



BIOECONOMIA AMAZÔNICA

uma navegação pelas
fronteiras científicas
e potenciais de inovação

Um roteiro de viagem pelas pesquisas nacionais
com a biodiversidade amazônica e por soluções
científicas e tecnológicas emergentes

FICHA TÉCNICA

Projeto da World-Transforming Technologies (WTT), com aplicação do framework de trabalho do Centro de Orquestração de Inovações (COI) e apoio da Konrad Adenauer Stiftung (KAS) e do Instituto Clima e Sociedade (ICS).

REALIZAÇÃO World-Transforming Technologies (WTT)

LIDERANÇA Andre Wongtschowski e Gaston Kremer (WTT)

ESTUDO E COORDENAÇÃO CIENTÍFICA Derval Rosa (UFABC) e Sueli Oliveira (UFABC)

COORDENAÇÃO DA PUBLICAÇÃO Ana Paula Morales (Agência Bori) e Sabine Righetti (Agência Bori e Unicamp)

CONSULTORIA CIENTÍFICA Michele R. Spier (UFPR); Pedro Campelo (UFV); Roger Bello (UEA)

DADOS Estevão Gamba e Fernanda Andrade (Agência Bori)

APOIO À PESQUISA Viviane Gomide (WTT) e Márcia Tait (Agência Bori e Unicamp)

ENTREVISTAS E EDIÇÃO Márcia Tait (Agência Bori e Unicamp)

ARTICULISTAS Carina Pimenta; Julia Sekula; Mariana Barrella; Ricardo Abramovay; e Tatiana Schor

DIAGRAMAÇÃO Cosmonauta

APOIO FINANCEIRO Konrad Adenauer Stiftung (KAS) e Instituto Clima e Sociedade (ICS)

As opiniões externadas nesta publicação são de exclusiva responsabilidade de seus autores.

SUMÁRIO

Um roteiro para navegar na produção sobre bioeconomia e novas tecnologias na Amazônia	4
WTT e COI: A ciência e Inovação para o desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia	7
WTT - A World-Transforming Technologies	7
COI - Centro de Orquestração de Inovações	7
Iniciando a navegação	8
Nossos condutores: coordenadores do estudo	10
Estudo sobre a produção científica nacional e potências emergentes	11
Prospecção (Screening).....	11
Principais áreas científicas encontradas nas buscas.....	12
Triagem e classificação.....	12
Principais Instituições	12
As principais matérias-primas	13
Uma tipologia para as pesquisas atuais em bioeconomia amazônica	14
Artigos selecionados: tipologias, autores e instituições	15
Um mergulho nas águas: nos aproximando da pesquisa e seus potenciais	17
Amido de cúrcuma como base para filme e embalagens	17
O murici e taperebá: potenciais de compósitos bioativos no tratamento do câncer	18
Microalgas amazônicas e novos biopolímeros	18
Novos usos para biomassa de tucumã	19
Os potenciais têxteis das fibras de tucum, buriti e tururi	19
A qualidade e versatilidade da fibra de tururi	20
Plantas amazônicas com eficácia contra efeitos nocivos do mercúrio	21
Outros olhares de quem navega: avanços das pesquisas com fibras vegetais amazônicas	22
Especialistas analisam: potenciais e desafios atuais da bioeconomia	26
Carina Pimenta – A importância da sociobioeconomia para os negócios comunitários	26
Julia Sekula – Uma revolução global dos mercados é potencializada por produtos da bioeconomia amazônica	29
Mariana Barrella – A necessária reinvenção das indústrias para geração da sustentabilidade dos plásticos	31
Ricardo Abramovay – A natureza como valor ético e econômico deve nortear as atividades produtivas.....	33
Tatiana Schor – Ciência e tecnologia devem ser aliadas da preservação e promoção do uso sustentável da biodiversidade com redução das desigualdades	34
Seguir navegando é preciso	36
Glossário	37
Bibliografia e referências adicionais consultadas no estudo.....	39



Um roteiro para navegar na produção sobre bioeconomia e novas tecnologias na Amazônia

“A floresta tem som e ruídos das plantas, do vento, da Curupira. E tudo é música. Até o silêncio é cheio de ruídos”, já dizia o músico Jorge Mautner, quando estava a bordo do projeto Navegar a Amazônia¹, em que atuou junto com inúmeras comunidades tradicionais, indígenas e ribeirinhas deste vasto território. Essa natureza - rica em cores, sons, aromas, em **biodiversidade** - sempre foi a grande fonte de atenção e inspiração para o conhecimento humano, seja ele tradicional ou científico.

No Brasil, a natureza foi e continua sendo abundante. Somos, sem dúvida, um dos países mais biodiversos do mundo. O **bioma amazônico**² é continental, ocupa quase metade do território do país, é compartilhado com países vizinhos e se destaca como um território de megabiodiversidade. O número total de espécies de animais e plantas ainda é um mistério, mas estima-se que existam pelo menos 30-40 mil espécies apenas de plantas.

Esse território apresenta não apenas vida e sons de árvores e bichos, mas é o local onde vivem comunidades de pessoas, que convivem historicamente com essa biodiversidade. É essa interação entre natureza e conhecimentos amazônicos, entre pessoas e o bioma, que se convencionou chamar de sociobiodiversidade.

Nesta **publicação**, realizada pela World-Transforming Technologies (WTT) e coordenada pela Agência Bori, trazemos os principais resultados de um estudo realizado sobre as pesquisas desenvolvidas

por cientistas brasileiros em universidades do país que contribuem para a geração de novos conhecimentos e possíveis inovações a partir da sociobiodiversidade amazônica. Os objetivos centrais deste estudo foram realizar um mapeamento de pesquisas recentes (publicadas em artigos científicos) relacionadas a biodiversidade amazônica, analisar seus potenciais e dar-lhes visibilidade, principalmente para aquelas com potencial de aplicações para o desenvolvimento da bioeconomia na região. Para explorar os resultados apresentados nos artigos em maior profundidade realizamos conversas com alguns dos seus autores pesquisadores e, para trazer outros olhares para essa discussão convidamos especialistas no tema da bioeconomia para contribuir com artigos de opinião.

Antes de seguir com os resultados e análises, parece importante um último esclarecimento inicial: O que é, afinal, bioeconomia? Quais as especificidades envolvidas em trabalhar com a bioeconomia amazônica?

O **“bio” de bioeconomia** se refere à vida e à natureza e, como trouxemos anteriormente, está profundamente implicado com a biodiversidade. Diz respeito à relação entre riqueza natural e econômica, à geração de desenvolvimento, arranjos produtivos e negócios que se beneficiem dessa diversidade da vida e seus componentes específicos, por exemplo, plantas, ativos de plantas, mecanismos de funcionamento e os conhecimentos tradicionais sobre suas características e usos.

¹ O projeto de “barco multimídia” esteve ativo entre 1996-2011. Além de Mautner, a equipe era composta por Jorge Bodanzky, Roberto Lacerda e Evaldo Mocarzel, entre outros. O barco estava equipado com laboratório multimídia para ensinar e aprender com as populações locais e produzir junto com elas produções audiovisuais. Para saber mais sobre o projeto e documentários produzidos: <https://amazonialatitude.com/2020/12/04/jorge-mautner-navegar-roteiros-da-amazonia/>

² Nos seis biomas brasileiros - Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal - encontramos grande biodiversidade e muito ainda precisa ser estudado e descoberto pela ciência. Para saber mais sobre os biomas brasileiros: <https://oeco.org.br/noticias/biodiversidade-em-pauta-um-guia-para-comunicadores/>. Especificamente sobre o bioma amazônico: <https://ispn.org.br/biomas/amazonia/fauna-e-flora-da-amazonia/global-do-clima>.



Também diz respeito a como fazer tudo isso de forma sustentável (que, se possível, contribua para gerar mais sustentabilidade) e de modo que esta riqueza econômica seja compartilhada socialmente, principalmente, por quem habita os territórios onde está concentrada a biodiversidade. Na prática, segundo o cientista Carlos Nobre³, climatologista e coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT), a ideia é a de que os recursos naturais, os sistemas biológicos e as novas tecnologias se somariam para criar soluções mais sustentáveis que gerem impactos positivos para a natureza, sociedade e para as comunidades envolvidas e a sociedade.

Desenvolvendo essa ideia, a bioeconomia deve conseguir gerar riqueza econômica com a riqueza biológica sem desconsiderar que a biodiversidade e a natureza possuem um valor em si que é incontestável e de grande relevância para o equilíbrio ecológico planetário e o bem-estar da sociedade, que deveria ser “um valor de natureza ético-normativa”, como nos diz Ricardo Abramovay⁴. Para o pesquisador, a bioeconomia deveria aplicar a ciência e a tecnologia “com respeito, sobriedade e busca de sentido para a oferta dos bens e serviços que compõem nossas vidas” e no intuito de promover “a emergência de uma vida social que regenere os tecidos socioambientais que, até aqui, o crescimento econômico vem sistematicamente destruindo”.

Ivete Cattani e Lais Pennas, estudiosas das fibras do buriti e do tucum⁵ e do seu uso para artesanato por comunidades amazônicas nos trazem olhares que aprofundam esses entendimentos sobre a bioeconomia amazônica. A palmeira do buriti é conhecida pelas comunidades com as quais elas trabalharam como “árvore da vida” - tudo se aproveita, recicla, regenera. “Onde há buriti, há água”. O tucum, com seu “fio da lealdade”,

conta com a lealdade de quem o utiliza e “conhece e respeita os limites” para sua coleta.

Também com enfoque na **bioeconomia na Amazônia**⁶, Carina Pimenta⁷ analisa que estamos nos referindo a uma “economia capaz de usar a riqueza natural de maneira sustentável, gerando dois benefícios principais: conservação dos biomas naturais; melhoria do bem-estar das populações amazônicas, sobretudo aquelas que vivem da/na floresta e que detêm muito conhecimento sobre ela”.

Esses olhares se complementam na ênfase sobre a importância do desenvolvimento de soluções sustentáveis e que agreguem valor direto para as comunidades e contribuam para a conservação do bioma. Mas também é importante dizer que esses conhecimentos e soluções já vêm sendo produzidos. O Brasil é líder mundial na produção de conhecimento científico no tema de **biocompostos amazônicos** e esse volume cresce anualmente desde 2012, segundo o estudo do projeto **Emerge Amazônia**⁸. Ainda que o cenário seja promissor, é necessário considerar a necessidade de atenção e ações permanentes para que o conhecimento científico gere de fato inovações e produtos. Como analisam os responsáveis pelo estudo, grande parte do conhecimento científico se refere a processos de desenvolvimento tecnológico ainda iniciais, no conhecido “vale da morte da inovação”. Outros pesquisadores que trabalham com a região mostram a necessidade de pensar no desenvolvimento de tecnologias sociais⁹ que contribuam para “harmonizar e potencializar a tecnologia para ser utilizada no complexo ecossistema amazônico com a participação das comunidades”, o que significaria ampliar a capacidade de “elaborar de forma participativa e responsável, uma revolução da ciência, da tecnologia e da inovação (CT&I), com transferência e adoção de tecnologias apropriadas à Amazônia capazes de garantir plenitude de convivência, respeito e

³ Entrevista com Carlos Nobre, disponível em: <https://www.amazoniasocioambiental.org/pt-br/radar/amazonia-4-0-a-criacao-de-ecossistemas-de-inovacao-e-o-enraizamento-de-uma-nova-bioeconomia-entrevista-especial-com-carlos-nobre/>

⁴ Para ler o artigo completo de Ricardo Abramovay, ver seção “Especialistas analisam: potenciais e desafios atuais da bioeconomia”

⁵ Consultar pág. 19 para conhecer mais sobre pesquisas com fibras do buriti e tucum.

⁶ Para acompanhar mais sobre discussões atuais em torno a bioeconomia na Amazônia, ver: <https://ocaa.org.br/qual-e-a-bioeconomia-que-a-amazonia-quer/>

⁷ Para ler o artigo completo de Carina Pimenta, ver a seção “Especialistas analisam: potenciais e desafios atuais da bioeconomia”.

⁸ Resultados do estudo Emerge Amazônia com dados gerados por meio da plataforma Scopus entre os anos de 2010-2020. Para saber sobre este estudo acesse: <https://emergebrasil.in/amazonia/>

⁹ Para saber mais sobre tecnologias sociais em geral e em contextos amazônicos, consultar “Tecnologias sociais como instrumento de apoio ao desenvolvimento comunitário na região amazônica” em: <http://nides.ufrj.br/images/imagens/programas/SOLTEC/Publicacoes/Livro3.pdf>



reciprocidade”.

Por isso, é tão importante ampliar a colaboração entre Institutos de Ciência e Tecnologia com foco em soluções e desenvolvimento tecnológicos concretos. Este é um dos objetivos de atuação principal da WTT. “Sabemos que o Brasil pode contribuir nesse sentido, já que pesquisadores brasileiros são responsáveis pela produção de ciência de altíssima qualidade, reconhecida internacionalmente e com amplo potencial de transformação socioambiental”, explica Andre Wongtschowski, Diretor de Inovação da WTT. Por isso, a partir das suas áreas de especialidade, capacidade e interesse, o COI busca estimular projetos nos quais esses

pesquisadores possam atuar coletivamente e com objetivo comum, trazendo respostas eficazes para o enfrentamento dos obstáculos atuais da sociedade brasileira, comenta Wongtschowski.

Concluimos esta seção com um convite para navegar no conteúdo desta publicação e em nossa proposta de roteiro para pensar a bioeconomia amazônica. Esperamos que a leitura deste material - os resultados do estudo sobre os potenciais e desafios emergentes das pesquisas e as análises de especialistas convidados - irrigue e prolifere ideias inovadoras, projetos transformadores e ações para o desenvolvimento econômico, social e ambiental da Amazônia e do Brasil.



Palmeiras de buriti às margens do Rio Preguiças, Maranhão. Foto: Mauro Goulart



WTT e COI: A ciência e Inovação para o desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia como uma missão

WTT - A World-Transforming Technologies

A WTT é uma fundação criada para promover a inovação como ferramenta para a superação de desafios sociais e ambientais. Em sua atuação, tem por principal objetivo desenvolver ações que contribuam para acelerar o desenvolvimento, a experimentação e a disseminação de inovações tecnológicas, sociais e em modelos de negócio, com a intenção de promover o desenvolvimento sustentável e oferecer respostas eficazes para o enfrentamento dos grandes desafios sociais e ambientais da atualidade.

Em 2020, a WTT implementou uma importante ação estratégica com a criação do Centro de Orquestração de Inovações, o COI. Ele surgiu para “orquestrar” colaborações científicas em torno de objetivos comuns vinculados à criação de soluções que façam frente aos grandes desafios do Brasil. Para isso, tem atuado promovendo articulações entre cientistas, sociedade civil, setor privado e governos visando a geração de desenvolvimento econômico, equidade social e a superação da crise ambiental e da emergência climática.

COI - Centro de Orquestração de Inovações

O COI reúne pesquisadores e especialistas brasileiros/as com trajetórias de impacto científico e social reconhecidas, formando equipes multidisciplinares e criando condições para que trabalhem juntos para desenvolver inovações que respondam aos problemas sociais e ambientais do país.

As equipes e os projetos desenvolvidos no COI

são estruturados dentro de uma concepção de “políticas de inovação orientadas por missões”, ou seja, por uma série de metas e práticas abrangentes dentro de uma problemática social e ambiental para os quais se buscam soluções com base na ciência e tecnologia. Isso permite que as missões tenham como objetivos finais a melhora da qualidade de vida, a redução das desigualdades e o enfrentamento da crise climática.

O interesse da WTT em criar uma missão para canalizar a ciência brasileira em direção a soluções em bioeconomia não é recente. As iniciativas começaram a se materializar em 2018, quando a fundação iniciou uma ampla pesquisa e consulta pública para conhecer diferentes estratégias de inovação orientadas a missões. Esta busca esteve baseada numa percepção e, ao mesmo tempo, em uma aposta na qualidade da ciência produzida no Brasil. Assumiu-se como meta a busca de pesquisas promissoras em uma interação muito próxima com universidades e instituições de pesquisa brasileiras, especialmente da região norte e amazônica.

“Sempre tivemos convicção de que – apesar de todos os desafios estruturais e conjunturais para prática da pesquisa no Brasil, ainda mais pronunciados em algumas regiões – de que possuíamos recursos humanos e pesquisas de qualidade e relevância para gerar inovações e desenvolvimento econômico e social”, Andre Wongtschowski, um dos líderes da missão da WTT direcionada à bioeconomia.

Na missão de bioeconomia, o COI começou atuando com ênfase no tema de

¹⁰ Conheça o trabalho da WTT: <http://www.wttventures.net/>



biopolímeros na região amazônica. Para isso, estabeleceu importantes parcerias – como com o Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam), a Konrad Adenauer Stiftung (KAS) e o Instituto Clima e Sociedade (iCS). Também foi realizada uma aproximação com diversas instituições de pesquisa do Brasil, interagindo com pesquisadores e grupos que são referência no tema biopolímeros, visando formar uma equipe de excelência para o desenvolvimento de um tipo particular de material: o polipropileno incorporado de fibras amazônicas. O COI também se aproximou de empresas da região com interesse em produzir ou consumir esse material, completando assim as etapas de extração, beneficiamento inicial, transporte, produção e distribuição que compõem uma cadeia de valor de ponta a ponta.

Esse processo também levou o COI a entender que sua atuação vai além da articulação das colaborações científicas e inclui também a orquestração dos atores que dão forma a uma cadeia de valor completa.

A colaboração no tema de biopolímeros gerou ainda uma publicação em 2021¹¹, em que foi relatada parte da história da construção desse processo colaborativo, além de apresentar informações técnicas sobre a inovação que será posta em marcha. A publicação demonstra também a importância socioambiental da aplicação prática da ciência brasileira para o desenvolvimento desse tipo de tecnologia. “Seguimos apostando e trabalhando no sentido de dar visibilidade e potencializar colaborações como uma forma efetiva de fomentar soluções alinhadas à bioeconomia e ao desenvolvimento da região amazônica – e ir além, apontando horizontes de inovação para o Brasil”, reforça Wongtschowski.

A busca por resultados nessa temática requer paciência, principalmente pelo caráter inovador da ciência orientada por missões e pela natureza de médio e longo prazo do processo de P&D (pesquisa e desenvolvimento). Mas eles já começaram a aparecer, visto os resultados iniciais promissores das colaborações em andamento, a ampliação das parcerias estabelecidas pelo COI (com academia, indústria, setor privado,

governos e sociedade civil) e os estudos que foram e estão sendo elaborados. As parcerias formadas em variados campos indicam o caminho correto da orquestração de atores que o COI se propõe a fazer, e como o olhar para o desenvolvimento sustentável da Amazônia pode gerar grandes frutos locais, regionais, nacionais e, claro, global. Esses resultados iniciais reafirmam a convicção de que é possível gerar desenvolvimento econômico sustentável e inclusivo a partir do uso estratégico e aplicado da ciência de excelência produzida na Amazônia.

Avançando nesse caminho, foi dado início, no final de 2021, a um novo esforço de identificação de pesquisas promissoras relacionadas a insumos da biodiversidade amazônica, dessa vez expandindo a busca para Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs) de todo o Brasil. Neste novo estudo, os artigos científicos analisados mostram a potencialidade dos insumos amazônicos e de pesquisas desenvolvidas ou em desenvolvimento em temas diversos e estratégicos como: saúde (saúde pública, tratamento de câncer, medicina tradicional); alimentação e agricultura (alimentos funcionais, proteção e melhoramento de cultivos); tecnologias verdes e sustentabilidade (construção sustentável, energias limpas, redução e revalorização de resíduos e otimização de recursos); e novos materiais (biopolímeros).

A ciência tem uma enorme contribuição a dar para o desenvolvimento da bioeconomia da Amazônia. Dar visibilidade a esses estudos e orquestrar sua caminhada em direção à aplicação prática são algumas das contribuições que o COI se propõe a oferecer à comunidade científica, aos amazônidas e aos nossos tão importantes parceiros nessa jornada pelo desenvolvimento sustentável.

Iniciando a navegação

Para o bom navegar, é preciso estabelecer o caminho, as rotas e pontos de atenção e, claro, saber aonde se quer chegar! Assim também se iniciou o estudo que deu origem a esta publicação – com o desejo e planejamento direcionado pela missão da WTT e COI em bioeconomia e da busca e direcionamento de esforços científicos e inovativos a partir de insumos amazônicos e com potencial

¹¹ Um dos resultados importantes desta pesquisa foi a identificação de três tipos de bioplásticos com o potencial de serem trabalhados como projetos de desenvolvimento de soluções: o polipropileno verde (PP Verde), o poliestireno verde (PS Verde) e o poliuretano verde (PU Verde). Veja a publicação completa “Futuro do bioplástico têm raízes na Amazônia” (WTT, 2021) em: <https://bit.ly.com/NWggJi>.



para contribuição ao desenvolvimento socioeconômico com sustentabilidade ambiental em resposta às demandas o setor produtivo e da sociedade brasileira.

O estudo foi liderado pela WTT, realizado com o apoio da Agência Bori¹² e com produção da pesquisa e relatórios pelos pesquisadores Dr. Derval Rosa e Dra. Sueli Oliveira. O trabalho envolveu etapas de mapeamento da produção científica nacional, sistematização e análise das soluções científico-tecnológicas, e levantamento de perfil de pesquisadores e instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) envolvidos, entre outras.

A análise técnica, a realização do estudo e a publicação envolveram um processo de quatro etapas.

Na primeira etapa, de screening ou prospecção, foram definidas palavras-chave e realizadas buscas de artigos científicos a partir dos termos definidos. Na segunda etapa, foram realizadas a triagem, agrupamento e a classificação dos estudos. Foi realizada uma avaliação da qualidade e potencial das pesquisas e soluções, o que levou a outros desdobramentos que consideraram: o tipo de insumo, as aplicações e as características dos grupos de pesquisa envolvidos (localização, colaborações, diversidade), graus de inovação e maturidade das tecnologias. Essa etapa incluiu também uma pesquisa dos currículos e de bibliografias complementares dos autores dos estudos.

Em seguida, na terceira etapa, foram realizadas interações com alguns dos

autores dos estudos selecionados, com objetivo de ampliar o entendimento sobre o que tinha sido estudado. As entrevistas, feitas via videoconferência, ajudaram na elaboração de um texto jornalístico com informações adicionais sobre o contexto de desenvolvimento das pesquisas e trajetórias científicas. Finalmente, a quarta etapa consistiu na edição do conteúdo produzido no formato da presente publicação, juntando ao estudo cinco artigos de opinião elaborados por especialistas brasileiros/as na temática da bioeconomia. Esses autores e autoras dos segmentos científico, empresarial e governamental, apontam para os desafios e potenciais da bioeconomia brasileira e amazônica.

Os processos de mapeamento e análise dos potenciais de inovação emergentes foram estruturados segundo etapas que permitiram identificar, dentre um conjunto amplo de publicações científicas (um total de 621 estudos), 20 pesquisas inovadoras e sete prioritárias, que apresentavam aplicabilidades promissoras, adesão aos princípios da sustentabilidade e representativos das melhores práticas científicas.

Assim, esta publicação contempla uma síntese de todos esses esforços e seus principais resultados, buscando fornecer insights para novos estudos e articulação entre atores na busca por novas soluções – materiais, produtos, componentes, processos e empreendimentos – baseados na ciência e inovação e que tenham potencial de contribuir para o desenvolvimento da Amazônia e Brasil por meio da bioeconomia.



Paisagens amazônicas: Barco chegando a uma comunidade. Foto: Márcia Tait

¹² A Agência Bori é uma iniciativa única que conecta a ciência brasileira à imprensa de todo o país por meio do mapeamento da produção científica inédita e da sua divulgação de maneira explicada. Ver em: <https://abori.com.br/>

Nossos condutores: coordenadores do estudo



Derval dos Santos Rosa

Rosa é professor e pesquisador da Universidade Federal do ABC (UFABC), onde coordena o Laboratório de Materiais Ambientalmente Amigáveis. Na mesma universidade exerceu cargos de coordenador de curso, pró-reitor de Graduação, entre outros. É doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e possui pós-doutorado pela Universidade de Brighton, na Inglaterra. Coordenou dezenas de projetos de pesquisa financiados por empresas e agências de fomento e possui patentes e centenas artigos publicados em revistas científicas nacionais e internacionais.

Em seu trabalho como pesquisador tem buscado a valorização de resíduos e o desenvolvimento de novos materiais e produtos com alto valor agregado, como: nanocápsulas de óleos essenciais, materiais biodegradáveis, materiais porosos ambientalmente amigáveis e bionanocompósitos. Sua preocupação atual é a remoção de contaminantes emergentes da água utilizada por seres vivos, em especial dos metais potencialmente tóxicos. framework de trabalho do COI e que vislumbrou nos bioplásticos uma missão suficientemente desafiadora para ser o norte dos cientistas brasileiros rumo a uma importante transformação.



Sueli Aparecida de Oliveira

Oliveira é diretora-presidente da Oliveira Consultoria em Sustentabilidade. É especialista em Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e em Socioeficiência, tendo trabalhado na BASF S.A. por 28 anos, dos quais 12 em aplicação e mentoria em Ecoeficiência. É membro da Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV) e da Advances in Cleaner Production Network, integra o Grupo de Trabalho em Avaliação Social do Ciclo de Vida (GTACV-S) e participa na Comissão de ACV Social e dos Grupos de Trabalho (GT) Agro e Economia Circular da Rede Empresarial Brasileira de Avaliação de Ciclo de Vida (Rede ACV).

Doutora em Nanociências e Materiais Avançados pela Universidade Federal do ABC (UFABC), com mestrado em Ciências, ênfase em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP).

Concluiu um MBA em Gestão e Tecnologias Ambientais pelo Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PECE).



Estudo sobre a produção científica nacional e potências emergentes

Prospecção (Screening)

Na fase de prospecção, foi realizada uma consulta sistematizada na base de periódicos Web of Science e exploratória em bases como PubMed e Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA)¹³ da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), entre outras, que possibilitaram relacionar uma extensa gama de insumos oriundos da Amazônia e instituições de pesquisa dedicadas a compreendê-los. Essa consulta teve como foco identificar pesquisas capazes de representar a diversidade de aplicações possíveis, contemplando os princípios de sustentabilidade e de equilíbrio ambiental, social e econômico.

Na base internacional Web of Science, que reúne mais de doze mil periódicos científicos, foi realizado levantamento de artigos científicos publicados entre 2017 e 2021 por pesquisadores e pesquisadoras de

instituições de pesquisa brasileiras e seu resultado foi o principal insumo para a seleção, categorização e análise de pesquisas incluídas neste estudo e que serão apresentadas nesta publicação. Esse levantamento e seus refinamentos permitiram o agrupamento dos artigos científicos encontrados em quatro novos grupos, de acordo com os principais assuntos abordados nos estudos. Dessa forma foi possível, também, estabelecer associações que indicassem as potenciais aplicações e tecnologias estudadas, como apresentado no quadro abaixo.

O quadro a seguir traz os grupos de palavras-chave que foram utilizadas nas buscas dos artigos, definindo uma categorização temática geral e o número total de trabalhos encontrados vinculados a instituições de pesquisa brasileiras¹⁴.

Grupos	PALAVRAS-CHAVE	PUBLICAÇÕES - BRASIL	%
Grupo 1 materiais e embalagens	'Material' OR 'Packaging' OR 'DSC' AND 'Amazon' 'Materials'; 'Amazon', 'Packaging'; 'DSC'	512	47,8
Grupo 2 biocompostos e bioativos	'Biocomposites' OR 'Bioactives'; 'Vegetable extracts' OR 'Oils'	359	33,6
Grupo 3 atividades antioxidantes ou antimicrobianas	'Biopolymer' OR 'Biobased'; 'Antioxidant' OR 'Antimicrobial'	170	15,9
Grupo 4 fibras e reforços	'Amazon fibers'; 'Reinforce' OR 'Enhance'	29	2,7
Total de Artigos	Todas Buscas	1.070	100

Quadro 1: Total de artigos por grupos temáticos

¹³ A busca pela palavra-chave 'biopolymer' na BDPA resultou em 49 publicações. Esta base pode ser consultada em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/>

¹⁴ A primeira busca foi realizada utilizando as palavras-chave 'biopolymer in Brazil', obtendo 2.798 publicações como resultado. A amplitude desse retorno levou à realização de duas etapas de refinamentos das buscas: 1) com a inclusão da condição AND 'Amazon', que resultou em 141 publicações e 2) utilizando exclusivamente as palavras-chave 'biopolymer' e 'Amazon', que resultou em 236 publicações.

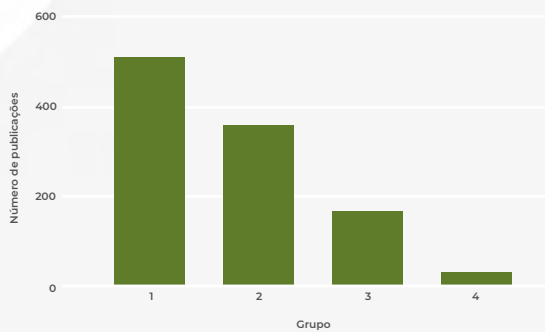


Gráfico 1: Quantidade de publicações por grupo: Grupo 1 (materiais e embalagens); Grupo 2 (biocompostos e bioativos); Grupo 3 (atividades antioxidantes e antimicrobianas); e Grupo 4 (fibras e reforços).

Principais áreas científicas encontradas nas buscas

As cinco principais áreas científicas que apareceram para o total de 1070 publicações encontradas na busca, segundo a classificação por categorias da Web of Science¹⁵, foram: ciências das plantas; ciências ambientais; ciência e tecnologia de alimentos; ecologia e bioquímica molecular.

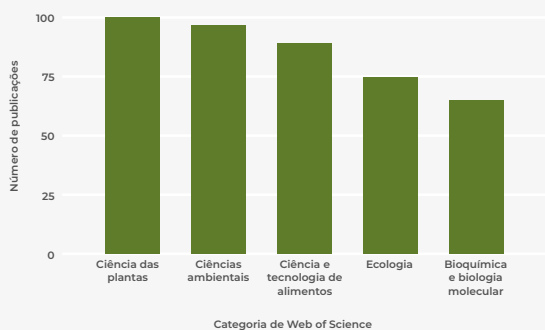


Gráfico 2: Resultados de artigos segundo as principais áreas científicas das publicações (categorias Web of Science)

Triagem e classificação

A partir da análise dos títulos, das palavras-chave e dos resumos dos **1.070 artigos científicos** encontrados foram removidos os trabalhos fora do escopo de interesse desta pesquisa. Assim, chegou-se em **621 artigos** aptos a seguir para a próxima fase, selecionados a partir da categorização mostrada acima de 1.070 artigos produzidos por autores de instituições de CT&I brasileiras. Foi, então, consolidada uma lista de ocorrências por insumo (ou matéria-prima), totalizando 191 materiais (ou famílias de materiais) descritos. Havendo artigos nos quais uma espécie (dentro de determinada Família) tenha sido claramente identificada, esta foi considerada

prioritariamente na contabilidade de artigos - e não como integrante daqueles artigos nos quais aparecessem em um nível taxonômico mais elevado (mais geral): Reino < Filo < Ordem < Família < Gênero < Espécie

Principais Instituições

Foi possível prospectar algumas tendências com relação à contribuição de instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) brasileiras ao conhecimento científico gerado a partir das pesquisas sobre os insumos oriundos da Amazônia. Foram observadas **10 principais instituições**, em um **universo total de 170 instituições**, responsáveis pelos 621 estudos publicados em artigos científicos, entre 2017 e 2021, incluindo também as estrangeiras que participaram em parcerias com as nacionais. Entre as dez principais, conforme representado no Gráfico 2:

Embrapa, Universidade Federal de São Paulo (USP), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Há predominância de instituições da região Norte e Sudeste do país, com destaque para a Embrapa e para universidades públicas federais e estaduais com mais de 50 artigos científicos: Embrapa (83 artigos), USP (77 artigos), UFAM (70) e Unicamp (60).

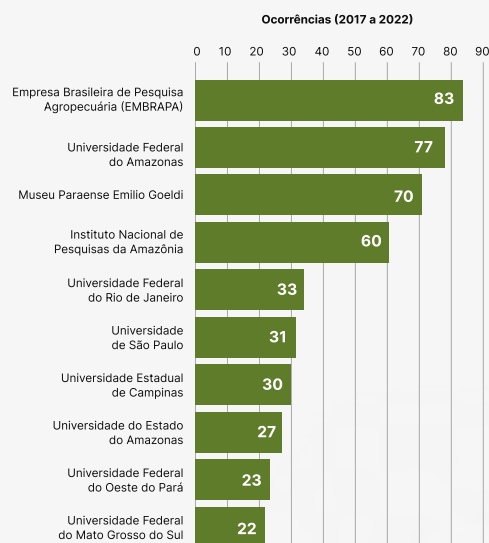


Gráfico 3. Número de estudos dedicados a insumos oriundos da Amazônia, nas 10 instituições de pesquisa de maior ocorrência, no período compreendido entre 2017 e 2021

¹⁵ As publicações receberam um total de 143 classificações diferentes de áreas, o gráfico representa as 5 principais.



As principais matérias-primas

Também foram verificadas as maiores ocorrências de matérias-primas ou insumos trabalhados nos artigos. Onze insumos apresentaram as maiores frequências de citações em estudos, superando 30%, - ou seja, **estavam presentes em 223 dos 621 estudos**. Essas matérias-primas estão no Gráfico 4, sendo em ordem de grandeza: açai, tucumã, buriti, piper, aniba, castanha do Brasil, andiroba, cupuaçu, lippia, guaraná e bacaba.

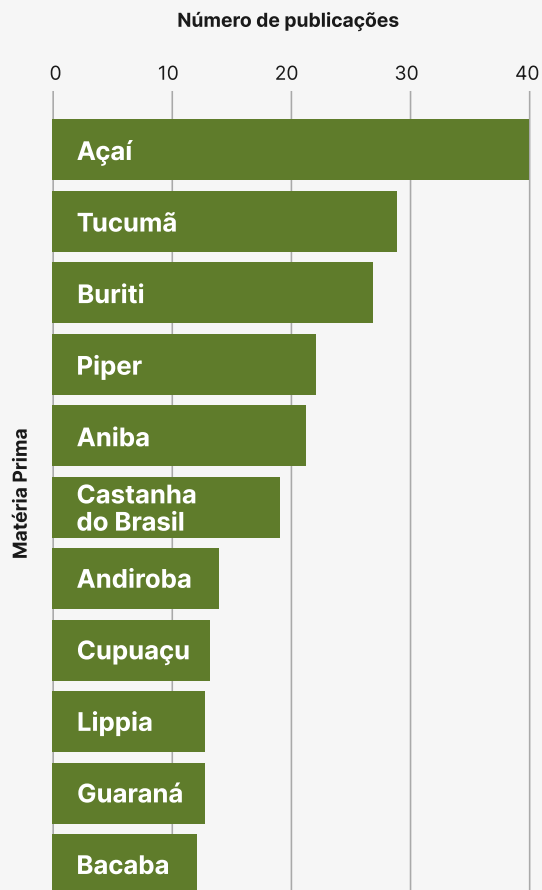


Gráfico 4. Onze matérias-primas mais frequentemente relatadas nos artigos

Esses 223 artigos foram submetidos a novos critérios de avaliação, entre os quais: 1) grau de inovação; 2) etapa do desenvolvimento (maturidade da tecnologia); 3) instituições de pesquisa envolvidas (colaborações e parcerias entre equipes locais, regionais ou internacionais).

Paralelamente, foram avaliadas as diferentes aplicações nas quais os pesquisadores concentraram seus estudos. Identificou-se um amplo uso dos insumos amazônicos, quer como materiais, quer como compostos fitoquímicos deles extraídos. Seu emprego na forma de materiais, após tratamento, ou na forma de cargas ou reforços em compósitos viabilizou uma enorme variedade de produtos artesanais, fabricação de tecidos, fios e redes de pesca, artigos de moda e outros produtos para o turismo, compósitos verdes 3D multicamadas (aplicados em construção civil, na indústria moveleira e de pisos de parquet), compósitos cimentícios para construções sustentáveis, resíduos agroindustriais (como fonte potencial para a extração de celulose e nanocelulose), filmes biodegradáveis (como o amido de cúrcuma e o PHB, um biopolímero produzido a partir de microalgas), filmes bioativos com atividade antioxidante para embalagens alimentícias, produção de biocombustíveis, entre outros.

Na forma de compostos fitoquímicos, as aplicações foram variadas -- de supressão tumoral de células de câncer de ovário a agente sensibilizador para terapia fotodinâmica de câncer e como agente em combate a doenças infecciosas, na validação científica da utilização de insumos tradicionalmente empregados na medicina popular no tratamento de anemia, diarreia, malária, dores, inflamações, hepatite e doenças renais, dadas as atividades anti-inflamatória, antinociceptiva (anulação ou redução de percepção e transmissão de estímulos que causam dor) e antidiarreica, como alimento funcional (com potencial fitoterápico e de quimioproteção contra agentes lesivos ao DNA), atividade protetora ao sistema neurológico; atividade antioxidante, viabilização de uso de compostos bioativos na forma de produtos agrícolas (fungicidas, larvicidas etc) e nas indústrias de nutracêuticos, farmacêuticos e/ou cosméticos.

¹⁵ As publicações receberam um total de 143 classificações diferentes de áreas, o gráfico representa as 5 principais.



Uma tipologia para as pesquisas atuais em bioeconomia amazônica

Neste ponto, buscou-se sistematizar as aplicações encontradas nos estudos analisados, segundo diferentes categorias, o que se convencionou chamar **tipologia dos artigos**. Assim, nos 223 artigos foram inicialmente identificadas **14 tipologias**:

1. Medicina tradicional (estudos que validaram conhecimentos tradicionais quanto ao uso dos insumos para tratamento de determinadas patologias);
2. Saúde pública;
3. Tratamento de câncer;
4. Alimentos funcionais;
5. Tecnologias verdes;
6. Inovação social;
7. Educação para a sustentabilidade;
8. Construção sustentável;
9. Energias limpas;
10. Agricultura (proteção de cultivos e melhoramento do solo);
11. Nutrição animal;
12. Defensivos agrícolas e controle de vetores;
13. Biopolímeros;
14. Caracterização química dos compostos.

Os principais critérios de avaliação - grau de inovação, etapa do desenvolvimento

científico-tecnológico e instituições envolvidas - aplicados aos 223 artigos selecionados para esta fase obedeceram à mesma escala de pontuação (baixo, médio e alto). A métrica estabelecida consistiu na atribuição de valores que permitissem comparações entre os artigos em função do atendimento aos critérios de avaliação, para que fossem consideradas como apoio à seleção. Com esse procedimento, os artigos analisados obtiveram pontuações que variaram entre 3 (valor mínimo esperado) e 8 pontos (nenhum dos artigos atingiu a pontuação máxima). Complementarmente, uma avaliação de caráter subjetivo também foi utilizada, possibilitando que mesmo artigos cujos insumos não tivessem se destacado dentre os mais citados ou aqueles que não tivessem atingido as maiores pontuações, mas tivessem forte apelo de inovação ou aplicações relevantes, fossem considerados na parte posterior da avaliação.

Os artigos selecionados seguiram para a próxima fase de análise, enquadrando-se agora em nove tipologias finais e 133 artigos, com distribuição conforme demonstrado no Gráfico 5.

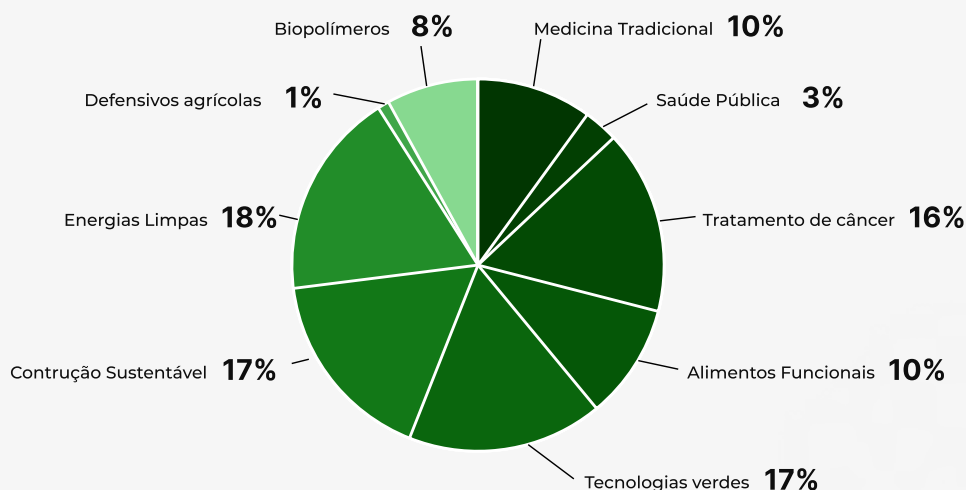


Gráfico 5. As nove tipologias adotadas, segundo porcentagem de ocorrência nos artigos avaliados

Artigos selecionados: tipologias, autores e instituições

Na sequência, os **20 artigos científicos que se destacaram** na análise por pontuação foram apresentados pelos coordenadores do estudo, com detalhamento das especificidades de cada estudo, características dos grupos de pesquisa e motivação da escolha dos artigos. Posteriormente, os coordenadores e as equipes da WTT e da Agência Bori participaram do processo de refino na escolha dos artigos

que seriam abordados nesta publicação, cada membro votando individualmente em cinco artigos prioritários. Na consolidação dos votos foram selecionados **sete estudos prioritários** representativos de todas as tipologias trazidas no estudo -- seis deles conduzidos em parceria internacional de instituições brasileiras com institutos e universidades do Canadá, EUA, Portugal, Egito e França.

Tipologia	Título do artigo	Autores do artigo	Instituições de pesquisa
Biopolímeros	Natural bioactive starch film from Amazon turmeric (<i>Curcuma longa</i> L.)	Polyanna Hornung Kabo Masisi Lovemore Malunga Trust Beta Rosemary Ribani	Universidade Federal do Paraná (UFPR) Universidade de Manitoba (Canadá)
Tratamento de câncer	Amazon Fruits Inhibit Growth and Promote Pro-apoptotic Effects on Human Ovarian Carcinoma Cell Lines	Vanessa de Souza Mariana Brum Isabella Guimarães Paula dos Santos Thuane do Amaral Joel Abreu Thuane Passos Otniel Freitas-Silva Etel Gimba Anderson Teodoro	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Nacional de Câncer (INCA) Embrapa e Universidade Federal Fluminense (UFF)
Biopolímeros	Optimization of Polyhydroxybutyrate Production by Amazonian Microalga <i>Stigeoclonium</i> sp. B23	Murilo Mourão Diana Gradíssimo Agenor Santos Maria Paula Schneider Sílvia Maria Faustino Vitor Vasconcelos Luciana Xavier	Universidade Federal do Pará (UFPA) Fundação Universidade Federal do Amapá (UFAP) Universidade do Porto (Portugal)
Tecnologias Verdes	New approach for extraction of cellulose from tucumã's endocarp and its structural characterization	Lizandro Manzato L.C.A. Rabelo Sérgio Michielon de Souza Cristina Gomes da Silva Edgar Aparecido Sanches Daniela Rabelo Luis André Mariuba John Simonsen	Instituto Federal do Amazonas (IFAM) Universidade do Estado de Oregon (EUA) Universidade Federal do Amazonas (UFAM) Fundação Oswaldo Cruz
Construção Sustentável	Textile Palm Fibers from Amazon Biome	Lais Pennas Ivete Maria Cattani Bárbara Leonardi Abdel-Fattah M. Seyam Mohamad Midani Amanda Monteiro Julia Baruque Ramos	USP Universidade da Carolina do Norte (EUA) Universidade Alemã do Cairo (GUC, Egito)



Tipologia	Título do artigo	Autores do artigo	Instituições de pesquisa
Tecnologias Verdes	Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from tururi palm tree (<i>Manicaria saccifera</i> Gaertn) fibrous material	Abdel-Fattah Seyam Amanda Monteiro Mohamad Midani Julia Baruque-Ramos	Universidade da Carolina do Norte (EUA) USP
Medicina Tradicional	Protective Effects of <i>Plathymenia reticulata</i> and <i>Connarus favosus</i> Aqueous Extracts against Cadmium- and Mercury-Induced Toxicities	Kewin Gombeau Ricardo de Oliveira Sandra Sarrazin Rosa Helena Mourão Jean-Paul Bourdineaud	Centro Nacional de Pesquisa Científica (França) Universidade de Bordeaux (França) Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

Quadro 2. Tipologia para os sete artigos selecionados e seus autores e instituições

A seguir apresentamos um quadro-síntese da metodologia completa adotada no estudo.

Metodologia	Número de artigos científicos selecionados na etapa
Busca sistematizada por palavras-chave previamente definidas na base de periódicos científicos Web of Science (período de cinco anos, de 2017 e 2021) e busca exploratória em bases como PubMed e Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA) da Embrapa	1.070
Análise dos títulos, das palavras-chave e dos resumos dos 1.070 artigos científicos previamente encontrados para exclusão de trabalhos fora do escopo	621
Análise das matérias-primas ou insumos com mais ocorrências nos artigos. Verificou-se que onze insumos estavam presentes em 223 dos 621 estudos: açaí, tucumã, buriti, piper, aniba, castanha do Brasil, andiroba, cupuaçu, lippia, guaraná e bacaba	223
Verificação de tipologias dos artigos científicos segundo porcentagem de ocorrência nos artigos avaliados. Das 14 tipologias previamente selecionadas, nove compreenderam 133 trabalhos: Medicina tradicional; Saúde pública, Tratamento de câncer, Alimentos funcionais, Tecnologias verdes; Construção sustentável; Energias limpas; Defensivos agrícolas e controle de vetores e Biopolímeros. Assim, foram excluídos: Agricultura; Nutrição animal; Caracterização química dos compostos; Inovação social e Educação para a sustentabilidade	133
Análise qualificada dos 133 artigos pelos coordenadores do estudo por meio de um sistema de pontuação	20
Escolha final de sete artigos científicos, a partir dos 20 anteriormente selecionados, por meio de votação dos integrantes - coordenadores, equipe WTT e Bori	7

Quadro 3: Síntese metodológica para seleção dos sete artigos científicos explorados neste trabalho



Um mergulho nas águas: nos aproximando da pesquisa e seus potenciais

Os **sete estudos escolhidos** apontam para as pesquisas com maior potencial de inovação a partir de insumos florestais da Amazônia e foram aqui descritas destacando as características, que apontam para seu potencial inovativo e de relevância científica, social e econômica. Para esta descrição, buscou-se ampliar as informações sobre seus autores e instituições com o intuito de entender melhor as trajetórias de desenvolvimento dos estudos e seus

Amido de cúrcuma como base para filme e embalagens

Artigo

Natural bioactive starch film from Amazon turmeric (*Curcuma longa* L.)

Autores/as

Polyanna Hornung ; Kabo Masisi; Lovemore Malunga ; Trust Beta; Rosemary Ribani.

Publicação

Polymer Bulletin, fevereiro/2018

desdobramentos¹⁶. Uma parceria entre a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Universidade de Manitoba, no Canadá, deu origem ao estudo dedicado ao uso do amido de cúrcuma em uma aplicação na área de embalagens alimentícias. Ao mesmo tempo em que aproveitam resíduos agroindustriais, processos e produtos verdes têm o potencial de minimizar impactos ambientais e de saúde enfrentados pela sociedade moderna.

Neste estudo, foi conduzida a aplicação do amido de cúrcuma como filme bioativo, a fim de proporcionar o aproveitamento do resíduo da extração de curcumina (um tipo de amido) como alternativa biodegradável aos polímeros sintéticos, que contribuem para o acúmulo de resíduos no meio ambiente. Verificou-se que o amido e o teor de compostos fenólicos totais presentes no filme foram significativamente elevados, quando comparados com o que já havia sido descrito, até então, na literatura. No amido de *Curcuma longa* L. da Amazônia foram identificados oito compostos fenólicos principais e, no filme formado a partir da sua polimerização, seis compostos. Tanto o amido quanto o filme de *C. longa* apresentaram altos níveis de capacidade antioxidante, variando entre 65% e 92%. Além disso, o filme formado exibiu uma superfície estrutural lisa e forte resistência à força de tração, mantendo ainda sua elasticidade (avaliada por ensaios mecânicos de resistência à tração e alongamento à ruptura).

Os pesquisadores obtiveram um filme com forte tendência às colorações vermelha e amarela -- o que, segundo os autores, é importante quando se trata de embalagens alimentícias. Durante o processamento do polímero, na gelatinização para obtenção do filme, a cor atua como barreira à oxidação dos lipídios pela ação da luz. Assim, os filmes ativos possuem pigmentos naturais que podem ser expressos como compostos coloridos. Neste trabalho, uma única aplicação do amido de *Curcuma longa* L. resultou em um filme funcional que pode fornecer proteção eficiente contra o crescimento microbiano e, ao mesmo tempo, deterioração oxidativa

¹⁶ Foi realizada uma pesquisa pela internet em seus currículos e nas páginas eletrônicas de instituições e também algumas conversas e entrevistas com autores e autoras dos artigos. A pesquisa pelos currículos dos autores e autoras principais das publicações foi feita pela Plataforma Lattes do CNPq (<https://lattes.cnpq.br/>). Foram realizadas tentativas de contato por e-mail em março e abril de 2022 com os líderes de grupos e/ou autores principais dos 20 artigos previamente selecionados. Também foram feitas tentativas de contato por redes sociais e telefones das instituições. Essa busca tinha por objetivo realizar apontamento sobre o contexto de produção das pesquisas e trajetórias dos pesquisadores envolvidos. Devido à baixa taxa de retorno no período estipulado para esta etapa, optou-se por manter uma avaliação focada nos conteúdos dos artigos e aprofundamento da trajetória de pesquisa apenas para alguns casos cujos contatos foram efetivados em entrevistas.

em produtos alimentícios. Além disso, a revalorização do resíduo agroindustrial representa um passo importante rumo ao uso sustentável de recursos naturais.

O murici e taperebá: potenciais de compósitos bioativos no tratamento do câncer

Artigo

Amazon Fruits Inhibit Growth and Promote Pro-apoptotic Effects on Human Ovarian Carcinoma Cell Lines

Autores/as

Vanessa de Souza; Mariana Brum; Isabella Guimarães; Paula dos Santos; Thuane do Amaral; Joel Abreu; Thuane Passos; Otniel Freitas-Silva; Etel Gimba; Anderson Teodoro.

Publicação

Biomolecules, novembro/2019

Uma colaboração entre o Laboratório de Alimentos Funcionais da UFRJ, o Programa de Oncobiologia Celular e Molecular e da Divisão de Pesquisa Clínica do Centro de Pesquisas do INCA¹⁷, a Embrapa (unidade Embrapa Agroindústria de Alimentos) e o Departamento de Ciências da Natureza da UFF deu origem ao estudo dos compostos bioativos presentes nos frutos amazônicos murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth e *B. verbascifolia* (L.) DC.) e taperebá (*Spondias mombin*).

Estudos epidemiológicos sugerem que o risco de câncer está relacionado à baixa ingestão de frutas e vegetais ricos em carotenóides e compostos fenólicos. Os extratos de taperebá e murici se mostraram importantes fontes de carotenóides totais e compostos fenólicos (luteína), respectivamente. Estes compostos conferem forte bioatividade sobre células de câncer de ovário, devido aos efeitos citotóxicos, levando à parada do ciclo celular e apoptose de células doentes. Os extratos foram testados quanto ao seu efeito sobre a viabilidade da linhagem celular A2780 de câncer de ovário e sua linha celular derivada resistente à cisplatina, chamada ACRP. Os

extratos de células de murici e taperebá inibiram a viabilidade celular A2780 e ACRP em 76,37% e 78,37%, respectivamente, o que indica uma forte bioatividade. Também foram capazes de modular o ciclo celular e induzir a morte celular por apoptose (uma forma programada de morte celular, segundo um processo ordenado que permite a eliminação de células infectadas ou danificadas, pelo sistema imunológico).

Os efeitos desses extratos podem abrir perspectivas para projetar abordagens combinadas para sensibilizar células de câncer de ovário a drogas quimioterápicas atuais, como a cisplatina. Embora poucos estudos estejam relatados na literatura a respeito da influência dos extratos em linhagens de células cancerígenas, os autores puderam fornecer evidências experimentais da sua viabilidade no desenvolvimento de estratégias terapêuticas inovadoras e promissoras para sensibilizar células de câncer de ovário.

Microalgas amazônicas e novos biopolímeros

Artigo

Optimization of Polyhydroxybutyrate Production by Amazonian Microalga *Stigeoclonium* sp. B23

Autores/as

Murilo Mourão; Diana Gradíssimo; Agenor Santos; Maria Paula Schneider; Sílvia Maria Faustino; Vitor Vasconcelos; Luciana Xavier.

Publicação

Biomolecules, novembro/2020

As Universidades Federais do Pará (UFPA), do Amapá (UNIFAP) e a Universidade do Porto (Portugal) conduziram um estudo focado na produção do polímero biodegradável polihidroxibutirato (PHB) a partir de cianobactérias e microalgas da floresta amazônica. Embora seja amplamente conhecido o grande potencial da biodiversidade amazônica na produção de PHB por microrganismos, não havia, até então, relatos sobre a produção de PHB a partir de cianobactérias ou microalgas da floresta amazônica.

¹⁷ O Inca é o órgão auxiliar do Ministério da Saúde dedicado ao desenvolvimento e coordenação das ações integradas para a prevenção e o controle do câncer no Brasil (assistência médico-hospitalar, no âmbito dos serviços oferecidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS)). Fonte: <https://www.inca.gov.br/institucional>



Os pesquisadores destacaram que, embora a demanda por PHB no mercado global seja crescente, existe uma busca por novas técnicas para redução dos custos do processo produtivo e para a otimização de diversos parâmetros, para que se obtenha maiores rendimentos de biopolímeros. Sob esta perspectiva, os autores se dedicaram a extrair e quantificar, com foco na otimização da produção, o PHB produzido pela microalga verde eucariótica e oleaginosa *Stigeoclonium* sp. B23, sob estresse nutricional por privação de nitrogênio.

A microalga foi isolada de uma região pouco explorada e investigada. A produtividade, quando comparada a outras espécies de cianobactérias e bactérias, foi confirmada, dando origem a um biopolímero bem sintetizado, em função das condições nutricionais e formação da biomassa. Como resultado do estudo, verificou-se o grande potencial da *Stigeoclonium* sp. B23 para a produção de PHB, utilizando pequenas quantidades de fontes de carbono como principais substratos para acúmulo do biopolímero. A partir dos resultados desta pesquisa, novas espécies de microalgas amazônicas podem ser investigadas na busca por poliésteres alternativos.

Novos usos para biomassa de tucumã

Artigo

New approach for extraction of cellulose from tucumã's endocarp and its structural characterization

Autores/as

Lizandro Manzato; L.C.A. Rabelo; Sérgio Michielon de Souza; Cristina Gomes da Silva; Edgar Aparecido Sanches; Daniela Rabelo; Luis André Mariuba; John Simonsen.

Publicação

Journal of Molecular Structure, setembro/2017

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer), fruto de uma palmeira, é facilmente encontrado e amplamente utilizado pela população amazônica. A polpa amarelo-alaranjada, rica em carotenóides, participa de preparações culinárias, assim como as amêndoas -- que apresentam, ainda, grande

potencial para produção de biodiesel -- e a casca crua, que pode ser usada como biocarvão. O endocarpo, uma camada bastante fina que reveste a cavidade dos frutos, que fica em contato com as amêndoas (ou sementes), tem uma composição que pode variar bastante e ser de difícil identificação e separação. É utilizado em artesanato e como combustível.

Consumido em grandes quantidades (particularmente em função do uso da polpa), o tucumã resulta no descarte de uma grande quantidade de sementes. A revalorização dessa biomassa, convertendo-a em produtos úteis, contribui para a redução de impactos ambientais. A reciclagem desses materiais orgânicos possibilita a produção de óleo vegetal para conversão em biodiesel, produção de biocarvão, o aproveitamento de celulose, entre outras aplicações.

A celulose é um componente importante para o desenvolvimento de novos biomateriais. Sob esta perspectiva, uma nova abordagem de extração de celulose para o reaproveitamento do endocarpo de tucumã, que seria descartado, foi proposta por uma equipe de pesquisadores do Instituto Federal do Amazonas (IFAM), da Universidade do Estado do Oregon (EUA) e da Fiocruz de Manaus. Celulose do tipo II foi obtida e caracterizada de forma inovadora e, segundo os autores, até então não haviam sido relatados na literatura científica estudos sobre a extração de celulose do endocarpo do tucumã, provavelmente devido ao seu difícil manuseio e alta dureza.

Os potenciais têxteis das fibras de tucum, buriti e tururi

Artigo

Textile Palm Fibers from Amazon Biome

Autores/as

Lais Pennas; Ivete Maria Cattani; Bárbara Leonardi; Abdel-Fattah M. Seyam; Mohamad Midani; Amanda Sousa Monteiro; Julia Baruque-Ramos.

Publicação

Materials Research Proceedings 11 (Materials Research Forum LLC), abril/2019.

Com o intuito de valorizar os produtos regionais e preservar seus respectivos ecossistemas, usos inovadores dessas fibras vegetais nativas da Amazônia foram estudados por pesquisadores da USP, da Universidade da





Carolina do Norte (EUA), e da Universidade Alemã do Cairo, o que possibilitou desenvolver e caracterizar materiais compósitos multicamada, com estrutura 3D, a partir de fibras vegetais, apresentando resultados bastante promissores em termos de aspectos funcionais de resistência e estética. Atualmente verifica-se um interesse internacional crescente com relação ao uso de fibras vegetais, principalmente como materiais não convencionais, para a fabricação de compósitos ao invés daqueles feitos com madeira ou materiais sintéticos.

As fibras têxteis empregadas no estudo foram o tucum (*Astrocaryum chambira* Burret), o buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) e o tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.). Essas fibras de palmeira apresentam potencial de emprego em diversos tipos de produtos, artesanais ou compósitos, podendo gerar artigos como utensílios, móveis, pisos ou ser empregados na construção civil. As fibras de tucum, obtidas a partir de folhas cultivadas, foram aplicadas na fabricação de tecidos, artesanato, redes, fios e redes de pesca. O buriti foi estudado em seus múltiplos usos, particularmente produtos artesanais; uma fibra macia e outra mais dura e áspera foram retiradas das folhas jovens. Quanto ao tururi (saco que envolve os frutos da palmeira ubuçu), foram investigadas suas aplicações em artigos de moda e outros produtos para o turismo. O aspecto final do material desenvolvido – muito bonito – se assemelha bastante ao da madeira. Conforme explicam os autores, para se conhecer a disponibilidade desses materiais pensando em escala industrial, estudos devem ser continuados. Por outro lado, o trabalho das comunidades locais e cooperativas de artesanato, que empregam esse material, poderia ser estimulado respeitando os aspectos sociais e culturais, agregando atributos técnicos e de design.

A qualidade e versatilidade da fibra de tururi

Artigo

Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from tururi palm tree (*Manicaria saccifera* Gaertn) fibrous material

Autores/as

Abdel-Fattah Seyam; Amanda Monteiro; Mohamad Midani; Julia Baruque-Ramos.

Publicação

Composites Part B: Engineering, fevereiro/2017

No caminho do desenvolvimento de tecnologias verdes, que privilegiem a redução do impacto social, ambiental e econômico, a USP e a Universidade da Carolina do Norte (EUA) investigaram as possibilidades de uso de uma fibra vegetal abundante na Amazônia, para potencializar o uso sustentável do insumo e aumentar o bem-estar das comunidades locais que a empregam na confecção de artesanato. No Brasil, embora a utilização de fibras naturais nos setores automotivo e de construção civil tenha crescido, as técnicas de fabricação desses compósitos ainda são incipientes e com produtividade pouco expressiva. Dentro do universo de pesquisa acadêmica, grande parte das pesquisas com plantas amazônicas tem foco nas suas propriedades farmacológicas. Contudo, segundo os autores, o impacto no bem-estar das comunidades locais pode ser maior, a partir da conscientização sobre os benefícios das fibras naturais e seu potencial no desenvolvimento de produtos técnicos, respeitando e preservando as atividades, tradições, costumes e modos de vida dos locais. Neste contexto, a palmeira ubuçu (*Manicaria saccifera* Gaertn), encontrada na floresta amazônica brasileira tem um papel relevante. O tururi, que é a estrutura fibrosa, flexível e durável que envolve os frutos - que se apresentam em cachos pendurados na palmeira - apresenta características de durabilidade, impermeabilidade e resistência térmica comparáveis a outras fibras celulósicas utilizadas em compósitos, em termos de propriedades mecânicas, físicas, térmicas, químicas e morfológicas.



Neste trabalho, a fibra de tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.), uma estrutura fibrosa naturalmente integrada à estrutura da palmeira ubuçu amazônica, em forma de um saco que protege seus frutos, foi empregada para o desenvolvimento de compósitos verdes 3D multicamadas. O desempenho mecânico das fibras, seu comportamento frente à tração e quantidade de camadas ideal foram estudados para garantir o melhor desempenho mecânico do produto em desenvolvimento, um compósito verde 3D multicamadas. Também foram investigadas aplicações para este compósito com base neste desempenho. Os resultados indicaram que os compósitos feitos com tururi são adequados para aplicações em móveis, pisos, outros elementos internos de construção, moda e artesanato. Foi alcançado um efeito visual estético atraente, com aparência semelhante à da madeira.

Plantas amazônicas com eficácia contra efeitos nocivos do mercúrio

Artigo

Protective Effects of *Plathymenia reticulata* and *Connarus favosus* Aqueous Extracts against Cadmium- and Mercury-Induced Toxicities

Autores/as

Kewin Gombeau; Ricardo de Oliveira; Sandra Sarrazin; Rosa Helena Mourão; Jean-Paul Bourdineaud.

Publicação

Toxicological Research, janeiro/2019

ambiente aquático, pela ação de bactérias anaeróbias. O MeHg biomagnifica a cadeia alimentar e os peixes carnívoros acabam se tornando altamente contaminados. Neste estudo, os pesquisadores puderam verificar o potencial protetor de ambos os extratos aquosos de *Plathymenia reticulata* e *Connarus favosus* contra o MeHg, um contaminante ambiental que representa a espécie mais tóxica do mercúrio. Sendo um composto de alta estabilidade, lipossolubilidade e em função de suas propriedades iônicas, o MeHg apresenta alta capacidade de atravessar membranas em organismos vivos, por contato com superfícies contaminadas ou por ingestão de alimentos (particularmente peixes). A bioacumulação no organismo pode induzir disfunções celulares em diversos órgãos, especialmente no sistema nervoso central (SNC), acarretando diminuição do desempenho motor e deficiência visual de adultos e comprometendo o desenvolvimento neurológico em bebês e crianças. Os efeitos da intoxicação crônica são progressivos.

Neste estudo o efeito protetor dos extratos vegetais mencionados pode representar uma alternativa interessante para as comunidades piscícolas amazônicas lidarem com o impacto da exposição crônica a dietas contaminadas. Os potenciais efeitos protetores desses extratos foram avaliados contra o cádmio na levedura *Saccharomyces cerevisiae* e contra a contaminação mercurial no peixe-zebra *Danio rerio*. Foi demonstrado o potencial protetor in vivo dos extratos aquosos de *P. reticulata* e *C. favosus* contra a toxicidade do mercúrio, supondo-se que os mecanismos moleculares subjacentes à toxicidade do MeHg e as propriedades protetoras dos extratos sejam semelhantes em peixes-zebra e humanos.

Pesquisadores da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) em parceria com a Universidade de Bordeaux e com Centro Nacional de Pesquisa Científica - ambos da França -, estudaram os potenciais efeitos protetores de *Plathymenia reticulata* e *Connarus favosus*, insumos amplamente utilizados na medicina popular da região amazônica, contra a contaminação pelos metais cádmio e mercúrio.

O uso de mercúrio líquido elementar (Hg⁰) na atividade de garimpo clandestina e a riqueza natural dos solos amazônicos em mercúrio (Hg) inorgânico são responsáveis pela produção de metil-mercúrio (MeHg) no



Outros olhares de quem navega: avanços das pesquisas com fibras vegetais amazônicas

Pesquisadoras falam sobre seus estudos que comprovam a qualidade das fibras das palmeiras do buriti e tucum e seu potencial para o desenvolvimento de comunidades amazônicas e materiais têxteis

A tarefa de elaborar e implementar ações que promovam o desenvolvimento de políticas e empreendimentos baseados na bioeconomia na região amazônica tem evidenciado a necessidade de pensar nos insumos e nas tecnologias dentro de uma cadeia ou de uma rede de conhecimentos que seja sustentável tanto do ponto de vista social quanto ambiental. Dentro desta perspectiva, estudar novos materiais e conhecer melhor suas propriedades são objetivos essenciais que estão inseridos na própria noção de “tecnologias verdes”. Essas tecnologias são entendidas como aquelas ambientalmente sustentáveis não apenas por suas características como produtos, mas por

como se comportam ao longo de todo seu ciclo de vida, ou seja, em todas as etapas de seu processo de produção até o seu descarte ou reutilização.

A questão do reuso e da reciclagem são fundamentais devido à grande quantidade de lixo gerado que ainda não é reciclável e é de difícil degradação. O setor têxtil é responsável por uma quantidade importante desse tipo de lixo, formado em parte por sobras ainda no processo de produção de roupas e acessórios. A esses resíduos “pré-consumo” soma-se o “pós-consumo”, quando nós, consumidores, descartamos os produtos.





Para se ter uma ideia, estima-se que o Brasil produz cerca de 160 mil toneladas de resíduos têxteis¹⁸ por ano. Esse problema urgente foi contemplado nesta publicação, buscando pesquisas e inovações que apontem caminhos e soluções nesse sentido. Nas últimas décadas, tornou-se mais intensa na indústria têxtil e da moda a busca por produzir a partir do ecodesign¹⁹ ou design ecológico, ou seja, através de projetos e desenhos orientados por critérios ecológicos que visam processos de produção e produtos pensados de maneira cíclica.

Entre os artigos selecionados para esta publicação, um em cada três são classificados com as tipologias “tecnologias verdes” e “construção sustentável”. Nesses dois segmentos, destacamos as matérias-primas de origem vegetal - especialmente árvores amazônicas.

As fibras de palmeiras amazônicas têm mostrado qualidade e potencial para produzir materiais versáteis e de qualidade, com possibilidade de utilização em diversos materiais e produtos e para aplicação no design ecológico. Nessa direção, os estudos têm apontado as vantagens das fibras vegetais em relação a fibras sintéticas, que além de geralmente apresentarem um custo mais baixo e alta qualidade, são abundantes na natureza e biodegradáveis.

Por outro lado, é necessário um olhar cuidadoso para o trabalho com componentes da biodiversidade amazônica, em especial em relação às suas características de inserção dentro da natureza e na vida de comunidades da região. Isso implica em limites que devem ser respeitados para que essas “árvores da vida”, como são chamadas por algumas comunidades, não acabem ameaçadas.

Para aprofundar esse tema, conversamos com as pesquisadoras Júlia Baruque-Ramos, Ivete Maria Cattani e Lais Gonçalves Andrade Pennas, que desenvolveram seus estudos com fibras de palmeiras amazônicas no âmbito do grupo de pesquisa “Fibras têxteis

vegetais nativas e recicladas”, do Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP), coordenado por Ramos.

As cientistas são coautoras de dois dos sete estudos destacados nesta publicação. Os artigos refletem as pesquisas desenvolvidas durante o mestrado de Ivete, Laís e também de Amanda Sousa Monteiro, todos realizados sob orientação de Julia. Elas mostram, através dos seus estudos, os potenciais de fibras vegetais amazônicas para a bioeconomia, principalmente, para o setor têxtil e a produção artesanal de comunidades rurais amazônicas.

“O nosso trabalho sempre esteve relacionado com as fibras têxteis vegetais nativas e também com os resíduos da indústria têxtil. Isso porque a utilização de fibras têxteis sintéticas e vegetais, os produtos derivados e descarte, fazem parte de uma mesma cadeia de produção -- e devemos, portanto, considerar ambos para pensar a sustentabilidade e também questões de trabalho e inclusão social”, reflete Julia



Fibra do tucum. Foto: Laís Pennas (arquivo pessoal)

As pesquisas desenvolvidas pelo grupo envolveram a caracterização físico-química das fibras de tucum, buriti e turiri. Os resultados demonstraram a qualidade dessas fibras para diversos usos, mas principalmente no segmento da moda e têxtil devido a suas diversas texturas (macias e mais ásperas) e características propícias para fabricação de tecidos.

¹⁸ Para mais dados e análises sobre a indústria têxtil, geração de resíduos e reciclagem no Brasil, acesse: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/saiba-tudo-sobre-a-reciclagem-de-residuos-texteis-no-brasil>

¹⁹ Para saber mais sobre mercado de ecodesign e inovações com interação entre bioeconomia tradicional, de commodities e sintética indicamos a leitura dos artigos de Júlia Sekula e Tatiana Schor escritos para esta publicação.

²⁰ “Textile Palm Fibers from Amazon Biome#” (2019) e “Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from tururi palm tree (*Manicaria saccifera* Gaertn) fibrous material#” (2017).

Parte do trabalho, que contou a colaboração de pesquisadores da North Carolina State University (Estados Unidos), resultou no desenvolvimento de um compósito multicamadas (com estrutura 3D) que, por sua vez, permitiu avanços nos estudos sobre o desempenho mecânico das fibras. Os compósitos feitos com tururi se mostraram adequados para aplicações em móveis, pisos, outros elementos internos de construção, moda e artesanato. Além disso, foi alcançado um efeito visual estético atraente, com aparência semelhante à da madeira.

Um objetivo importante da pesquisa e ponto em comum na preocupação das entrevistadas, é o de buscar diferentes possibilidades de uso de fibras abundantes na Amazônia e potencializar o seu uso sustentável, contribuindo para o bem-estar das comunidades locais que as utilizam.

A engenheira têxtil Lais Pennas trabalhou com a fibra de tucum em suas pesquisas, realizando sua caracterização e discussões sobre seu uso têxtil e artesanal, incluindo observação de diferentes designs e usos. A pesquisadora trabalhou especificamente com a caracterização física e química da fibra e dos fios de tucum utilizados por comunidades tradicionais do município de Ipixuna, localizado na região amazônica (estado do Acre).

“O trabalho envolveu tanto a engenharia têxtil como o design”, explica Laís. Para a pesquisadora, o estudo evidenciou que existe um interesse da comunidade de ‘ir além do artesanal’, mas esse desejo é acompanhado pela consciência sobre os limites da natureza e formas de produzir.

A artista Ivete Cattani, por sua vez, se aproximou de comunidades que produzem artesanato no Norte e Nordeste do Brasil durante sua participação no Programa Talentos do Brasil, antes de ingressar no mestrado. Já naquele momento chamou a atenção de Ivete a utilização do buriti por artesãs de diferentes comunidades.

A pesquisa de Ivete com a fibra de buriti envolveu primeiramente o estudo do trabalho de artesãs de comunidades rurais

do estado do Maranhão. Na sequência foram realizados testes físicos e químicos em laboratório com a fibra.

Segundo Ivete, são inúmeros os usos da palmeira de buriti pelas comunidades rurais do Maranhão. O fruto do buriti (rico em vitaminas) é consumido na alimentação, sendo importante para a segurança alimentar de muitas famílias. Com o tronco e outras partes da palmeira são produzidos utensílios variados, brinquedos, canoas e cercas. E, por fim, até a “borra”, que é o que sobra depois da extração, é utilizada para a cobertura das casas.

A árvore é ainda um indicador de presença de água e de qualidade do solo. Suas raízes profundas buscam a água e a trazem para camadas mais superficiais do solo. As relações ecológicas entre a palmeira e seu entorno são tão importantes que, quando a árvore morre, pode ser um indicativo de que está acontecendo algo grave com a água no local.

O artesanato também é muito favorecido pela fibra do buriti. “É possível fazer crochê e roupas porque o linho é macio para vestir. Todos os testes que eu fiz estavam baseados nos critérios da indústria e engenharia têxtil e comprovaram que o buriti é uma fibra têxtil de ótima qualidade”, relata Ivete. O que reforçaria, segundo ela, que os conhecimentos e usos tradicionais das comunidades são muito eficientes.

Entre potenciais e limites

O trabalho das pesquisadoras com as fibras vegetais de buriti e de tucum utilizadas para artesanato por comunidades amazônicas envolveu reflexões sobre sociobiodiversidade e um aprendizado constante com quem vive perto destas árvores, coleta suas fibras e produz o artesanato: “união entre o conhecimento tradicional e científico muito rica e frutífera”, destaca Lais.

Um elemento em comum, destacado por Lais e Ivete, é a necessidade de pensar simultaneamente nas potencialidades e limites das fibras, principalmente quando se trabalha a bioeconomia visando maiores escalas de extração de matérias-primas e

²¹ Ipixuna é um nome indígena que provém do rio Ipixuna, um dos principais afluentes do rio Juruá, que nasce no Peru e um dos mais importantes afluentes do Rio Amazonas.

²² O programa, lançado pelo Governo Federal em 2005, tinha como um dos principais objetivos fomentar a cadeia produtiva do artesanato.

de produção. Ambas pontuam que já existe uma utilização importante pela comunidade das duas fibras vegetais e um acúmulo de conhecimentos tradicionais e ancestrais.



Artesã da ArteCoop especialmente reunidas para a demonstração do processo de produção com a fibra de buriti. Foto Mauro Goulart²³

“A fibra do buriti, usada no artesanato, é retirada da folha jovem da palmeira: o tirador sobe nas palmeiras altas e frondosas, algumas com mais de 100 anos, e colhe as folhas jovens. Dessas folhas são separados três tipos de fibra, entre eles o linho do buriti - que tem melhores características para utilização como fibra têxtil. Mas se o tirador não tiver muito cuidado e técnica, pode matar a palmeira”, ressalta Ivete.

É importante que as aplicações bioeconômicas dessas fibras respeitem os limites e formas de extração e uso. Por isso, na análise das pesquisadoras, não seria atualmente desejável utilizar fibras de palmeiras, como de tucum e buriti, como insumo para a indústria têxtil. Isso não significa, no entanto, que não sejam necessárias pesquisas científicas e também estudos de mercado sobre essas fibras. Pelo contrário, seria necessário ampliar os estudos sobre a qualidade e aplicações de fibras vegetais e seu uso compatível com a sustentabilidade socioambiental. Por exemplo, em formas de uso e produção que não sejam industriais ou artesanais, mas possivelmente intermediárias.

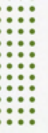
Elas apontam que existe interesse das comunidades de ir além do artesanal, já que este é um tipo de produção que envolve muito trabalho e conhecimento, mas com pequena produção em termos de quantidade - o que resulta em renda gerada insuficiente para sustento das artesãs.

Julia enfatiza que a relação cultural estabelecida entre as comunidades e as diversas espécies de palmeiras se perde quando pensada apenas como um elemento produtivo. “Por isso, no Brasil, em alguma medida, ainda não entramos nesses processos industriais. É preciso pensar com muito cuidado no caso dessas fibras não apenas como insumos, mas dentro de uma cadeia ecológica e de economia social. Essas são questões em aberto. Não temos respostas”, conclui, deixando um campo aberto para novas pesquisas.



Bolsa em técnicas mistas (macramê e tecelagem de bastidor) feitas com linho de buriti

²³ O fotógrafo acompanhou a pesquisadora em viagem a comunidades do Maranhão para realização de registros do trabalho das artesãs com a fibra de buriti. A partir destas fotos, foi produzido um vídeo que pode ser acessado no link: <https://vimeo.com/177117061>



Especialistas analisam: potenciais e desafios atuais da bioeconomia

Os artigos a seguir foram produzidos de maneira inédita para esta publicação e elaborados por autores de diferentes áreas de atuação: governo, terceiro setor, academia e indústria. Neles, é possível ver que as óticas diversas convergem sobre a importância de se investir em uma Amazônia sustentável e que a inovação orientada por missões é um caminho fundamental a ser trilhado.

Carina Pimenta – A importância da sociobioeconomia para os negócios comunitários



Carina é diretora executiva e co-fundadora da Conexsus (Instituto Conexões Sustentáveis) e diretora da empresa CX Investimentos Socioambientais. Formada em Negócios pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV/EAESP). Possui mestrado em Desenvolvimento

Social pela Universidade de Sussex. Trabalhou em organizações como Roland Berger, Ashoka e Fundo Vale. Atua com temas relacionados a finanças de impacto, mudanças climáticas e conservação de florestas, empreendedorismo social, negócios comunitários e desenvolvimento rural sustentável.

Bioeconomia para quem?

Quando falamos de bioeconomia na Amazônia, estamos falando de uma economia capaz de usar a riqueza natural de maneira sustentável, gerando dois benefícios principais: a) conservação dos biomas naturais; b) melhoria do bem-estar das populações amazônicas, sobretudo aquelas que vivem da/na floresta e que detêm muito conhecimento sobre ela.

Um dos pilares dessa agenda, portanto, deve ser a sociobioeconomia. Hoje, mais de 50% das florestas amazônicas são protegidas e geridas por comunidades²⁴, representando as principais áreas conservadas da região. Embora a floresta ainda seja vista por muitos como empecilho para o desenvolvimento, a bioeconomia tem o potencial de mudar essa percepção sobre o potencial de gerar uma economia baseada na biodiversidade.

Na sociobioeconomia, os atores principais são os negócios comunitários. São cooperativas, associações de produtores, indígenas, quilombolas, extrativistas, agricultores familiares e outras populações tradicionais que geram receita, trabalho e renda, e se dedicam ao uso sustentável do solo e dos recursos naturais. Esses empreendimentos se encontram em vários estágios de maturidade. Mapeamento da Conexsus mostra que 71% desses negócios (402) têm receitas declaradas abaixo de R\$600 mil/ano²⁵ e mais de 70% têm sua principal fonte de receita nos mercados locais, que muitas vezes são insuficientes para gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais necessários.

Um ecossistema para apoiar a sociobioeconomia

Não há um modelo pronto para desenvolver a bioeconomia e estamos ainda nos estágios iniciais de um ecossistema de apoio aos negócios na região. Sem essa estrutura para impulsionar negócios comunitários e de impacto socioambiental de forma contínua, atendendo a diferentes necessidades da jornada de crescimento, dificilmente veremos uma transformação na região na próxima década.

Um campo de ação é o desenvolvimento desses negócios, atuando na formação de suas lideranças, envolvendo os cooperados e associados nas decisões da organização, e na estruturação de redes de intercooperação entre negócios comunitários. É também

²⁴ Inclui unidades de conservação de uso sustentável (federal e estadual) e terras indígenas.

²⁵ Desafio Conexsus, 2018.



preciso investir na melhoria das competências para áreas de gestão, governança e comercialização.

Mais do que buscar soluções para um ou outro negócio, devemos estruturar abordagens em escala, junto com órgãos públicos, sociedade civil e setor privado, para que a oferta de apoio seja crescente, contínua e compatível com a realidade de sua jornada de desenvolvimento.

Outro campo do ecossistema são as conexões com mercados, numa perspectiva de cadeia de valor. Em 2019, um estudo da Conexsus identificou mais de 80 empresas que declararam as suas necessidades de compra, apontando demanda por 290 produtos da sociobioeconomia. Devemos buscar além de compradores, serviços e soluções para esse público, sobretudo aquelas que trazem mais tecnologia e conhecimento para agregar valor, em especial com o florescimento de um processo industrial da quarta geração que usa tecnologias inteligentes e muito menos intensivas em energia.

O potencial de inovação e pesquisa e desenvolvimento deve ser ampliado tanto do lado de compradores que querem diferenciar seus produtos quanto da perspectiva dos negócios comunitários, que pode buscar um valor adicionado aos seus produtos. Esse ponto é essencial para expansão de mercados com maior valor adicionado para quem tem seus negócios baseados na floresta.

Esse desenvolvimento dos negócios comunitários e de suas cadeias de valor requer estratégias diferenciadas de financiamento. O acesso ao capital propicia, a partir de sua aplicação produtiva, a implementação de processos organizacionais que levam ao desenvolvimento desses negócios, tais como o acesso a novos mercados, a conhecimento e tecnologia, a atração e retenção de talentos e a ampliação de parcerias e da rede de relacionamentos.

Nesse contexto, combinar investimento filantrópico com investimento reembolsável em um modelo de investimento híbrido (blended finance²⁶) parece uma alternativa

capaz de destravar recursos financeiros para viabilizar a estruturação de veículos de investimento e de crédito apropriados para a realidade dos negócios comunitários sustentáveis. O Fundo Socioambiental Conexsus tem experimentado financiamento direto para capital de giro e pequenos investimentos, tendo aportado mais de R\$ 10 milhões em negócios comunitários deste perfil. Com um modelo de financiamento orientado, que trabalha junto com os negócios na sua gestão, comercialização e controle financeiro, é possível vislumbrar a importância que esse tipo de mecanismo pode ter para o fomento da sociobioeconomia.

Outra fonte de recursos para a bioeconomia são recursos destinados ao crédito público, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), no caso do Brasil, que oferece taxas muito vantajosas para o tomador de crédito. Contudo, uma parcela insignificante do Pronaf, tanto de custeio quanto de investimento, segue para os negócios rurais de impacto socioambiental, geralmente ligados ao extrativismo de produtos da floresta ou a agro extrativismo, sistema agroflorestal, produtos orgânicos ou em transição para uma produção mais sustentável. Ou seja, negócios que têm um papel crucial na manutenção da vegetação nativa e na transição para uma bioeconomia da floresta em pé.

Nesse sentido os investimentos híbridos podem também ser estratégicos como ponte para que os negócios comunitários acessem o Pronaf, deixando essa carteira mais sustentável em todo Brasil. Tais recursos de investimentos híbridos podem por exemplo compor veículos financeiros que realizam operações que ajudam a estimular o uso do crédito rural como a garantia complementar, aval ou recuperação de crédito.

Referências

Conexsus. Desafio Conexsus (2018). Disponível em: <https://desafioconexsus.org/mapa-desafio-conexsus/>.

Convergence, 2020. How to mobilize private investment at scale in blended finance. [Research Report](#).

Cruz, Quitério, Scretas. O ecossistema de fomento aos investimentos e negócios de impacto: rompendo

²⁶ Financiamento híbrido é o uso estratégico de recursos financeiros para desenvolvimento para a mobilização de financiamento privado adicional em prol do desenvolvimento sustentável (<https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/blended-finance-principles/>).



fronteiras. In: Negócios de impacto socioambiental no Brasil : como empreender, financiar e apoiar / Organizadores: Edgard Barki, Graziella Maria Comini, Haroldo da Gama Torres. - Rio de Janeiro : FGV Editora, 2019.

Nobre, Ismael; Carlos A. Nobre. 2019. "The Amazonia Third Way Initiative: The Role of Technology to Unveil the Potential of a Novel Tropical Biodiversity-Based Economy." In: Loures, L. C. (Org.). Land Use - Assessing the Past, Envisioning the Future. Open Access Book, IntechOpen, 2019. Available for download at: <https://www.intechopen.com/online-first/the-amazonia-third-way-initiative-the-role-of-technology-to-unveil-the-potential-of-a-novel-tropical>

Homma, Alfredo K.O, 2018. Extrativismo, Manejo e Domesticação dos Recursos Vegetais na Amazônia. In May, Peter. 2018. Economia Do Meio Ambiente. Elsevier Brasil

MMA, 2017. Arranjos produtivos locais : APLs de produtos da sociobiodiversidade / Ministério do Meio Ambiente - Brasília, DF.

Pinto, Erika; Azevedo, Andrea. 2017. "Boletim_pauta_n7-Pronaf.Pdf." 7. Boletim Amazônia Em Pauta. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2017/04/boletim_pauta_n7-Pronaf.pdf



Julia Sekula – Uma revolução global dos mercados é potencializada por produtos da bioeconomia amazônica



Julia está cursando um MBA e MSc na Universidade de Stanford, como BOLD Fellow, Instituto Ling Fellow e foi premiada "Person of the Year" da Câmara de Comércio Brasil-Estados Unidos. É conselheira do Instituto Iguá e foi coordenadora do programa de Segurança Climática do Instituto Igarapé e também

fundadora da FinanSOS, uma ONG de consultoria financeira e jurídica para pequenas empresas afetadas pelo Covid-19. Foi uma das autoras do livro "Brasil: Paraíso Restaurável" (Sextante), finalista do Prêmio Jabuti, que constrói uma narrativa do Brasil como potência global através de uma economia verde. Julia cresceu no Brasil, China, Índia, Sri Lanka e Alemanha, e fala inglês, português, alemão e mandarim. É formada em Política e Economia pela Universidade de Londres (Escola de Estudos Orientais e Africanos), com foco em conflito e desenvolvimento econômico. Iniciou sua carreira na mesa de Special Situations/Ativos Estressados do Banco Morgan Stanley, em Londres. Ao retornar ao Brasil, foi convidada para trabalhar na G5 Partners, a nº.1 boutique de investimentos do país.

Natureza e inovações caminham juntas nos negócios mais promissores

Você já imaginou uma mochila de couro plant-based que reduz os gases efeito estufa (GEE) em 80% e os gastos de água em 95% em relação ao couro tradicional²⁷? Ou uma casa, igualzinha à que você mora, construída de concreto de bactéria²⁸? Ou talvez uma camiseta que, igual a plantas, foi feita sequestrando CO₂ do ar²⁹? Pode parecer ficção científica, mas, só em 2021, as empresas americanas e europeias que trabalham na intersecção de biologia e tecnologia levantaram US\$ 18bi de investimento³⁰– mais do que o acumulado nos 10 anos anteriores.

Em um estudo liderado pela McKinsey³¹, 400 inovações maduras na área da biologia (da bioeconomia tradicional à biologia sintética) apontam para um impacto global de US\$4 trilhões por ano ao longo das próximas

décadas. A BCG³² acredita que a oportunidade de inovações baseadas na natureza é maior ainda, representando 40% do PIB global (ou US\$30 trilhões) até 2050. A revolução biológica transformará o nosso mundo.

A Amazônia, hoje, é a nossa maior base de produtos e dados para essa revolução global. Para o setor de biomateriais, precisamos ir "muito além dos [produtos] de sempre. Em três anos, 64 produtos compatíveis com a floresta foram produzidos e exportados (...) com um valor somado de quase US\$300 milhões, dentro de um mercado global de quase US\$200 bilhões", segundo matéria publicada no jornal Valor Econômico de abril de 2021. A Amazônia Legal perde para o Equador no mercado global de palmito, e para a Costa Rica no mercado de abacaxi. Dentro dos nossos modelos agroflorestais, temos a capacidade – mas hoje não fazemos – de competir tanto com produtos como em preservação de floresta (em termos de biodiversidade e sequestro de carbono). O látex amazônico, usado nos sapatos da Veja³³, é um exemplo disso.

A segunda área, no entanto, passa pelo entendimento e pela inteligência desses mesmos biomateriais. A inteligência das plantas se encontra em sua composição genética e molecular. Os negócios inspiradores dos cogumelos yanomâmi³⁴, por exemplo, demonstram as possibilidades do produto. Mas também são os dados genéticos e moleculares dos mesmos cogumelos – coletados, sistematizados e aplicados com machine learning – que podem informar os modelos biossintéticos dos serviços que os cogumelos podem proporcionar para o mundo. No futuro, vamos construir casas, produzir couro e nos livrar do plástico através de inovações baseadas em fungos (para citar apenas alguns exemplos de como os dados

²⁷ Link para saber mais sobre plant-based e descarbonização: <https://www.modernmeadow.com/news/climate-advantages>

²⁸ Link para saber mais sobre biotecnologia e utilização de bactérias na produção de concreto: <https://biomason.com/>

²⁹ Link para saber mais sobre uso de biologia sintética em confecções para sequestro de carbono: <https://www.rubi.earth/>

³⁰ Dados do relatório "Synthetic Biology Venture Investment Report (2021)", disponível no link: <http://uploads.builtwithbiology.com/BWB%20Q4%202021%20Final.pdf>

³¹ Link publicação do estudo: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/how-the-bio-revolution-could-transform-the-competitive-landscape>

³² Link para o relatório: <https://hello-tomorrow.org/bcg-nature-co-design-a-revolution-in-the-making/>

³³ Link para o site da empresa: <https://project.veja-store.com/en/single/rubber/>

³⁴ Link para loja de produtos do Instituto Socioambiental (ISA): <https://loja.socioambiental.org/por-que-comprar-na-loja-do-isa/>





de certas espécies de cogumelo podem incentivar a inovação). Da mesma forma que a Amazônia é múltipla e plural, as soluções da natureza nela contidas também o são.

Apesar de termos o maior laboratório ao ar livre para essas inovações e produzirmos o maior volume de conhecimento científico no tema de biocompostos amazônicos no mundo, aplicações em saúde, cosméticos e alimentação dominam a pauta de aplicação comercial. Aos poucos, essa dinâmica vem mudando, com cada vez mais pesquisas na área de biomateriais (inclusive, as mencionadas nesta publicação). Isso é relevante considerando que mais de 50% das emissões globais são de setores que poderiam se beneficiar com inovações na área de biomateriais. Precisamos abraçar essas oportunidades.

Desde 2014, a Finlândia, com 86% do país coberto por floresta, está se estabelecendo como uma liderança global na incubação de negócios baseados na bioeconomia. No seu Centro de Pesquisa Técnica, mais de 2.100 cientistas trabalham com biologia sintética aplicada a biomateriais, agricultura e energia. Em 2019, o resultado econômico da bioeconomia finlandesa foi de aproximadamente USD 80 Bilhões³⁵. O que representa quase 1/3 do PIB do agro brasileiro – isso em um país 25 vezes menor do que o Brasil, com florestas muito menores e menos biodiversas que as nossas.

O mundo cada vez mais caminha na direção da biologia. Podemos aprender muito com

os casos dos Estados Unidos e da Europa. Primeiro, para construir soluções em escala, precisamos aproximar a nossa comunidade científica com a comunidade tecnológica e de negócios; precisamos conectar os polos de produção científica amazônica com equipes de cientistas de dados e machine learning.

Se não conectarmos a floresta ao mundo tecnológico, vamos ficar para trás. Isso também serve para acesso a capital e capacidade de comercialização: precisamos construir pontes entre a Amazônia e São Paulo, e entre a Amazônia e o Vale do Silício.

Segundo, empresas como a [GingoBioworks](#) (US\$ 5 bilhões em valor de mercado), [Zymergen](#) e [Modern Meadow](#) têm comprovado o valor do modelo da plataforma multilateral para produtos e serviços da bioeconomia. Por que não construímos algo semelhante para a Amazônia? Por fim, precisamos cada vez mais pensar em como transformar, através de life-long learning, os colaboradores das empresas, para acompanhar as mudanças pelas quais as indústrias terão que passar. A biologia, assim como a tecnologia (e a internet), fará parte do nosso dia-a-dia.

Temos muitos desafios pela frente, mas Mancuso e Viola³⁶, aptamente lembram: “inteligência é a capacidade de resolver problemas e as plantas são incrivelmente boas para resolver os seus problemas”. Vamos usá-las.

³⁵ Link para publicação sobre a projeção para o mercado global de bioeconomia: https://www.vttresearch.com/sites/default/files/2021-02/Bioeconomy-products-2035-whitepaper-VTT-Luke_1.pdf

³⁶ Referência ao livro Brilliant Green: The Surprising History and Science of Plant Intelligence.

Mariana Barrella – A necessária reinvenção das indústrias para geração da sustentabilidade dos plásticos



Mariana é diretora executiva (CEO) da Tutiplast Indústria e Comércio Ltda, empresa com sede em Manaus e criada pelo seu pai na década de 90. Possui formação superior em Business Administration na Les Roches Crans-Montana International School of Hotel Management (Suíça) e pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Antes de ingressar na Tutiplast atuou na administração hoteleira e teve experiências de trabalho em vários países. Atualmente, busca com seu trabalho contribuir com o potencial da bioeconomia na Amazônia e com a construção de um futuro mais sustentável.

A interação entre empresas e cientistas na produção de bioplásticos é chave

O mundo vive atualmente uma série de mudanças e de novos desafios, e na indústria de injeção de produtos plásticos não é diferente. Momento esse que tudo está sendo questionado, levando a todos profundas reflexões sobre as escolhas de consumo e como essas escolhas estão afetando o meio ambiente e a sociedade na qual estamos inseridos.

A indústria vem sendo pressionada pela sociedade para se reinventar e assim encontrar novas soluções para mudar a forma como ela se relaciona com o meio. O modus operandi tradicional das fábricas de injeção de produtos plásticos é adquirir das grandes petroquímicas as resinas de origem fóssil, isto é, oriundas do petróleo e seus subprodutos.

Como esse modelo tradicional está cada vez mais sendo questionado por seus clientes devido ao alto passivo ambiental causado pelo consumo exacerbado e pela falta de um processo de logística reversa eficiente, gerando, assim, milhões de toneladas de lixo plástico que são espalhadas pelo mundo afora e causando danos terríveis à natureza. Somado a isso o baixo percentual de reciclagem dos itens plásticos prejudica ainda mais esse cenário.

É fundamental buscar alternativas e soluções inovadoras para tentar equilibrar essa equação que afeta a todos que vivem neste planeta. Sendo assim, a indústria cada dia mais vem buscando novas alternativas de resina para que o produto não se torne um passivo para o meio ambiente quando ele completar o seu ciclo de vida.

Devido à falta de pesquisa e conhecimento científico nas organizações, é fundamental haver uma interação com os centros acadêmicos e seus pesquisadores para que, assim, os avanços aconteçam de forma consistente e com a celeridade necessária para encontrar novas alternativas e desenvolver soluções concretas de produtos injetados com bioplásticos.

Esse foi o caminho encontrado por nós da Tutiplast para tentar contribuir com esse novo jeito de produzir e, assim, sermos pioneiros na região norte do Brasil em produtos plásticos ambientalmente sustentáveis. Acredito como gestora da empresa no enorme potencial existente na região amazônica, na qual existe um acervo imensurável de insumos com propriedades únicas e que podem ser excelentes substitutos e revolucionar a indústria e suas aplicações.

Somos hoje uma empresa B2B, localizada em Manaus, Amazonas, de injeção de produtos plásticos para os mais diversos segmentos e acreditamos que sim, é possível fazer esses produtos com resinas de origem vegetal. E foi na busca de parceiros que estivessem dispostos a criar essa solução conosco que encontramos o Idesam e a WTT.

A conexão criada entre os diferentes participantes desse grupo permitiu que o projeto tivesse competências diversas e conhecimentos específicos e com isso ganhou maturidade para seguir avançando. Como parte integrante do projeto, nossas contribuições foram voltadas a capacidades do processo e possibilidades reais de aplicação dessas resinas.

O projeto foi dividido em duas etapas, visto que queremos obter ganhos reais no curto prazo. A primeira etapa consiste em desenvolver uma resina misturada (blended) com um percentual relevante de origem vegetal. O projeto tem como objetivo utilizar esse insumo “verde” (bioplástico) de plantas típicas da região amazônica, visto o enorme portfólio existente na nossa floresta, e também gerar emprego e renda para as comunidades que fornecem esses materiais.

A segunda etapa do projeto consiste em desenvolver uma resina que seja de origem 100% vegetal proporcionando, assim, um novo caminho e um novo olhar para a indústria,





criando uma nova matriz e sendo uma opção menos nociva ao meio ambiente e mais socialmente inclusiva.

Mas isso só se torna possível se houver o apoio e contínua interação com a pesquisa e desenvolvimento dos centros acadêmicos da região Norte, pois o conhecimento da nossa biodiversidade é único e muito específico.

Além de acreditar nesse projeto do bioplástico feito com fibras da Amazônia, eu acredito no enorme potencial existente no desenvolvimento de parcerias entre a academia, a indústria e as organizações que focam na preservação e no uso consciente dos insumos da floresta amazônica.

Uma vez estabelecida a relação de parceria, o polo industrial pode e deve contribuir sendo o

local para se fazer os ensaios, testar as soluções em escala industrial para que essas pesquisas ganhem a notoriedade que precisam e, como consequência, a região possa evoluir e desenvolver todo o seu potencial com foco na biodiversidade.

É fundamental que a academia também tente se aproximar da indústria, ouvindo e entendendo as dores e lacunas existentes hoje para que as pesquisas sejam elaboradas a partir das necessidades reais mapeadas. Com o fortalecimento dessa relação entre a academia e a indústria, o processo tende a se tornar mais eficaz e a região pode se tornar o grande polo da bioeconomia do país.

Tenho a certeza que com esse projeto e com a sinergia entre os diferentes setores envolvidos obteremos inúmeros benefícios para os habitantes da região amazônica, para a economia e para a preservação da floresta.



Ricardo Abramovay – A natureza como valor ético e econômico deve nortear as atividades produtivas



Ricardo é professor sênior do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (USP). Fez sua carreira acadêmica no Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária (FEA/USP), onde se tornou professor titular em 2001. Sua pesquisa aborda diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável. É autor de dezenas de artigos científicos e vários livros, entre os quais: "Amazônia: Por uma Economia do Conhecimento da Natureza" (Editora Elefante), "Paradigmas do Capitalismo Agrário em Questão" (Edusp), "Muito Além da Economia Verde" (Planeta Sustentável). É colunista do UOL e coautor do capítulo sobre bioeconomia do Painel Científico sobre Amazônia.

Bioeconomia exige sobriedade no uso da natureza

Cada habitante da Terra descartou, em 2019, cerca de oito quilos de lixo eletrônico³⁷. Estes resíduos altamente tóxicos vêm crescendo em ritmo acelerado: em 2014 somavam 44 milhões de toneladas, em 2019 atingiram 53,6 milhões de toneladas e a previsão para 2030 é de 74,7 milhões de toneladas, quase dez quilos per capita.

Pesquisas recentes e startups têm avançado no sentido de substituir esses materiais tóxicos por peças de madeira transformadas para que possuam as propriedades de condução de energia, sensibilidade ao toque e outras características necessárias ao funcionamento dos dispositivos digitais. Trabalhando nos polímeros naturais das células das paredes das madeiras e na lignina, os cientistas estão encontrando potenciais da madeira até aqui desconhecidos que são altamente promissores.

Ainda estamos longe do celular biodegradável, mas este é um exemplo de inovação tecnológica que se apoia nas ciências da vida para enfrentar alguns dos mais graves problemas socioambientais contemporâneos. Que se trate de alimentação, saúde, habitação, moda, mobilidade ou energia, a bioeconomia tem relevância cada vez maior.

Estudo da Academia de Ciências, Engenharia e Medicina³⁸ dos EUA estima que a bioeconomia

é um setor que corresponde a 5% do PIB norte-americano, cerca de um trilhão de dólares.

Mas, muito mais que um setor econômico, a bioeconomia é, antes de tudo, um valor de natureza ético-normativa. Num mundo marcado pelo tríplice desafio de combater a crise climática, a erosão da biodiversidade e o avanço global das desigualdades, a oferta de bens e serviços só poderá satisfazer as necessidades humanas de forma durável se estiver organicamente articulada à emergência de uma vida social que regenere os tecidos socioambientais que, até aqui, o crescimento econômico vem sistematicamente destruindo.

Qualquer atividade produtiva atual tem que formular explicitamente a pergunta: de que maneira este produto ou este serviço vai contribuir para enfrentar estes três desafios? A bioeconomia responde a esta pergunta com base em ciência, tecnologia, inovação, mas, sobretudo, com respeito, sobriedade e busca de sentido para a oferta dos bens e serviços que compõem nossas vidas. Por que ampliar incessantemente a produção agrícola diante de um mundo que adocece pela pandemia de obesidade e pelo consumo excessivo de carnes por parte de segmentos tão expressivos da população? Qual o sentido de aumentar a produção de automóveis individuais, diante da degradação custosa das cidades, na vã esperança de melhorar o trânsito? Mesmo que fosse toda feita com algodão orgânico, como justificar que um norte-americano compre anualmente, em média, 36 quilos de roupa³⁹?

Bioeconomia não é e não pode ser o caminho para que a sociedade mantenha seus atuais padrões de consumo e de desperdício, mas minimizando os impactos destes hábitos.

Ela consiste no uso da ciência e da tecnologia para que emergja uma economia que se inspire na natureza em seu processo de inovação, mas que, ao mesmo tempo, contribua para que o conjunto dos atores econômicos façam da oferta de bens e serviços um meio para enfrentar e resolver nossos mais importantes problemas socioambientais. Sobriedade é o nome mais adequado para este jogo.

³⁷ Link para publicação "The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential", organizada pelo United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR): https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf

³⁸ Link para resumo da publicação "Safeguarding the Bioeconomy" (2020): <https://nap.nationalacademies.org/catalog/25525/safeguarding-the-bioeconomy>

³⁹ Link para relatório "A new textiles economy: Redesigning fashion's future": <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>

Tatiana Schor – Ciência e tecnologia devem ser aliadas da preservação e promoção do uso sustentável da biodiversidade com redução das desigualdades



Tatiana é professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas (Ufam) e, entre 2019 e 2022, exerceu o cargo de Secretária Executiva na Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Inovação, a qual inclui o Núcleo de Integração e Desenvolvimento da Faixa de Fronteira

(Niffam), junto à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Amazonas (Sedecti). É economista pela Universidade de São Paulo (USP) com doutorado em Ciência Ambiental também pela USP, tendo ainda realizado estágio de pós-doutorado pela Universidade da Cidade de Nova Iorque, nos Estados Unidos. Foi professora visitante na Universidade de Columbia, Estados Unidos, com financiamentos do prêmio Cátedra Ruth Cardoso e de uma bolsa Fulbright-Capes. Também exerceu o cargo de coordenadora do Centro Estadual de Unidades de Conservação e de secretária adjunta de Planejamento da Secretaria de Estado de Produção Rural do estado do Amazonas. Tatiana tem atuado nas áreas de Geografia Humana, Geografia Econômica, Geografia Urbana e Ciência Ambiental, sendo uma importante referência sobre temas relacionados à bioeconomia na Amazônia.

As tecnologias transformadoras do mundo e a bioeconomia na Amazônia

A sociedade humana busca transformações rápidas em áreas estratégicas para a sobrevivência da espécie. O rápido crescimento populacional, o aumento da produção industrial e o consequente incremento de demanda por matéria-prima e geração de resíduos impactam os cursos d'água, o clima e a qualidade de vida. Este processo movido a motor a combustão, fortemente dependente do petróleo e seus derivados, coloca em xeque a sustentabilidade da vida no planeta.

O conhecimento da natureza é o mecanismo para que se construa futuros possíveis. Na Amazônia ainda temos uma enorme natureza a ser conhecida. A bioeconomia é uma das vertentes de conhecimento sobre a natureza, chave para a inovação nas tecnologias que transformam o mundo.

O estado do Amazonas elaborou uma nota técnica na qual define conceitualmente o que entende como bioeconomia para fins de construção de políticas públicas. Bioeconomia definida na Nota Técnica 001 refere-se ao conjunto de atividades econômicas de produção, fomento à produção, distribuição e consumo de bens e serviços provenientes de recursos

da sociobiodiversidade. A bioeconomia amazônica diz respeito a estruturas de mercado pautadas em produtos e processos que partem de quatro princípios norteadores: 1) Conservação da biodiversidade; 2) Ciência e tecnologia voltadas ao uso sustentável da sociobiodiversidade; 3) Diminuição das desigualdades sociais e territoriais e; 4) Expansão das áreas florestadas biodiversas e sustentáveis. As bases da bioeconomia no Amazonas encontram-se diretamente ligadas aos recursos nativos da fauna, flora e microrganismos do bioma amazônico. Todavia, também são considerados como recursos da bioeconomia amazônica aqueles que não são recursos nativos, mas estão há tanto tempo inseridos na cultura local que acabaram sendo incorporados aos modos de vida.

Entende-se que no Amazonas, dada a complexidade da bioeconomia e seus mercados imperfeitos, é mais adequado se pensar em redes de conhecimento produtivo do que em cadeias produtivas propriamente ditas.

As redes de conhecimentos produtivos no Amazonas são fundamentais para se entender o estado da arte das estruturas de mercado da bioeconomia, das inovações existentes sobre os produtos e processos e construir mecanismos colaborativos que fortaleçam os princípios norteadores da bioeconomia amazônica citados anteriormente.

Considerando esses pressupostos, e partindo do Framework desenvolvido pela Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Inovação do Amazonas em parceria com a iniciativa “Uma Concertação pela Amazônia⁴⁰”, é possível classificar a bioeconomia no Amazonas, para fins de construção de políticas públicas, em três setores: 1) Sociobiodiversidade; 2) de base Florestal e; 3) de Commodities. Cada um desses setores corresponde a um determinado arranjo de rede que necessita de entendimentos, investimentos e formas de fortalecimento diferenciadas, onde cada um tem a sua escala, seus modos de funcionamento e sua conformação territorial. O desafio da construção de políticas públicas neste âmbito é justamente conseguir distinguir cada setor por sua especificidade

⁴⁰ <https://pagina22.com.br/2021/02/01/o-valor-da-diversidade-para-a-bioeconomia/>



e ao mesmo tempo criar sinergias entre eles.

Dada a constatação dos três setores, entendemos que as tecnologias inovadoras que visem transformar os produtos e processos precisam se adequar às diferentes escalas e redes de conhecimento produtivos da bioeconomia.

Cada processo inovador necessita considerar as questões culturais, as salvaguardas socioambientais, os diversos territórios e o impacto a ser gerado para que essas tecnologias possam de fato ser transformadoras de mundos em um processo que fortaleça as populações locais e mantenha a floresta em pé.

No setor da bioeconomia da sociobiodiversidade são necessárias tecnologias adequadas às temporalidades históricas de cada grupo étnico e tradicional. É preciso embutir mecanismos de tradução das inovações em tecnologias sociais com amplo impacto nas sociedades locais e construção de mercados justos que distribuam valor e renda ao longo de todo processo respeitando os tempos e desejos dos coletivos, nódulos primordiais na rede de conhecimentos produtivos da sociobiodiversidade.

Já no setor da bioeconomia florestal as inovações têm como desafio ampliar os mercados, diversificar os produtos, sistematizar dados e construir mecanismos que completem as imperfeições das estruturas de mercado característico deste setor. É necessário criar tecnologias e inovações que possibilitem ampliar a escala de produção mantendo os princípios que regem a definição de bioeconomia em especial o princípio 4, ou seja, da expansão das áreas florestadas biodiversas e sustentáveis.

A bioeconomia de commodities pode ser separada em duas: a Tradicional vinculada às principais commodities agropecuárias brasileiras, e a bioeconomia commodities inovadoras. Na bioeconomia de commodities tradicional é necessário criar mecanismos que visem a sustentabilidade na produção e possibilitem relações colaborativas com as demais bioeconomias. A demanda por rastreabilidade e controle sobre a cadeia produtiva da pecuária e da soja são exemplos de como a demanda por processos que incorporem inovação na produção visando a sustentabilidade da floresta, ou pelo menos a diminuição das taxas de desmatamento.

É também necessário criar mecanismos colaborativos entre a produção extensiva e rápida com os outros tempos produtivos da sociobiodiversidade. São desafios de diversas ordens.

No caso da bioeconomia commodities inovadoras as tecnologias aplicadas a produtos e processos estão fortemente vinculadas à pesquisa e desenvolvimento dos Institutos de Ciência e Tecnologia e das empresas especializadas. O desenvolvimento de biomateriais é a base deste setor e o conhecimento da natureza é o substrato. Investir em pesquisa básica, no conhecimento dos seres e do ecossistema da floresta e dos rios é o ponto de partida para o desenvolvimento de pesquisa aplicada que tenha como objetivo produzir biomateriais que possam suprir as novas demandas de produtos sustentáveis e criar mecanismos que possibilitem a bioeconomia circular se transformar em um setor estratégico da indústria.

Entende-se que inovações e tecnologias transformadoras são essenciais em todas as escalas e que preocupações com relação a salvaguardas socioambientais e a repartição de benefícios e colaboração em pesquisa são elementos estruturantes para essa transformação na matriz de desenvolvimento sustentável e socialmente justo.



Outras paisagens amazônicas: natureza e comunidades. Foto: Márcia Tait



Seguir navegando é preciso

Bioeconomia para quem?

Ao longo deste processo de imersão em inúmeras pesquisas desenvolvidas no Brasil a partir de insumos amazônicos, verificou-se sua aplicabilidade às mais diversas e estratégicas soluções em saúde (saúde pública, tratamento de câncer, validação do conhecimento e medicina tradicionais), agricultura e nutrição (proteção e melhoramento de cultivos, alimentos funcionais), tecnologias verdes (construção sustentável, energias limpas, redução e revalorização de resíduos, otimização de recursos) e desenvolvimento de materiais avançados (biopolímeros).

As pesquisas analisadas neste trabalho ajudam a compreender com maior profundidade a dimensão e alcance das inovações propostas. Esta vivência, ao apresentar o estado da arte em estudos sobre a biodiversidade amazônica, clarifica também seu papel na promoção do equilíbrio ambiental, econômico e social de forma regenerativa, integrada, harmônica e sustentável. Aponta, igualmente, para ações estratégicas futuras, com desenvolvimentos direcionados a aspectos tão urgentes quanto a saúde coletiva, segurança alimentar e promoção da qualidade de vida. Da mesma forma, evidencia os possíveis impactos resultantes do estreitamento das relações da academia com segmentos empresariais estratégicos.

Assim, as atividades desenvolvidas pelos centros de pesquisa, como apresentado neste documento, validam a importância das práticas de colaboração dirigida entre os atores do sistema de CT&I do país, com foco em inovações orientadas à solução dos inúmeros desafios socioambientais e eventual busca por novos parceiros - missão do COI - e expandem o espectro de possibilidades de atuação para superação desses desafios, nacional e globalmente.



Barco preparado para navegação pelo Rio Tapajós. Foto: Márcia Tait

Glossário

Alimentos funcionais	Alimentos caracterizados por oferecer benefícios à saúde e pelo valor nutritivo inerente à sua composição química. Podem desempenhar um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônico-degenerativas. São compostos por substâncias naturais em elevada concentração (ou estão presentes em alimentos que normalmente não os aportariam), podendo aumentar o bem-estar, a saúde, reduzir o risco de ocorrência de doenças e melhorar a qualidade de vida (desempenhos físico, psicológico e comportamental)
Apoptose	Forma programada de morte celular, que ocorre por meio de um processo ordenado para a eliminação, pelo sistema imunológico, de células infectadas ou danificadas
Atividade antinociceptiva	Anulação ou redução de percepção e transmissão de estímulos que causam dor
Bactérias anaeróbias	Bactérias incapazes de metabolismo aeróbio, mas que exibem tolerância variável ao oxigênio (Estritas: só toleram $\leq 0,5\%$ de oxigênio; Moderadas: toleram de 2% a 8% de oxigênio; Anaeróbias aerotolerantes: toleram oxigênio atmosférico por tempo limitado)
Bioacumulação	Processo pelo qual substâncias (ou compostos químicos) são absorvidos pelos organismos. Ocorre de forma direta (assimilação das substâncias a partir do solo, sedimentos ou água) ou de forma indireta (ingestão de alimentos contendo essas substâncias). Em ambientes aquáticos, frequentemente, ocorrem de forma simultânea
Bioatividade	Atividade biológica (ou farmacêutica), descreve os efeitos benéficos ou adversos de uma droga na matéria viva
Biocarvão	Resíduo sólido obtido a partir do processamento de diferentes matérias-primas de origem vegetal; pode ser um insumo valioso para a agropecuária, atuando como condicionador de solo e melhorando suas características biológicas, físicas e químicas
Biopolímeros	Polímeros constituídos de unidades monoméricas ligadas covalentemente para formar moléculas maiores, produzidos pelas células de organismos vivos
Cargas	Materiais empregados como agentes de reforço em matrizes poliméricas, na forma de partículas (microesferas de vidro, metálicas, negro de fumo, carbonatos), obtidos por processos de moagem, precipitação em solução, atomização. Influenciam as propriedades mecânicas e térmicas de compósitos em função do tamanho, dispersão e fração volumétrica das partículas na matriz
Carotenóides	Família de compostos pigmentados (principalmente amarelos, alaranjados ou avermelhados), lipossolúveis, sintetizados por plantas e microorganismos. Classificados de acordo com a presença de oxigênio em sua estrutura química (xantofilas: contém oxigênio e carotenos: não contém oxigênio)
Categorias taxonômicas	Sistema hierárquico de táxons: Reino: a maior das categorias, é constituída por um conjunto de filos; Filo: constituído por um conjunto de classes; Classe: constituída por um conjunto de ordens; Ordem: constituída por um conjunto de famílias; Família: constituída por um conjunto de gêneros; Gênero: constituído por um conjunto de espécies; Espécie: grupo de organismos capazes de reproduzir-se e originar descendentes férteis
Cianobactérias	Grupo de bactérias fotossintéticas adaptadas evolutivamente, para viver sob condições ambientais com baixos teores de oxigênio. Algumas espécies são fixadoras de nitrogênio e vivem em solos úmidos e água, livremente ou em relação simbiótica com plantas ou fungos formadores de líquen
Cisplatina	Fármaco injetável que destrói neoplasmas ou células malignas, evitando ou inibindo crescimento e disseminação de tumores
Compósitos	Estruturas ou componentes resultantes da combinação de dois ou mais materiais distintos em suas propriedades físicas (mistura macroscópica) de dois ou mais constituintes (fases) que apresentam morfologias distintas. Constituem-se de uma matriz contínua (geralmente uma matriz polimérica) e uma outra fase de reforço, normalmente na forma de fibras, a partir de uma interação química e/ou física entre a matriz polimérica e o reforço fibroso
Compostos bioativos	Compostos que têm efeitos sobre um organismo vivo, tecido ou célula, não sendo essenciais para a sustentabilidade do corpo (que pode funcionar adequadamente sem eles) mas que podem ter grande influência sobre a saúde
Compostos fenólicos	Classe de compostos químicos formados por um grupo hidroxila ligado diretamente a um grupo hidrocarboneto aromático, classificados como fenóis simples ou polifenóis, com base no número de unidades de fenol na molécula
Compostos fitoquímicos	Compostos químicos derivados de plantas; metabólitos secundários encontrados nas plantas, com funções na biologia humana e vegetal
Construção sustentável	Forma de construção que busca, durante as etapas de produção e pós-construção, amenizar os impactos à natureza, reduzir a geração de resíduos e utilizar materiais e recursos naturais (como água e energia) com a maior eficiência
Efeitos citotóxicos	Capacidade de células de destruir outras células, através da libertação de determinadas substâncias nocivas
Endocarpo	Camada bastante fina que reveste a cavidade dos frutos, que fica em contato com as amêndoas (ou sementes)
Energia limpa	Energia produzida a partir de fontes de energia renováveis, disponível em maior ou menor abundância na natureza, que não libera gases prejudiciais na atmosfera e cuja produção tem impacto aos ecossistemas inferior ao das fontes de energia não renováveis
Estudos epidemiológicos	Estudos da frequência, distribuição e determinantes dos problemas de saúde em populações humanas. Principal ciência de informação de saúde, é a ciência básica para a saúde coletiva

Eucariótica	Células com núcleo envolvido por uma membrana nuclear (tecido fino), encontradas em seres vivos unicelulares ou pluricelulares; pertencem à classe dos fungos, animais, protozoários e plantas
Inovação social	Práticas sociais inovadoras criadas com o objetivo de ampliar e fortalecer a sociedade civil (em quesitos como condições de trabalho, educação, desenvolvimento comunitário ou saúde)
Lipossolubilidade	Capacidade de uma molécula de se dissolver em gorduras (ou moléculas mais apolares)
Luteína	Carotenóide natural sintetizado apenas por plantas, encontrado em grandes quantidades em vegetais de folhas verdes, como espinafre, couve e cenoura amarela
Microalgas	Algas unicelulares que crescem em água doce ou salgada. O termo microalga designa um grupo polifilético de características metabólicas semelhantes (surgiram e evoluíram em tempos diferentes, mas com mecanismos intracelulares semelhantes). Inclui as algas verdes (eucarióticas) e as cianobactérias (procarióticas) que variam de alguns a poucas centenas de micrômetros (1µm = 10 ⁻⁶ m)
Nutracêuticos	Alimentos e componentes alimentícios, que proporcionam benefícios à saúde, como prevenção e/ou tratamento de doenças. Sua ação varia de suprimento de minerais e vitaminas essenciais, até a proteção contra doenças infecciosas. Apresentados como suplementos dietéticos, dietas geneticamente planejadas, alimentos funcionais, cereais, contêm fibras dietéticas, ácidos graxos polinsaturados, proteínas, peptídeos, aminoácidos ou cetoácidos, minerais, vitaminas e antioxidantes
Polimerização	Reação química na qual grande número de moléculas do(s) monômero(s) se combina, formando uma macromolécula
Polímeros biodegradáveis	Materiais poliméricos (sintéticos ou naturais) que se degradam em dióxido de carbono, água e biomassa, como resultado da ação de microrganismos ou enzimas
Tecnologias verdes	Desenvolvimento, fabricação e disposição final de soluções obtidas a partir de processos produtivos sustentáveis, conduzidos de modo a causar os menores impactos possíveis aos ecossistemas terrestres
Terapia fotodinâmica	Reação fotoquímica que envolve a administração de uma substância fotossensibilizante, sua ativação subsequente pela luz de comprimento de onda correspondente ao espectro de absorção do fotossensibilizador, e oxigênio
Tipologias	Estudo sistemático dos traços característicos de um conjunto de dados para definir diferentes categorias e determinar tipos ou sistemas

Bibliografia e referências adicionais consultadas no estudo

CNPq, Plataforma Lattes (2022). Disponível em <https://lattes.cnpq.br/> (<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do>). Acesso em 12.04.2022

Cordeiro, R. M.; de S. e Silva, A. P.; Pinto, R. H. H.; Costa, W. A.; da Silva, S. H. M.; de Souza Pinheiro, W. B.; Arruda, M. S. P.; Carvalho Junior, R. N. (2019). **Supercritical CO₂ extraction of ucuúba (*Viola surinamensis*) seed oil: global yield, kinetic data, fatty acid profile, and antimicrobial activities.** Chemical Engineering Communications, 206:1, 86-97, DOI: 10.1080/00986445.2018.1474741

Crespo-López, M. E.; Soares, E. S.; Macchi, B. d. M.; Santos-Sacramento, L.; Takeda, P. Y.; Lopes-Araújo, A.; Paraense, R. S. d. O.; Souza-Monteiro, J. R.; Augusto-Oliveira, M.; Luz, D. A.; Maia, C. d. S. F.; Rogez, H.; Lima, M. d. O.; Pereira, J. P.; Oliveira, D. C.; Burbano, R. R.; Lima, R. R.; do Nascimento, J. L. M.; Arrifano, G. d. P. (2019). **Towards Therapeutic Alternatives for Mercury Neurotoxicity in the Amazon: Unraveling the Pre-Clinical Effects of the Superfruit Açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.) as Juice for Human Consumption.** Nutrients 2019, 11, 2585. <https://doi.org/10.3390/nu1112585>

de Souza, V. R.; Brum, M. C. M.; Guimarães, I. d. S.; dos Santos, P. d. F.; do Amaral, T. O.; Abreu, J. P.; Passos, T.; Freitas-Silva, O.; Gimba, E. R. P.; Teodoro, A. J. (2019). **Amazon Fruits Inhibit Growth and Promote Proapoptotic Effects on Human Ovarian Carcinoma Cell Lines.** Biomolecules 2019, 9, 707. <https://doi.org/10.3390/biom9110707>

Gombeau, K.; de Oliveira, R. B.; Sarrazin, S. L. F.; Mourão, R. H. V.; Bourdineaud, J. P. (2019). **Protective Effects of *Plathymenia reticulata* and *Conarus favosus* Aqueous Extracts against Cadmium- and Mercury-Induced Toxicities.** Toxicol Res. 2019;35(1):25-35. doi:10.5487/TR.2019.35.1.025

Hornung, P. S.; Masisi, K.; Malunga, L. N.; Beta, T.; Ribani, R. H. (2018). **Natural bioactive starch film from Amazon turmeric (*Curcuma longa* L).** Polymer Bulletin, 75(10), 4735-4752. doi:10.1007/s00289-018-2285-2

Jesus, F. L. M.; de Almeida, F. B.; Duarte, J. L.; Oliveira, A. E. M. F. M.; Cruz, R. A. S.; Souto, R. N. P.; Ferreira, R. M. A.; Kelmann, R. G.; Carvalho, J. C. T.; Lira-Guedes, A. C.; Guedes, M.; Solans, C.; Fernandes, C. P. (2017). **Preparation of a Nanoemulsion with *Carapa guianensis* Aublet (*Meliaceae*) Oil by a Low-Energy/Solvent-Free Method and Evaluation of Its Preliminary Residual Larvicidal Activity.** Evid Based Complement Alternat Med. 2017;2017:6756793. doi: 10.1155/2017/6756793. Epub 2017 Jul 17. PMID: 28798803; PMCID: PMC5535731.

Mourão, M. M.; Gradíssimo, D. G.; Santos, A. V.; Schneider, M. P. C.; Faustino, S. M. M.; Vasconcelos, V.; Xavier, L. P. (2020). **Optimization of Polyhydroxybutyrate Production by Amazonian Microalga *Stigeoclonium* sp. B23.** Biomolecules 2020, 10, 1628. <https://doi.org/10.3390/biom10121628>

Pennas, L.; Cattani, I.; Leonardi, B.; Seyam, A.-F.; Midani, M.; Monteiro, A.; Baruque-Ramos, J. (2019). **Textile Palm Fibers from Amazon Biome.** Materials Research. Materials Research Proceedings Vol. 11. 262-274. 10.21741/9781644900178-22.

Seyam, A.-F. M.; Monteiro, A. S.; Midani, M.; Baruque-Ramos, J. (2017). **Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from Tururi palm tree (*Manicaria saccifera* Gaertn) fibrous material.** Composites Part B: Engineering, Volume 111, 2017, Pages 17-26, ISSN 1359-8368, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.040>.

Silva, A. P. d. S.; Rosalen, P. L.; de Camargo, A. C.; Lazarini, J. G.; Rocha, G.; Shahidi, F.; Franchin, M.; de Alencar, S. M. (2021). **Inajá oil processing by-product: A novel source of bioactive catechins and procyanidins from a Brazilian native fruit.** Food Research International, Volume 144, 2021, 110353, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110353>.

coi

CENTRO DE
ORQUESTRAÇÃO
DE INOVAÇÕES.