. O teor total de polifenóis foi determinado de acordo com o procedimento de Folin-Ciocalteu; o extrato aquoso AS apresentou maior teor de polifenóis (1,54 mg GAE/g) do que o extrato aquoso CPH (0,948 mg GAE/g). Antibacteriano *in vitro* os ensaios revelaram que os AS-AgNPs exibiram propriedades antibacterianas promissoras contra bactérias patogênicas (*E. coli*), enquanto os CPH-AgNPs mostraram atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* e *E. coli*. A síntese verde de AgNPs usando extratos aquosos de AS, CPH e OP relatada neste trabalho é ecologicamente correta e econômica, e abre caminho para futuros estudos relacionados à valorização de resíduos agroindustriais para a produção de nanomateriais avançados, como AgNPs antibacterianos, para potenciais aplicações biomédicas, industriais e ambientais.

Barazetti et al. (2022) estudaram as perspectivas de manejo visando maximizar a produção de metabólitos secundários de plantas medicinais em sistemas agroflorestais, e observaram que o cultivo em sistema agroflorestal representa uma alternativa de produção agroecológica de plantas com potencial econômico, tais como as plantas medicinais. A eficiência produtiva deste sistema requer estratégias de manejo adequadas e eficientes para as diferentes espécies consorciadas. O estudo teve como objetivo avaliar a biomassa da parte aérea e a produção de metabólitos secundários (óleo essencial e flavonoides) em diferentes épocas de colheita (6, 12 e 18 meses) de três espécies medicinais de interesse econômico: *Mikania laevigata*, *Varronia curassavica* e *Fridericia chica*, adubadas organicamente (composto orgânico e vermicomposto) e cultivadas em sistema agroflorestal com diferentes densidades de plantas (espaçamento). A associação de espécies medicinais com micorriza arbuscular fungos também foi avaliada e os atributos químicos do solo foram analisados antes e após a fertilização. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro blocos e parcelas subdivididas no tempo, considerando as três épocas de colheita (6, 12 e 18 meses).

Na pesquisa supracitada, os autores concluíram que o cultivo de *M. laevigata*, *V. curassavica* e *F. chica*

consoviados com *Hevea brasiliensis* e *Theobroma cacao*, produziu biomassa foliar suficiente para viabilizar a produção de plantas medicinais em sistemas agroflorestais. A adubação com vermicomposto é a mais indicada para produção de biomassa seca de parte aérea, enquanto para maior teor de óleo essencial e flavonoides nas folhas de plantas medicinais, o uso de composto orgânico é mais indicado. Em relação ao período de colheita, *V. curassavica* apresentou a maior biomassa seca da parte aérea e rendimento de óleo essencial aos 18 meses, enquanto que para *M. laevigata* e *F. chica*, a maior produção ocorreu aos 12 meses. O sistema agroflorestal com menor densidade de cacauzeiros possibilitou maior produção de biomassa seca das três plantas medicinais e maior rendimento de óleo essencial de *M. laevigata* e *V. curassavica*. Para obter maiores teores de flavonoides em *F. chica*, recomenda-se o cultivo em sistema agroflorestal com maior densidade de cacauzeiros. O cultivo dessas três plantas medicinais em SAF é uma alternativa viável para a produção de metabólitos secundários de interesse farmacêutico.

Estudou-se o processamento Verde Versátil para Recuperação de Compostos Fenólicos de Extratos de Produtos Naturais para a Bioeconomia e Aproveitamento em Cascata para Valorização de Resíduos no Exemplo da Casca de Amêndoas de Cacau (CBS). No contexto das abordagens de pesquisa bioeconômica, o uso em cascata de matérias-primas vegetais faz sentido em muitos casos para a valorização de resíduos (Jensch et al., 2022). Isso não apenas garante que a matéria-prima seja utilizada da forma mais completa possível, mas também oferece a possibilidade de aproveitar seus subprodutos e fluxos residuais de maneira lucrativa. Para tornar tais usos em cascata tão eficientes quanto possível, são necessários processos eficientes e ecologicamente corretos. Para exemplificar o método versátil, por exemplo, todos os anos, 675.000 toneladas métricas de casca de amêndoa de cacau (CBS) são acumuladas como um fluxo de resíduos na indústria de processamento de alimentos em todo o mundo.

Segundo Jensch et al. (2022), um novo processo verde atinge rendimentos muito altos de até 100% em uma etapa de extração, garante baixo consumo de solventes orgânicos devido ao uso duplo de etanol como único solvente orgânico, é adaptável o suficiente para

capturar todos os tipos de metabólitos secundários de extratos de água quente e garante o aproveitamento dos carboidratos estruturais da precipitação. Um Projeto de Experimentos (DoE) foi conduzido para otimizar a influência do valor de pH e razão de fase no rendimento e pureza do sistema integrado etanol/água/sal de extração aquosa em duas fases (ATPS).

### **Diretrizes e recomendações para elaboração de novos projetos dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional.**

Diretrizes e recomendações para elaboração de novos projetos dentro do contexto da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional tiveram como base toda a bibliografia utilizada (CGEE, 2020a, 2020b); e principalmente o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia (MCTIC/CGEE, 2018).

As diretrizes gerais para o desenvolvimento da bioeconomia circular para a cacauicultura nacional deverão atender aos seguintes conceitos-chaves:

1. Uso sustentável de processos, de recursos biológicos renováveis e da biodiversidade da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica;
2. Ações integradas para a garantia da segurança hídrica, energética e alimentar das populações;
3. Ações integradas para o desenvolvimento de bionegócios e bioprodutos;
4. Excelência científica e de negócios;
5. Desenvolvimento sustentável e economia circular.

**Linhas temáticas:** O presente Plano estará dividido em quatro Linhas Temáticas centrais e duas auxiliares, como exposto abaixo.

### **1. Biomassa de sistemas agroflorestais com cacauzeiro.**

#### **Objetivos**

Promover o desenvolvimento científico e tecnológico para a produção sustentável de biomassas ligadas aos sistemas agroflorestal de cacauzeiros, inclusive com a utilização de resíduos e dejetos agroindustriais e urbanos, bem como a prospecção, domesticação e melhoramento de espécies advindas da biodiversidade brasileira, mais especificamente dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica,

permitindo serem utilizadas pelas biorrefinarias para a produção de diversos bioprodutos e com a adoção de sistemas agroflorestal de cacauzeiros mais eficientes e de menor impacto ambiental.

### Contextualização

O Brasil, mais especificamente as regiões produtoras de cacau localizadas nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, enfrentam o desafio de garantir segurança hídrica, energética e alimentar, e de promover a saúde e o bem-estar a uma população em processo de crescimento, envelhecimento e urbanização num cenário de exploração exaustiva dos recursos não renováveis e de mudança do clima. Nesse contexto, a bioeconomia surge como uma das alternativas à dependência em recursos fósseis e minerais (principalmente pela agricultura e indústria de base) ao se utilizar de recursos biológicos renováveis (biomassa) nos processos produtivos da cacauicultura. Dessa forma, a biomassa torna-se uma fonte estratégica do ponto de vista econômico, social e ambiental, criando espaço competitivo onde os biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica podem se inserir globalmente, gerando oportunidades à agricultura e aos setores de alimentos, materiais, produtos químicos, biocombustíveis e energia.

### Justificativa

A diminuição da dependência em matérias-primas fósseis em diversos processos industriais e a substituição por biomassas é uma das prerrogativas da bioeconomia. Como consequência esperada, ter-se-ia o desenvolvimento de processos produtivos menos danosos ambientalmente, pois contribuiriam, entre outras coisas, para a diminuição da emissão de Gases do Efeito Estufa - GEE, auxiliando inclusive o país a atender compromissos internacionalmente firmados.

No entanto, cabe ressaltar que o sucesso das atividades bioeconômicas depende, em boa medida, no desenvolvimento e na utilização de biomassas de alto desempenho ou com características específicas, dependendo dos processos industriais a serem utilizados e dos produtos que se desejam obter.

Tais biomassas podem provir de atividades agrícolas convencionais como os casos da cana-de-açúcar, cacau, soja, milho, eucalipto, girassol e algodão, bem como aquelas em desenvolvimento, como é o caso da

cana para energia e da macaúba. Além disso, há consideráveis avanços na produção de microalgas.

Com o aperfeiçoamento na produção e aproveitamento industrial dessas biomassas, será possível agregar valor às commodities nacionais e diversificar a produção agroindustrial podendo diminuir déficits comerciais como o da cacauicultura. Isso só será possível por meio do desenvolvimento de uma química renovável baseada em biomassas nacionais, podendo-se produzir produtos químicos em substituição àqueles importados, sejam estes substitutos mais apropriados ou então novas moléculas com características semelhantes (*drop-in*, ou seja, idênticos aos combustíveis fósseis e que, portanto, não necessitam de adaptações para seu uso, aproveitando os ativos complementares já existentes e utilizados pelos derivados de petróleo ou *non drop-in*, respectivamente). Além disso, há a premente necessidade de sistemas produtivos mais eficientes, que promovam o uso racional de insumos tais como água, terra, produtos químicos (fertilizantes e defensivos agrícolas) e material genético e de propagação (sementes e mudas).

Ademais, outros pontos de interesse são: i) o uso de resíduos e dejetos, agroindustriais e urbanos, como insumo pelas bioindústrias; e ii) o uso sustentável da biodiversidade brasileira, por meio da prospecção, domesticação e melhoramento de novas fontes de biomassa que se mostrem promissoras. Com isso, passivos ambientais poderão se tornar ativos sociais e econômicos, assim como poderá ocorrer a valorização da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, respectivamente.

### Estratégias de implementação

i. Apoio a projetos, grupos e consórcios de pesquisa, existentes ou em fase de implementação, ligados à produção, insumos, armazenamento, logística e utilização de biomassas.

ii. Aumento da competitividade por meio da revisão e adequação dos marcos regulatórios, do fortalecimento e compartilhamento de infraestruturas e do apoio a linhas de pesquisa que foquem em soluções inovadoras para problemas tecnológicos, priorizando o uso sustentável da biodiversidade brasileira e considerando aspectos relativos à segurança hídrica, energética e alimentar, e à mudança do clima.

iii. Apoio ao desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação em novos sistemas de produção de biomassa mais sustentáveis e na utilização racional dos recursos naturais, incluindo a biodiversidade brasileira.

iv. Negociação de parcerias institucionais nacionais ou internacionais.

v. Fortalecimento da atuação de pesquisadores brasileiros em iniciativas, projetos, programas, redes e consórcios internacionais de pesquisa e acompanhamento no tema biomassa.

vi. Fomento ao mapeamento da disponibilidade, da capacidade e potencial de produção, do acesso logístico e de utilização das biomassas nacionais no País.

### Atividades e metas

#### i. Insumos e serviços estratégicos para a produção de biomassas

**Objetivo:** Apoiar projetos, programas, consórcios e redes de pesquisa para a obtenção de conhecimentos científicos e desenvolvimento tecnológico em insumos e serviços estratégicos para a produção de cacau, com foco no aumento da produtividade e melhor utilização de recursos.

**Meta:** Apoiar ao menos a uma ação de fomento ao desenvolvimento de insumos agropecuários de baixo impacto ambiental, prevendo a substituição de produtos importados.

**Meta:** Fomentar ao menos uma ação de prospecção e desenvolvimento de microrganismos inoculantes.

**Meta:** Cooperar na elaboração de ao menos uma ação de fomento para o desenvolvimento de equipamentos, implementos e serviços especializados para melhoria da eficiência das atividades agrícolas adaptadas às condições e biomassas brasileiras, superando obstáculos relacionados à agricultura de precisão, mecanização e automação no meio rural.

**Meta:** Apoiar ao menos duas ações de fomento para a realização de estudos sobre o nexo Água-Energia-Alimento e suas relações ecossistêmicas com sistemas produtivos.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento para a realização de estudos que contribuam para maior compreensão e utilização racional dos serviços ecossistêmicos de polinização.

#### ii. Sistemas integrados de produção

**Objetivo:** Fomentar e articular políticas e programas de PD&I em sistemas produtivos integrados e sustentáveis em sistemas agroflorestais com cacauzeiro, preferencialmente aqueles que se proponham a utilizar áreas degradadas e em consonância aos preceitos da abordagem do Nexo Água-Energia-Alimento.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento de sistemas integrados de produção, considerando aspectos como a eficiência no uso de recurso, o aproveitamento de áreas degradadas, a viabilidade socioeconômica, impactos ambientais e relações ecossistêmicas e que promova o adensamento, a sustentabilidade e a diversificação de culturas produtoras de biomassa, inclusive com espécies advindas da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica.

**Meta:** Estruturar e/ou fortalecer ao menos uma rede, grupo ou consórcio de pesquisa para o desenvolvimento de novas formas de agricultura que utilizem águas não convencionais, como a agricultura bioessalina.

#### iii. Uso de resíduos e dejetos

**Objetivo:** Viabilizar conhecimentos científicos e desenvolvimento tecnológico para a utilização de resíduos agrícolas, agroindustriais e urbanos, e de dejetos líquidos de sistemas agroflorestais com cacauzeiro.

**Meta:** Cooperar na elaboração de ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento de novos sistemas de saneamento ambiental que utilizem resíduos e dejetos como fonte de energia e para o desenvolvimento de outros produtos.

**Meta:** Fomentar ao menos um projeto ou chamada pública para desenvolvimento científico e tecnológico na produção de biogás e biofertilizantes a partir de dejetos líquidos provenientes da agroindústria.

**Meta:** Fomentar ao menos um projeto ou chamada pública para desenvolvimento científico e tecnológico no uso industrial de resíduos agrícolas, agroindustriais e sólidos urbanos para o desenvolvimento de bioprodutos.

#### iv. Melhoramento genético

**Objetivo:** Apoiar projetos, programas, consórcios e redes de pesquisa para a obtenção de conhecimentos científicos e desenvolvimento tecnológico em

metodologias e ferramentas para o melhoramento genético, tanto clássico quanto por modernas ferramentas biotecnológicas, de variedades produtoras de biomassa, mais especificamente de sistemas agroflorestais com cacauzeiros.

**Meta:** Apoiar ao menos uma chamada pública que vise:

i) adequar biomassas a novos sistemas integrados de produção, com foco em ganhos de produtividade e adensamento da produção de cacau;

ii) desenvolver e adaptar variedades de biomassa às novas condições climáticas, às condições adversas de solo e ao uso de águas não convencionais; e

iii) identificar e desenvolver marcadores moleculares para características de interesse pela cacauicultura e bioindústria.

**Meta:** Fortalecer ao menos um consórcio, rede e grupo de pesquisa em genética, apoiando o desenvolvimento e a utilização de modernas ferramentas biotecnológicas para o melhoramento genético de variedades produtoras de biomassas.

#### iv) Uso sustentável da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica e de novas biomassas

**Objetivos:** Incentivar a prospecção de novas fontes e novos usos às biomassas e aos microrganismos advindos da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, por meio de financiamento contínuo para PD&I e pela construção de ambiente regulatório adequado.

**Meta:** Implantar e/ou fortalecer ao menos um programa de prospecção biológica de microrganismos e/ou de novas fontes de biomassa que demonstrem potencial para utilização agroindustrial e industrial.

**Meta:** Fortalecer ao menos um consórcio, rede ou grupo de pesquisa em ciências ômicas e bioinformática que auxiliem na geração de conhecimentos e potenciais usos da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica.

**Meta:** Implantar e/ou fortalecer ao menos um grupo, rede ou consórcio de pesquisa que busquem soluções na natureza (biomimética).

**Meta:** Elaborar o mapeamento dos potenciais de produção, logística e processamento de biomassas, especialmente aquelas advindas da biodiversidade dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica.

## 2. Processamento do cacau e sistemas agroflorestais com cacauzeiros e biorrefinarias.

### Objetivo

Promover o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação para o processamento de biomassas ligadas aos sistemas agroflorestal de cacauzeiros, sejam por métodos biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos, considerando as diversas etapas de pré-tratamento e tratamento envolvendo o desenvolvimento de insumos, equipamentos e metodologias gerenciais mais sustentáveis e eficientes para as bioindústrias.

### Contextualização

O Brasil dispõe de oportunidade de se consolidar como referência em tecnologias associadas ao planejamento, construção, operacionalização e produção de insumos para bioindústrias, desenvolvendo sistemas de produção ambientalmente menos danosos, a exemplo do cacau cabruca, assim como gerar expertise e desenvolvimento nacionais por meio do fortalecimento da bioeconomia. Por conta disso e dado aos desafios quanto ao aproveitamento integral das diversas biomassas, as etapas referentes ao processamento dessas exigem maior atenção uma vez que possuem distintas composições e necessidades tecnológicas próprias no processamento.

Ademais, o país dispõe de vasto parque industrial em condições de se adaptar às novas tecnologias para o aproveitamento integral de diversas biomassas. Há, certamente, a possibilidade de geração de novas indústrias que poderão focar desde o fornecimento de produtos e serviços às bioindústrias até a utilização de novos bioprodutos que venham a ser desenvolvidos, além da desejável substituição de importações de produtos químicos por bioprodutos nacionais, com o fortalecimento da química renovável. Obviamente o domínio no processamento de biomassas também poderá levar à substituição de matérias-primas fósseis, sendo, portanto, um dos fatores-chaves para o desenvolvimento e sucesso da bioeconomia nacional.

### Justificativa

As tecnologias de processamento de biomassas constituem etapa fundamental para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva de produtos bioderivados do cacau. A capacidade de gerar bioprodutos, com custos competitivos e características necessárias para

suprir diversas outras indústrias ou mesmo o consumidor final, apresenta-se como um grande desafio científico tecnológico, já que cada biomassa possui constituição distinta e as tecnologias mais adequadas para o aproveitamento integral de cada uma podem divergir.

O aproveitamento integral da maioria das biomassas depende do fracionamento para a obtenção dos chamados blocos construtores (“*building blocks*”). No entanto, a obtenção destes mostra-se de grande complexidade e essa tecnologia ainda não está dominada, especialmente por questões de economicidade e escala, carecendo de maiores esforços em capitais humano e financeiro.

Por conta disso, há de ser levado em consideração:

**i)** os progressos científicos e tecnológicos do país nas últimas décadas, especialmente na produção e aproveitamento de biomassas por processos biológicos, químicos, termoquímicos e físicos na produção de bioprodutos;

**ii)** a megadiversidade biológica presente nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, possibilitando a obtenção tanto de novas fontes de biomassas vegetais quanto de microrganismos;

**iii)** a existência de instrumentos de fomento e incentivo científico, tecnológico e de inovação atualmente existentes para o setor de químicos de renováveis e a possibilidade de fortalece-los e expandi-los; e

**iv)** o atual parque bioindustrial nacional que conta, entre outras, com unidades destinadas à produção de especialidades químicas advindas de biomassa. Conclui-se que o Brasil tem a oportunidade de ser um dos líderes na bioeconomia mundial, dominando aspectos tecnológicos e gerenciais relacionados a diversas cadeias produtivas, inclusive a do cacau e bioindústrias.

### **Estratégias de implementação**

**i.** Apoio a projetos, grupos e consórcios de pesquisa existentes ou em fase de implementação ligados à caracterização, ao pré-processamento, processamento e à utilização industrial de biomassas do cacau.

**ii.** Promoção do aumento da competitividade, por meio da revisão e adequação dos marcos regulatórios, do fortalecimento e compartilhamento de infraestruturas e do apoio a linhas de pesquisa que

foquem em soluções inovadoras para problemas tecnológicos, priorizando o uso sustentável da biodiversidade brasileira e considerando aspectos relativos à segurança hídrica, energética e alimentar e à mudança do clima.

**iii.** Incentivo a consórcios, redes e grupos de pesquisa, que tenham como foco o desenvolvimento de processos (biológicos, químicos, termoquímicos ou físicos), a contribuir para a diminuição da contaminação ambiental, levando em consideração os princípios da química verde.

**iv.** Fomento ao desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação no planejamento, construção, operacionalização e gerenciamento de biorrefinarias, com foco em ações que contribuam para a formação e consolidação de novos modelos de negócio vinculados às biorrefinarias, em especial na produção de insumos, bioprodutos de uso final e de prestação de serviços especializados.

**v.** Negociação de parcerias institucionais nacionais ou internacionais.

**vi.** Fortalecimento da atuação de pesquisadores brasileiros em iniciativas, projetos, programas, redes e consórcios internacionais de pesquisa e no acompanhamento do tema de utilização industrial da biomassa e de tecnologias de tratamento de resíduos e efluentes.

### **Atividades e metas**

#### **i. Pré-tratamento e tratamento de biomassas**

**Objetivo:** Promover a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico em insumos, equipamentos e processos para pré-tratamento e tratamento de biomassas em cacau.

**Meta:** Apoiar ao menos um projeto ou chamada pública para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de rotas tecnológicas para a desconstrução e conversão das diversas biomassas (lignocelulósicas, amiláceas, sacarinas e oleaginosas, entre outras).

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento, adaptação e aprimoramento de equipamentos para manuseio, transporte, limpeza e processamento da biomassa nas bioindústrias.

**Meta:** Implantar ou fortalecer ao menos um consórcio, rede ou grupo de pesquisa dedicado à caracterização físico-química das diferentes classes de biomassa.

## ii. Tecnologias de tratamento de resíduos e efluentes

**Objetivo:** Implantar e consolidar tecnologias para a gestão ambiental, com foco na descontaminação de solos e águas, no tratamento de águas residuais, na redução nas emissões de GEE e consequente descarbonização da cadeia produtiva do cacau.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento ao desenvolvimento de métodos que possibilitem a absorção de carbono das emissões decorrentes de processos industriais e bioindustriais, auxiliando a diminuir as emissões do setor produtivo e contribuindo para a descarbonização da economia.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento para pesquisas e desenvolvimento de sistemas sustentáveis no tratamento de águas residuais, esgotos e resíduos sólidos urbanos, permitindo a produção de bioprodutos e água de reuso, considerando aspectos ligados à garantia integral das seguranças hídrica, energética e alimentar.

## iii. Tecnologias e insumos para bioindústrias

**Objetivo:** Desenvolver competências científicas, tecnológicas e empresariais para a consolidação de ambientes propícios ao surgimento e fortalecimento de indústrias de suporte às biorrefinarias, bem como em políticas e programas para fortalecimento, modernização e adaptação das biorrefinarias já existentes nas regiões produtoras de cacau.

**Meta:** Apoiar ao menos uma chamada pública ou projeto que vise à transferência tecnológica com foco na criação de produtos, equipamentos e serviços especializados no planejamento, implantação, operacionalização, gerenciamento e modernização das bioindústrias, bem como no desenvolvimento de insumos, equipamentos e serviços especializados para elaboração, construção, operacionalização, gerenciamento e modernização destas.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação que vise à modernização das infraestruturas já existentes no país, dedicadas a cacauicultura, enfatizando a construção de capacidade produtiva diversificada, com biorrefinarias modernas aptas a múltiplas biomassas e bioprodutos.

## iv. Intensificação de processos

**Objetivo:** Articular políticas, programas, projetos e ações vinculados às Tecnologias Convergentes (Biotecnologia, Nanotecnologia, Tecnologias da

Informação e Comunicação e Tecnologias Cognitivas) para desenvolvimento e aprimoramento dos processos produtivos de sistemas agroflorestais com cacauero na bioeconomia.

**Meta:** Inserir conceitos da convergência tecnológica nas bioindústrias por meio de apoio ao menos uma ação de fomento às:

i) promoção da automação e robotização dos processos produtivos da produção da biomassa ao consumidor final;

ii) utilização de nanobiotecnologia para a produção de insumos agropecuários, agroindustriais e industriais, e no desenvolvimento de bioprodutos, e/ou

iii) utilização de modernas ferramentas computacionais cognitivas para captura e processamento de dados ao longo da cadeia produtiva do cacau, visando ao aperfeiçoamento de processos.

## v. Plantas demonstrativas

**Objetivo:** Estruturar programas e políticas para coordenação, cooperação e interação de infraestruturas de PD&I voltados à bioeconomia.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação para promoção da cooperação entre grupos, redes e consórcios de pesquisa para consolidação de ambientes abertos e multiusuários dedicados a múltiplas biomassas, processos e bioprodutos, contribuindo para a integração, modernização e/ou adaptação das infraestruturas de PD&I.

## 3. Bioprodutos oriundos da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica principalmente do cacau cabruca.

### Objetivo

Promover o desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação para a geração sustentável de produtos, processos e serviços de alto valor agregado a partir da utilização de biomassas localizadas nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica, fortalecendo a química verde, em especial no tocante ao desenvolvimento de produtos químicos renováveis derivados da biomassa de sistemas agroflorestais com cacauero, e consolidando aspectos de circularidade econômica.

### Contextualização

A produção e utilização de bioprodutos é uma das prerrogativas para o desenvolvimento sustentável, pois

se propõem a diminuir a dependência em recursos fósseis finitos e contribuir para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE. Além disso, há enorme potencial a ser explorado no fracionamento dos componentes da biomassa. Por esse tipo de processo, podem ser gerados tanto produtos substitutos (*drop-in* ou *non drop-in*) quanto novos compostos que sirvam de insumo para diversas outras indústrias ou mesmo para o consumo final. São exemplos, neste sentido, os bioprodutos intermediários, os blocos construtores e os químico-plataforma, que podem ser produtos commodities ou especialidades.

Ao substituírem em parte os produtos químicos atualmente importados, os bioprodutos poderão vir a auxiliar na redução do déficit da balança comercial nacional, relativa a esses produtos, por meio da geração de divisas na sua exportação. Ademais, poderão gerar novas cadeias produtivas e oportunidades de negócio. Assim, o desenvolvimento de bioprodutos e a estruturação de cadeias para sua utilização tornam-se vitais para o desenvolvimento de sistemas de produção agrofloretais com cacauzeiros mais sustentáveis e que contribuam para cumprir acordos internacionais relativos à mudança do clima, preservação do meio ambiente e produção responsável, além de gerar expertise, crescimento e desenvolvimento sustentável nacional.

### **Justificativa**

O desenvolvimento de produtos a partir de biomassa tem se mostrado, até certo ponto, uma alternativa viável e bem-sucedida na substituição de vários produtos de origem fóssil e na elaboração de novos compostos. No entanto, muitos são os desafios científicos, tecnológicos, regulatórios e de mercado a serem superados.

As primeiras ações de impacto no desenvolvimento de bioprodutos se deram na área de biocombustíveis, especialmente do etanol e do biodiesel. Recentemente, além destes, tem-se investido também nos biocombustíveis ditos *drop-in*, ou seja, idênticos aos combustíveis fósseis e que, portanto, não necessitam de adaptações para seu uso, aproveitando os ativos complementares já existentes e utilizados pelos derivados de petróleo. Além dos biocombustíveis, há uma gama variada de outros produtos possíveis de serem obtidos a partir da utilização de biomassas, tais

como: materiais para a construção civil, bioplástico e outros biopolímeros, compostos têxteis, alimentos e rações animais, além de insumos para as indústrias química, farmacêutica e cosmetológica. Na verdade, os biocombustíveis são os produtos de maior volume e menor valor agregado entre os demais bioprodutos. Cabem, portanto, esforços para a exploração das biomassas para a produção de bioprodutos com maior valor agregado, merecendo destaque o desenvolvimento de produtos químicos renováveis e a possibilidade de se criar substitutos aos insumos químicos importados pelo País e que oneram sobremaneira a balança comercial brasileira.

Vale salientar que, dada a importância estratégica dos biocombustíveis à bioeconomia nacional, bem como no atendimento a compromissos internacionalmente assumidos, eles integrarão o Plano de Ação de CT&I em Energias Renováveis e Biocombustíveis.

### **Estratégias de implementação**

**i.** Apoio a projetos, grupos e consórcios de pesquisa, existentes ou em fase de implementação, ligados às áreas da química verde, química renovável, pesquisa e desenvolvimento em enzimas, biomateriais e de novos compostos produzidos a partir do processamento de biomassas, aproveitamento do CO<sub>2</sub> e o desenvolvimento de catalisadores homogêneos e heterogêneos.

**ii.** Promoção do aumento da competitividade por meio da revisão e adequação dos marcos regulatórios, do fortalecimento e compartilhamento de infraestruturas e do apoio a linhas de pesquisa que focalizam em soluções inovadoras para problemas tecnológicos, priorizando o uso sustentável da biodiversidade brasileira e considerando aspectos relativos à segurança hídrica, energética e alimentar e à mudança do clima.

**iii.** Fomento à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico e apoio ao ajustamento de regulamentos pertinentes à viabilização tecnológica e econômica de bioprodutos.

**iv.** Incentivo ao desenvolvimento de parcerias público-privadas para o aumento da capacidade científica, tecnológica e de inovação em bioprodutos, com foco na biotecnologia Industrial e síntese orgânica, em especial para a produção de enzimas, produtos químicos e no tratamento de resíduos e efluentes.

v. Negociação de parcerias institucionais nacionais ou internacionais.

vi. Fortalecimento da atuação de pesquisadores brasileiros em iniciativas, projetos, programas, redes e consórcios internacionais de pesquisa e no acompanhamento do tema de utilização industrial da biomassa e de processos biológicos para a biorremediação.

#### Atividades e metas

##### i. Biocombustíveis

**Objetivo:** Produzir biocombustíveis através de sistemas agroflorestais com cacaueteiro e dendê.

**Meta:** Desenvolver sistemas agroflorestais de dendê com cacaueteiros para produção de biocombustíveis.

**Meta:** Implantar usinas de biocombustíveis baseado na extração de dendê.

##### ii. Biotecnologia Industrial e Biologia Sintética

**Objetivo:** Estruturar políticas e programas para o desenvolvimento das ciências ômicas, de melhoramento e engenharia de microrganismo, bem como técnicas avançadas de edição gênica.

**Meta:** Apoiar a criação e/ou fortalecimento de ao menos um grupo, rede ou consórcio de PD&I em biotecnologia industrial e biologia sintética com o objetivo de consolidar linhas de pesquisa na fronteira do conhecimento em ciências ômicas e engenharia genética.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento a projeto ou chamada pública relativa à transferência tecnológica e criação de novos modelos de negócio, baseados no desenvolvimento e aplicação da biotecnologia industrial e biologia sintética.

##### iii. Química Renovável

**Objetivo:** Articular e fomentar grupos, redes e consórcios de pesquisa e desenvolvimento em Química Renovável.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento para o desenvolvimento de: **i)** produtos drop-in e não drop-in obtidos a partir de biomassas de sistemas agroflorestais com cacaueteiros para substituição de produtos de origem fóssil; produtos químicos renováveis que permitam a substituição de produtos químicos importados pelo país; e **ii)** estudos de análise do ciclo de vida dos bioprodutos.

#### iv. Desenvolvimento e produção de microrganismos e enzimas

**Objetivo:** Articular políticas e programas de PD&I para implantação e consolidação de um segmento industrial especializado em desenvolvimento e produção de microrganismos e enzimas.

**Meta:** Apoiar ao menos uma ação de fomento à pesquisa e desenvolvimento nas temáticas:

**i)** enzimas, especialmente para produção de biocombustíveis e outros bioprodutos; **ii)** microrganismos de interesse industrial da biodiversidade localizadas nos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica; e **iii)** métodos para o melhoramento genético de microrganismos, geneticamente modificadas (MGM) ou não.

#### v. Biomateriais, biocompósitos e seus usos

**Objetivo:** Articular políticas, programas e projetos de pesquisa e desenvolvimento em biomateriais produzidos a partir de biomassa de sistemas agroflorestais com cacaueteiros, visando à gradativa independência de matérias-primas fósseis.

**Meta:** Criar e/ou fortalecer ao menos um grupo, rede ou consórcio de pesquisa com articulação com o setor produtivo que atue no desenvolvimento em biomateriais e biocompósitos, com objetivo de promover a transferência tecnológica, a modernização das atuais bioindústrias e a diversificação produtivas destas.

### 4. Agroinsumos

#### Objetivo

Desenvolver produtos, processos e tecnologias de origem vegetal, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos oriundos de sistemas agroflorestais cacaueteiro, nos sistemas de produção agrícolas ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos.

#### Ações

- Criação e implementação de um programa de bioinsumos com marco regulatório, vinculado ao conselho e gestão Estratégica do Programa Nacional;

- Criação de Biofábrica de bioinsumos com fomento e crédito disponível;
- Exploração de bioinsumos na Produção Animal;
- Exploração de bioinsumos no Pós Colheita e Processamento de sistemas agroflorestais com cacaueteiro;
- Criação e premiação de Iniciativas estaduais na área de bioinsumos.

### **Impactos**

A preservação da natureza e do meio ambiente, por meio da redução de impactos ambientais; a redução de custos com aplicações intensivas de químicos; os ganhos financeiros, por diminuir o tempo de carência pós-aplicação do produto.

## **5. Observatório Brasileiro de Bioeconomia - OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiro.**

### **Objetivo**

Prover aos agentes governamentais, da academia, do setor empresarial e da sociedade civil organizada, informações estruturadas e de relevância quanto ao estado presente e tendências futuras em aspectos científicos, tecnológicos, mercadológicos e regulatório da bioeconomia em sistemas agroflorestal de cacaueteiro, nacional e mundial.

### **Contextualização**

A bioeconomia, dada à transversalidade e abrangência, necessita de uma ampla gama de conhecimentos para o seu desenvolvimento. Intensiva em ciência e tecnologia e tendo como base competitiva a inovação, ela necessita de um acompanhamento constante, estudos e análises, demandando recursos humanos especializados em aspectos científicos, tecnológicos, mercadológicos e regulatórios para uma compreensão das oportunidades e desafios. Pelo seu caráter dinâmico, os tomadores de decisões precisam estar atentos a uma série de informações que, por vezes, é de difícil obtenção ou análise. Propõe-se a criação de um Observatório Brasileiro de Bioeconomia (OBB) em sistemas agroflorestais com cacaueteiro, visando subsidiar o processo de tomada de decisão e oferecer um ambiente para debates e obtenção de informações sobre a bioeconomia, nacional e mundial.

### **Justificativa**

A concepção e implantação do OBB leva em consideração as diversas iniciativas e atores já existentes na bioeconomia nacional. Entre estes, há consenso sobre a necessidade de uma instância central coordenadora e de um observatório dedicados ao desenvolvimento da bioeconomia brasileira. Por conta disso e considerando as expertises já criadas, os modelos de governança a serem definidos para o OBB deverão contar com a participação dos setores governamentais, empresariais, acadêmicos e da sociedade civil organizada.

### **Atividades e metas**

**i.** Concepção e implantação do OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiro.

**Objetivo:** Articular e implantar um observatório dedicado à realização de levantamentos, estudos e análises relativos ao desenvolvimento da bioeconomia, estruturado em seis eixos principais:

**i)** recursos humanos; **ii)** infraestruturas produtiva e de pesquisa e desenvolvimento; **iii)** mercados nacional e internacional; **iv)** políticas públicas; **v)** ambiente jurídico; **vi)** prospecção tecnológica.

**ii.** Elaborar proposta para a criação do OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiro constando sua estrutura, governança e operacionalização.

**Meta:** Implementar o OBB.

**iii.** Operacionalização do OBB em sistemas agroflorestais com cacaueteiros.

Detalhes acerca da operacionalização e governança do OBB serão definidos durante as etapas de concepção e implantação. No entanto, uma vez implantado e operando, o OBB deverá realizar mapeamentos, estudos e análises em temas como:

- capacidade de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura para pesquisa e desenvolvimento em áreas correlatas à bioeconomia nacional;
- aspectos científicos, tecnológicos, mercadológicos, regulatórios e ambientais da bioeconomia nacional e mundial;
- capacidades produtiva, logística e de utilização industrial das biomassas brasileiras;
- tendências científicas e tecnológicas e de novos mercados mundiais ligados à bioeconomia;

- estudos e análises sobre oportunidades, riscos e desafios à bioeconomia dos biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica;
- acompanhamento e sugestões para adequação do marco regulatório em atividades ligadas à bioeconomia nacional;
- comparação entre políticas públicas, nacionais ou internacionais, envolvendo o desenvolvimento da bioeconomia;
- elaboração de propostas voltadas ao aproveitamento de oportunidades e superação dos desafios da bioeconomia nacional.

## 6. Agro Hub

### Objetivo

i. Os Hubs são espaços - físicos e/ou virtuais - nos quais empresas e startups podem trabalhar e ter acesso a contatos, investidores, mentores e fornecedores. Nesses ambientes férteis, os projetos têm maior facilidade para crescer, tanto pelo vasto networking, quanto pelo suporte para a aceleração. Uma Hub significa um lugar que agrega vários produtos ou serviços ao mesmo tempo, gerando mais valor para clientes da empresa ou da marca. Explicando de outra forma: é o lugar onde se encontra a solução para o problema levantado ou a necessidade, mesmo que exija diferentes tipos de serviço e especialidades.

ii. O Agro Hub em sistemas agroflorestais com cacauero é um hub virtual sobre o Ecossistema de inovação em sistemas agroflorestal com cacauero a ser gerido pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) que tem a finalidade de dar visibilidade e conectar as iniciativas de inovação que serão desenvolvidas no setor agropecuário com especial foco na agenda de transformação digital dos sistemas agroflorestais com cacauero envolvendo os biomas Mata Atlântica e Floresta Amazônica (SAC dos biomas MAFA 4.0). CGEE, (2020).

### Ações

- Fomentar Ambientes de Inovação em Sistemas agroflorestal com cacauero;
- Financiamento visando incentivar a criação de Startups;
- Proliferar Ecossistemas de Inovação;
- Dar o devido apoio a iniciativas de Inovação;
- Realizar parcerias e inovações abertas com Universidades e Icts;

- Inserir os Produtores Rurais nesses ambientes visando a utilização de tecnologias de ponta.

### Impactos

Acelerar a criação de startups voltadas à tecnologia da informação e gestão do agronegócio em sistemas agroflorestais em cacaueros.

## Considerações Finais

A crise do cacau modificou bastante o aspecto social, ambiental e econômico da região cacaueira, instigando assim a necessidade de buscar novas tecnologias, inovações no processo produtivo do fruto e na sua utilização. É importante aproveitar os projetos de agricultura alternativa, ressaltando a viabilidade econômica do cultivo do cacau, que culminará no aproveitamento integral de seus frutos (Carneiro et al., 2008). Estudos devem ser realizados visando novas estimativas na utilização dos resíduos de cacau, como combustível briquetado, para produção do biogás e de enzimas microbianas e utilização como biofertilizantes, a fim de favorecer o crescimento das regiões produtoras de cacau. O aproveitamento integral dos subprodutos e resíduos da pós-colheita do cacau está sendo tema de pesquisa desenvolvida pelo Ministério da Agricultura/CEPLAC, utilizando tecnologias que aperfeiçoem a produção cacaueira, resultando em acréscimo significativo da renda líquida do produtor de cacau, com menor dependência nas flutuações do mercado externo, do preço do produto. Um dado interessante sobre a importância de estudos para utilização desses subprodutos é que uma tonelada de cacau seco produz conjuntamente oito toneladas de casca fresca que são, na maioria das vezes, descartados (CEPLAC, 2012).

A viabilização de projetos para o desenvolvimento sustentável do cacau deve ser uma preocupação das autoridades competentes, visto que a história do cacau na Bahia se entrelaça com a da região cacaueira, responsável por criar uma cultura no sul da Bahia determinada pela atividade agrícola.

Um exemplo é a *Blue Stripes Urban Cacao* (2022), *startup* que produz alimentos reciclados que usam todo o cacau. Utiliza a “*upcycling*”, uma espécie de alquimia culinária que transforma o desperdício de alimentos em ouro comestível, é uma das tendências

ambientais mais encorajadoras em CPG (Bens de Consumo Embalados, na sigla em inglês). A *startup* trabalha no desenvolvimento de produtos CPG que utilizam todas as partes da fruta do cacau rica em antioxidantes e aproveitavam suas propriedades de superalimento. Neste processo, a polpa é prensada a frio para extrair água de cacau; a casca é moída e transformada em farinha sem glúten, e é também extraído o açúcar de cacau da fruta; adicionalmente a fruta é transformada em misturas para *smoothies* (Figura 6).

Até a amêndoa de cacau inteira pode ser preparada, coberta de chocolate polvilhado com a casca em pó e açúcar de cacau, em vez de cacau em pó. A variedade feita com manteiga de avelã contém três gramas de fibra e provê 11% da necessidade diária de ferro para um adulto, de acordo com a tabela nutricional da embalagem. Também esse produto é rico em magnésio e fósforo, entre outras coisas. As misturas de granola e os mixes da fruta da *Blue Stripes* garante a crocância das cascas moídas e sua mastigabilidade de pedaços de cacau seco. O açúcar de cacau é usado como adoçante.

Nem todos os novos alimentos reciclados podem agradar a todos os paladares, mas há um destaque: a *Blue Stripes Urban Cacao*, cujos investidores incluem a *Hershey Co.* Toda a linha de produtos da *startup* estreou na *Whole Foods* em maio de 2022 e a empresa está encerrando seu primeiro ano parcial de negócios com US\$ 4,5 milhões (R\$ 23,2 milhões na cotação atual) em vendas. Para 2023, a estimativa é triplicar essas vendas.

Inspirado no CGEE (2022), sugere-se a criação do observatório em Bioeconomia em Cacau tendo como missão apoiar o desenvolvimento da bioeconomia brasileira em cacau, provendo inteligência estratégica para subsidiar a tomada de decisão em políticas públicas e em questões acadêmicas e empresariais, criando um espaço integrado, estruturado e interativo, para orquestrar a criação, a análise e o compartilhamento do conhecimento sobre bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacau. Esse observatório terá quatro áreas de excelência em bioeconomia em cacau: a) Recursos e Conhecimento; b) Mapa de capacidades; c) A bioeconomia em números; d) Os serviços em inteligência.

A área de Recursos e Conhecimento terá como finalidade apresentar aspectos regulatórios relacionados à bioeconomia em cacau, programas e planos nacionais e internacionais e informações sobre mecanismos de financiamento para a bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacau. A operacionalização desta seção consistirá no mapeamento e seleção das fontes de dados que serão coletados, classificados, analisados e disponibilizados, garantindo a identificação e o acesso a banco de dados relevantes e atualização periódica da informação.

O mapa de capacidades visa oferecer ao usuário uma ferramenta visual, quantitativa e descritiva sobre as capacidades em Ciência, Tecnologia e Inovação - CTI em bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacau no Brasil. Essas capacidades serão apresentadas na forma de atores, programas e



Figura 6. Linha de produtos fabricados sob encomenda para rede Whole Foods.

iniciativas. As informações no Mapa de Capacidades serão georreferenciadas e poderão ser visualizadas através de um mapa interativo que apresentará a descrição da capacidade consultada.

A bioeconomia em números visa oferecer uma ferramenta de visualização de dados estatísticos sobre a atual situação da bioeconomia em sistemas agroflorestais com cacauzeiros. O objetivo será permitir que o usuário pudesse extrair e compilar informações organizadas e de interesse sobre a bioeconomia em cacau para auxiliá-lo em tomadas de decisão ou na produção de conteúdo técnico-científico. A ferramenta ainda auxiliará no propósito de informar os usuários sobre a dimensão da bioeconomia nacional em cacau.

Os serviços em inteligência em cacau visará disponibilizar de forma contínua uma série de boletins periódicos e temáticos, desenvolvidos pela CEPLAC em parceria com CGEE em conjunto com instituições parceiras. O OBio em sistemas agroflorestais com cacauzeiros oferecerá aos seus usuários diagnósticos e proposições que permitam análise, planejamento e agenda estratégicos úteis ao design de políticas de incentivo à CTI em bioeconomia em cacau, bem como à competitividade do país e de suas unidades de produção públicas e privadas.

Muitos conhecimentos precisam ainda ser apropriados e gerados com relação a Bioeconomia. De acordo com Santos e Silva et al. (2021) foram identificadas quais são os principais campos de estudos considerados como parte da bioeconomia, tendo sido evidenciado também como as características regionais influenciam na definição desses campos.

A partir da análise da literatura, foi possível observar um foco na área de produção de biocombustíveis e bioenergia, principalmente a partir da biomassa da cana-de-açúcar. Dos 15 clusters, nove estavam diretamente associados a matérias-primas renováveis (MRR), enquanto os outros seis estavam relacionados aos temas de bioprodutos, processamento e economia circular. Quando se considerou o número de publicações por estado brasileiro, a supremacia foi da região Sudeste, especialmente o estado de São Paulo, na produção científica sobre bioeconomia. Alguns países mostraram grande interesse para temas específicos, tais como Finlândia no cluster de biomassa florestal, Malásia no cluster de óleo de palma, Brasil no cluster de palha de cana de açúcar e os EUA no cluster da biomassa de milho.

O trabalho em referência apresentou os resultados de uma rede de similaridade semântica construída a partir de uma metodologia bola de neve sobre o termo bioeconomia. Os resultados enfatizaram principalmente a influência das características regionais nos tipos de publicações sobre bioeconomia, a predominância dos setores de biocombustíveis e bioenergia no assunto e a ênfase em tratar a bioeconomia pela dimensão da biomassa ou matérias-primas renováveis.

Nesse contexto e considerando-se a possibilidade de inserção ampla dos enfoques evidenciados no trabalho, ressalta-se que "a consolidação da bioeconomia é responsabilidade de todos nós. Cada um tem um papel fundamental nesta discussão: os governantes precisam estar empenhados em apoiar políticas ambientais; os consumidores precisam ter consciência da origem dos produtos que consomem, bem como buscar a redução do desperdício e correto descarte do lixo, e a iniciativa privada precisa incorporar a sustentabilidade como pilar fundamental da estratégia" ((Martins, 2021).

Na mesma linha, ressaltam-se assertivas contextualizantes de Ricardo Abramovay, professor sênior do Programa Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), citado por Martins (2021), de que a biodiversidade tem de estar no comando da economia, no sentido de que "Não se trata de fazer um concerto aqui, outro ali. Precisamos repensar o conjunto da vida econômica e, sobretudo, a nossa capacidade de compatibilizar a satisfação das necessidades humanas com a manutenção, a preservação e a regeneração da biosfera e dos serviços ecossistêmicos que ela nos oferece e dos quais nós dependemos".

## Literatura Citada

- AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. 2017. The role of biomass, bioenergy and biorefining in a circular economy. Disponível em: [https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload\\_mm/9/1/0/64005b9b-e395-497e](https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/9/1/0/64005b9b-e395-497e). Acesso em: 29/09/2021.
- AGYEMAN, K. O. G.; OLDHAM, J. H. 1986. Utilization of Cocoa By-products as an Alternative Source of Energy. *Biomass* 10:311-318.
- AMBROZIO, A. M. et al. 2020. A difusão da agenda ESG no Brasil e no mundo. Agência de Notícias do BNDES, Brasília, DF, 23/10/2020. Disponível em: <https://>

- agenciadenoticias.bndes.gov.br/blogdodesenvolvimento/detalhe/A-difusao-daagenda-ESG-no-mundo-e-no-Brasil/. Acesso em: 30/05/2021.
- BAKAN, B. et al. 2022. Circular Economy Applied to Organic Residues and Wastewater: Research Challenges. *Waste and Biomass Valorization* 13: 1267-1276. Doi: 10.1007/s12649-021-01549-0.
- BARAZETTI, V. M.; LIMA, T. M.; SODRÉ, G. A.; GROSS, E. 2022. Management perspectives aimed at maximizing the production of secondary metabolites from medicinal plants in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 96:681-695. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00731-0>. Acesso: 29/05/2023.
- BASTOS, B. G. et al. 2022. Bioeconomia, economia circular e agroindústria 4.0: proposições para as transições tecnológicas emergentes. *Revista do Desenvolvimento Regional - Faccat (Brasil)* 19 (1):312-338.
- BENTSEN, N. S.; FELBY, C. 2010. Technical potentials of biomass for energy services from current agriculture and forestry in selected countries in Europe, The Americas and Asia. *Forest & Landscape Working Papers* 54: 31. Disponível em: [http://www.environmentportal.in/files/techpotentbiomasswp55\\_001.pdf](http://www.environmentportal.in/files/techpotentbiomasswp55_001.pdf). Acesso em: 20/03/2022.
- BLUE STRIPES URBAN CACAO. 2022. Startup apoiada pela Hershey's coloca o cacau na nova onda da reciclagem. Disponível: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/12/hershey-backed-blue-stripes-colocam-o-cacau-na-nova-onda-da-reciclagem/>. Acesso em: 29/12/2022.
- CARNEIRO, W. M. A. et al. 2008. A agroindústria de alimentos derivados de cacau no nordeste brasileiro. Rio Branco, Acre, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.
- CAÑADAS, A. et al. 2022. Green Synthesis of Antibacterial Silver Nanocolloids with Agroindustrial Waste Extracts, Assisted by LED Light. *Colloids Interfaces* 6(4): 74. <https://doi.org/10.3390/colloids6040074>. Acesso:29/05/2023.
- CE 100 BRASIL. 2017. Uma economia circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial. Produto da inteligência coletiva dos membros da rede CE100 Brasil, Janeiro de 2017.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2020. Oportunidades e Desafios da Bioeconomia. Arquitetura Operacional de um Knowledge Hub em Bioeconomia. Brasília, DF, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 50p.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2020a. Oportunidades e Desafios da Bioeconomia Nota técnica - Análise de modelos de governança. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília - Distrito Federal.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2020b. Perspectivas da Bioeconomia Brasileira com Base em Inovações Tecnológicas e de Mercado. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília - Distrito Federal.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. 2022. Observatório de Bioeconomia. Rio Innovation Week. Rio de Janeiro, RJ.
- CECHIN, A.; VEIGA, J. E. 2010. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu Roegen. *Revista de Economia Política* 30(3):438-454.
- CEPLAC. 1984. Projeto aproveitamento Integral dos Recursos da Empresa Cacauera – Projeto PAI. In: Ferreira, H. I. S. (Coord.). Centro de Pesquisas do cacau e Departamento de apoio ao desenvolvimento. CEPLAC/CEPEC. Ilhéus/Bahia/Brasil.
- CHEPOTE, R. E.; SANTANA, J. L. C.; De LEON, F. 1990. Como utilizar composto de casca de cacau na adubação do cacauero. *Difusão Agropecuária (Brasil)* 2(1): 11-17.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. 2017. Economia circular uma abordagem geral no contexto da indústria 4.0. Brasília, DF.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA- CNI. 2019. Economia circular: caminho estratégico para a indústria brasileira. Brasília, DF.
- COMISSÃO EUROPEIA. 2022. Direcção-Geral da Investigação e Inovação, Política europeia de bioeconomia – Balanço e evolução futura: relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões, Serviço das Publicações da União Europeia União. Disponível:[https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651/european-bioeconomy-policy-KI0122230ENN\(2\).pdf](https://data.europa.eu/doi/10.2777/997651/european-bioeconomy-policy-KI0122230ENN(2).pdf). Acesso em: 20/06/2022.
- COTTA, M. K. et al. 2008. Quantificação de biomassa e geração de certificados de emissões reduzidas no consórcio seringueira-cacau. *Revista Árvore, Viçosa-MG* 32, (6): 969-978.
- DINIARDI, E. M.; ARGO, B. D.; WIBISONO, Y. 2020. Antibacterial activity of cocoa pod husk phenolic extract against *Escherichia coli* for food processing. Doi:10.1088/1755-1315/475/1/012006.
- ESPOSITO, B.; SESSA, M.; SICA, R. D.; MALANDRINO, O. 2020. Towards Circular Economy in the Agri-Food Sector. a systematic literature review. *Sustainability* 12(18):7401. Disponível: <https://doi.org/10.3390/su12187401>. Acesso em: 20/08/2022.

- EMBRAPA. 2022a. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira. Em progresso: economia circular. Brasília, DF, Embrapa. Disponível: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/bioeconomia-em-progresso-economia-circular>. Acesso em: 20/08/2022.
- EMBRAPA. 2022b. Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira. Megatendências/Sustentabilidade: resíduos da agroindústria. Brasília, DF, Embrapa. 212p. Disponível: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/bioeconomia-em-progresso-residuos-da-agroindustria>. Acesso em: 20/08/2022.
- EUROPEAN COMMISSION. 2022a. European bioeconomy policy – Stocktaking and future developments : report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Publications Office of the European Union. Doi:10.2777/997651
- EUROPEAN COMMISSION, 2022b. European Bioeconomy Strategy Progress Report. European Bioeconomy Policy: Stocktaking and future developments. Disponível: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/report-com2022283>. Acesso em:29/05/2023.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2018. The circular economy and the bioeconomy Partners in sustainability. EEA Report No 8/2018.
- EUROPEAN PARLIAMENT. 2015. Circular Economy: definition, importance and benefits. Brussels. Disponível: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>. Acesso em: 29/05/2023.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2013. Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes: EMF, 2013. Disponível: [https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Towards\\_A\\_Circular\\_Economy.pdf](https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Towards_A_Circular_Economy.pdf). Acesso em: 29/05/2023.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2016a. ‘Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe’. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>. Acesso em:28/05/2023
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2016b. ‘Circular Economy in India: Rethinking Growth for Long-Term Prosperity’. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-in-india>. Acesso em: 28/05/2023
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2017. Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- GEORGESCU ROEGEN, N. 1971. The entropy law and the economic process. Cambridge, Harvard University Press.
- GONZALES, A. D. F. et al. 2013. Desenvolvimento sustentável para o resgate da cultura do cacau baseado no aproveitamento de resíduos. Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente 1(2): 41-52.
- HAMAM, M. et al. 2021. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: a review. Sustainability. 13 (6): 3453. <https://doi.org/10.3390/su13063453>.
- IBERDROLA. 2022. Bioeconomia: os desafios de um modelo-chave para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/bioeconomia-isso-e>. Acesso em 12/12/2022.
- JENSCH, C.; SCHMIDT, A.; STRUBE, J. 2022. Versatile Green Processing for Recovery of Phenolic Compounds from Natural Product Extracts towards Bioeconomy and Cascade Utilization for Waste Valorization on the Example of Cocoa Bean Shell (CBS). <https://doi.org/10.3390/su14053126>.
- JRC. 2020. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120324>.
- KUMEH, E. M. et al. 2021. Customary power, farmer strategies and the dynamics of access to protected forestlands for farming: Implications for Ghana’s forest bioeconomy. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102597>. Acesso em:29/05/2023.
- MARDIYANI, S. A.; SUNAWAN, A. E.; PAWESTRI, A. E. 2018. Application of neem (*Azadirachta indica*) as biological pesticides in cocoa seed (*Theobroma cacao*) storage using various local adsorbent media. Disponível: Doi 10.1088/1755-1315/131/1/012001. Acesso em 29/05/2023.
- MARTINS, C. 2021. Bioeconomia circular está em pleno processo de construção. Revista O Papel 179:70-80. Disponível: [http://www.revistaopapel.org.br/edicoes\\_impresas/179.pdf](http://www.revistaopapel.org.br/edicoes_impresas/179.pdf). Acesso em: 29/12/2022.
- MCTIC/CGEE. 2018. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Bioeconomia - PACTI. Brasília, DF, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

- MENDES, J. F. et al. 2021. Development of quaternary nanocomposites made up of cassava starch, cocoa butter, lemongrass essential oil nanoemulsion, and brewery spent grain fibers. Doi:10.1111/1750-3841.15689.
- MJV. 2023. Bioeconomia: como a biodiversidade, tecnologia e inovação podem gerar oportunidades para as empresas. Disponível: <https://www.mjvinnovation.com/pt-br/blog/bioeconomia>. Acesso em: 27/05/2023.
- MONTIBELLER FILHO, G. 1993. Ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável: conceitos e princípios. *Textos de Economia* 4(1):131-142.
- MORORÓ, R. C. 2012. Aproveitamento dos derivados, subprodutos e resíduos do cacau. In: Valle, R. R. (Ed.). *Ciência, tecnologia e manejo do cacau*. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC. pp.596-672.
- MÜLLER, M.W.; GAMA-RODRIGUES, A.C. 2012. Sistemas agroflorestais com cacau. *Ciência, Tecnologia e Inovação*. Segunda edição. Editor Raúl René Valle. (PDF) *Sistemas Agroflorestais com Cacau* (researchgate.net). Pp. 407-436.
- PALHARES, J. C. P. 2019. Desafios ambientais para a produção animal brasileira. In: Zuin, L. F. S.; Queiroz, T. R. (org.). *Agronegócios: gestão, inovação e sustentabilidade*. 2.ed. São Paulo, SP, Saraiva Educação. pp.313-339.
- PAMPLONA, L.; SALARINI, J.; KADRI, N. 2021. Potencial da bioeconomia para o desenvolvimento sustentável da Amazônia e possibilidades para a atuação do BNDES. *Revista BNDES* 28 (56): 55-86. Disponível: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22024/1/02-BNDES-Revista56-PotencialBioeconomia.pdf>. Acesso em: 29/05/2023.
- PEREIRANETO, J.A. 2012. Estoques de Carbono em Sistemas Agroflorestais de Cacau como Subsídios a Políticas de Serviços Ambientais. Tese de Doutorado. UFPA.
- PEREIRA, I. de O. 2013. Viabilidade da utilização da casca do cacau como combustível no aquecimento de ar para secagem de amêndoas de cacau. Tese de Doutorado. UFV, Viçosa, MG. 123p.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO-PNUD. 2012. Índice de Desenvolvimento Humano. PNUD Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>. Acesso em: 15/05/2021.
- ROCHA, B. R. P. 2009. Utilização de resíduos de biomassa de Açai e Cacau para produção de energia. Programa ENERBIO/UFPA. Disponível: <http://cenbio.iee.usp.br>. Acesso em 13/10/2009.
- SANTOS, L. R. et al. 2021. Levantamento dos dados da flora das cabucas e estimativa de estoque de carbono, utilizando a ferramenta GHG Protocol. Ilhéus, BA, UESC/Instituto Arapiaú.
- SANTOS E SILVA, D. F. et al. 2021. Unravelling the bioeconomy - a semantic similarity analysis of scientific publications. Center for Strategic Studies and Management (CGEE) - SCS Quadra 9 - torre C - 4 th floor, room 401 - 405. Ed. Parque da Cidade Corporate. Brasília. Brazil.
- SODRÉ, G. A. et al. 2012. Extrato da casca do fruto do cacau como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacau. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34(3):881-887.
- SYAMSIRO, M. et al. 2012. Um estudo preliminar sobre o uso da casca do cacau como fonte renovável de energia na Indonésia. *Energia para o desenvolvimento sustentável* 16(1):74-77.
- TRIPATHI, N. et al. 2019. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. *Climate and Atmospheric Science*, Article number 35. Disponível:<https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5>. Acesso em: 29/05/2023.
- VAZ JUNIOR, S. 2018. *Biomass and Green Chemistry: Building a Renewable Pathway*. Cham, Springer Nature. 252p.
- VÁSQUEZ, Z.S. et al. 2019. Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management* 1(90):72-83.
- VRIESMANN, L. C.; AMBONI, R. D. M. C.; PETKOWICZ, C. L. O. 2011. Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial Crops and Products* 34:1173-1181,
- ZUGAIB, A. C. C. et al. 2017. Valoração ambiental do sistema cacau cabruca para efeito de crédito rural no município de Barro Preto na Bahia. *Boletim Técnico* 208. Ilhéus, BA, CEPLAC/CEPEC.
- ZUIN, V. G.; SEGATTO, M. L.; ZANOTTI, K. 2020. Towards a green and sustainable fruit waste valorisation model in Brazil: optimisation of homogenizer-assisted extraction of bioactive compounds from mango waste using a response surface methodology. Disponível: <https://doi.org/10.1515/pac-2019-1001>. Acesso em: 29/05/2023.