

Para desenvolver bionegócios na Amazônia

Para desarrollar bionegocios en la Amazonia

To develop biobusinesses in the Amazon

AUTORES

Claudio Ruy Vasconcelos da Fonseca*

claudioruy.fonseca@gmail.com

Adalberto Luis Val**

dalval.inpa@gmail.com

* Mestre em Ciências Biológicas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA, Brasil). Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (USP, Brasil). Pesquisador titular do INPA.

** Mestre e doutor em Ciências Biológicas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA, Brasil). Pós-doutorado Universidade da Columbia Britânica (Canadá). Membro titular da Academia Brasileira de Ciência. Pesquisador titular do INPA.

RESUMO:

As riquezas naturais amazônicas que sempre foram exploradas como *commodities*, favorecem mercados externos que são capazes de acrescentar inovações e, invariavelmente, retornam aos primitivos donos com valores muito elevados, quase proibitivos aos amazônidas. Estruturar um sistema promissor para uso da biodiversidade e das informações que contém, com conservação ambiental e geração de renda na Amazônia e para a Amazônia, requer ações em múltiplas dimensões. Os investimentos devem não só contemplar o fortalecimento das instituições de ensino e pesquisas da região, mas também ampliar a capacidade de produção de informações robustas voltadas para a inclusão social e geração de renda, para a bioeconomia, para a conservação ambiental, para a saúde e para a educação, entre outras. Note que é preciso ir além do convencional como investimentos setorializados ou parciais – um sistema complexo como a Amazônia requer investimentos estratégicos e holisticamente realizados.

RESUMEN:

Las riquezas naturales de la Amazonia, que siempre fueron explotadas como *commodities*, favorecen a los mercados externos capaces de aportar valor añadido e, invariablemente, regresan a los propietarios originales a precios muy elevados, casi prohibitivos, para los amazónicos. Estructurar un sistema promotor de uso de la biodiversidad y de la información que ésta contiene, con conservación ambiental y generación de renta en y para la Amazonia, exige acciones en múltiples dimensiones. Las inversiones no solo deben contemplar el fortalecimiento de las instituciones de enseñanza e investigación de la región, sino también ampliar la capacidad de producir información sólida dirigida a la inclusión social y la generación de ingresos, la bioeconomía, la conservación del medio ambiente, la salud y la educación, entre otros. Nótese que es necesario ir más allá de lo convencional como con inversiones sectoriales o parciales - un sistema complejo como la Amazonia requiere inversiones estratégicas, realizadas de forma holística.

ABSTRACT:

The natural riches of the Amazon, which have always been exploited as commodities, favor external markets capable of adding innovations and, invariably, returning to the original owners at extremely high values, almost prohibitive for Amazonians. Structuring a promising system for using biodiversity and the information it contains with environmental conservation and income generation in and for the Amazon, requires actions in multiple dimensions. The investments should not only contemplate the strengthening of teaching and research institutions in the region but also expand the capacity to produce robust information aimed at social inclusion and income generation, bioeconomy, environmental conservation, health, and education, among others. Note that it is necessary to go beyond the conventional as sectorized or partial investments - a complex system such as Amazon requires strategic and holistically realized investments.

1. Introdução

Desde o século XVI, a colonização da Amazônia tem passado por momentos conflituosos, uma vez que a busca por especiarias sempre movimentou o mercado mundial. Naquele momento, Portugal e Espanha disputavam a hegemonia desse mercado e dividiram o mundo quando, em 1494, logo após o descobrimento da América, assinaram o Tratado de Tordesilhas, que definia uma linha de demarcação localizada a 370 léguas a oeste da ilha de Santo Antão, no arquipélago de Cabo Verde. Era um meridiano do Polo Sul ao Polo Norte.

Caberia à Espanha as terras do lado ocidental, e a Portugal as do lado oriental, numa tentativa de resolver questões demarcatórias envolvendo as descobertas espanholas e portuguesas no novo mundo. No entanto, segundo Gadelha (2002, p. 66), Portugal nunca se manteve a leste e, por esse motivo, um novo tratado foi assinado (Tratado de Madrid, 1750), dando a Portugal o domínio que incluía quase toda área que corresponde atualmente à Amazônia brasileira.

Séculos de colonização amazônica foram acompanhados por diferentes cenários de desenvolvimento, a começar pela extração das riquezas naturais, as chamadas drogas do sertão, e depois com a implantação do capital mercantil que ganhou expressão em culturas como cacau, cana de açúcar, entre outras. Em seguida, durante o século XIX, a borracha passa a ser parte substancial da economia local, em virtude de interesses que moviam grandes transformações na revolução industrial (Barata, 1973). Porém, os modelos econômicos sempre foram concebidos para extrair *commodities*, exportando-as, fato que gerava algum progresso econômico local, porém, favorecia grandemente centros comerciais na Europa (Sousa & Figueiredo, 2015, p. 141).

No século XX, surgem as primeiras universidades na Amazônia, e uma tentativa promissora tem início, mas, a criação de uma economia baseada em conhecimento autóctone é ainda inconclusa. As universidades federais juntamente a outras instituições de pesquisas formam o cerne da produção intelectual regional, sendo sua produção voltada, principalmente, à compreensão da dimensão da riqueza natural regional, as imbricações entre o mundo vivo e o mundo físico, tendo inicialmente uma preocupação naturalista muito evidente.

No final da segunda metade do século XX, a academia amazônica procura não somente entender a complexidade e a complicabilidade da riqueza natural, ou seja, passa a desdobrar as várias camadas que tornam possível o aproveitamento do ativo natural, e passa a mirar oportunidades visando a criação de bem-estar social. Começa, então, um movimento que dá origem ao aparecimento de grupos de pesquisas voltados a projetos mais aplicados, com preocupações em botânica econômica e química de produtos naturais. Tal ambiente incentivou o surgimento de um tímido conjunto de empresas de base tecnológica, que produziu concentrados, fitoterápicos e cosméticos, tendo como insumo a biodiversidade.

No início do século XXI, surge a possibilidade de adensar pesquisas para uso da biodiversidade, com o nascimento do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA), construído na cidade de Manaus, no estado do Amazonas. Foi uma iniciativa do governo federal, mas que deveria ter um caráter misto, ou seja, receber recursos do governo federal tendo uma administração empresarial, uma vez que necessitaria atuar como indutor de uma rede de laboratórios que forneceriam conhecimento para a formação de um polo de bioindústrias, uma alternativa coadjuvante ao modelo econômico da Zona Franca de Manaus.

Desde o surgimento do CBA, em 2002 até este momento, um lapso de 20 anos; seu papel não foi efetivamente executado. O CBA veio para criar alternativas econômicas mediante a

PALAVRAS-CHAVE

**Amazônia;
bionegócios;
biodiversidade;
tecnologia.**

PALABRAS CLAVE

**Amazonia;
bionegocio;
biodiversidad;
tecnología.**

KEYWORDS

**Amazon;
biobusiness;
biodiversity;
technology.**

**Recibido:
23/03/2023**

**Aceptado:
17/07/2023**

inovação tecnológica para o melhor aproveitamento econômico e social da biodiversidade amazônica de forma sustentável. Lamentavelmente, a burocracia federal e interesses oligárquicos não permitiram que essa importante iniciativa trouxesse avanços. Porém, deveria ser o ponto de inflexão para espelhar pesquisas laboratoriais em bens de consumo, transformando potencial em realidade, não concretizado em função da falta de uma identidade jurídica, que ainda perdura, para o CBA.

Apesar de iniciativas concretas, a riqueza continua como potencial, dando oportunidade para que grupos de países mais aguerridos cientificamente se tornem protagonistas na transformação da biodiversidade, forçando o Brasil a permanecer no portfólio de compradores das inovações. Vemos nesse momento produtos diversos com origem amazônica sendo comercializados por países não amazônicos, como é o caso do peixe tambaqui, *Colossoma macropomum*, que é exportado pela China (Biernath, 2023, p. 1).

A biodiversidade ocupa um lugar especial no imaginário brasileiro, vista como recurso estratégico para o desenvolvimento e sustentabilidade que talvez seja inalcançável, algo que pode ser produzido, mas que não existe na realidade, como ressalta Clement e Fonseca (2008, p. 128). Na Amazônia brasileira vivem 24 milhões de habitantes (IBGE, 2022), representando 13% da população nacional. São pessoas que ambicionam por desenvolvimento social e econômico, mas, seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,7 é considerado baixo quando comparado com países como Noruega (0.95) e Irlanda (0.95), pois quanto mais próximo de 1 mais sólido tal desenvolvimento. Todavia, mesmo com IDH baixo, a Amazônia detém a 12ª posição no PIB nacional, contribuindo com 2,2% em relação ao total de bens e serviços finais produzidos no país. Esses números *per se*, mostram que há um potencial ainda por alcançar para que a Amazônia venha a ser uma economia de escala expressiva, se for dada atenção à educação e ao empreendedorismo regional.

As riquezas naturais que sempre foram exploradas como *commodities*, favorecem mercados externos que são capazes de acrescentar inovações e estas, invariavelmente, retornam com valores muito elevados aos donos originários que nem sempre podem adquirir. As mudanças que podem alterar tal posição são discutidas a seguir. Sendo um trabalho de natureza bibliográfica, utilizou-se a metodologia documental direta por consulta a publicações, resultando numa abordagem analítica-crítica. O objetivo deste artigo é analisar os vários ecossistemas sociais amazônicos para responder à pergunta: é possível pensar numa estrutura mais eficaz para dinamizar inovações que promovam a bioeconomia regional?

2. Infraestrutura educacional

A ideia de que a floresta amazônica abriga gigantesca biodiversidade gera expectativa de riqueza que poderia oferecer melhor qualidade de vida para a população que ali vive. Considerando que seja verdadeira essa assertiva, a biodiversidade amazônica se torna estratégica e, portanto, deve ocupar posição prioritária nas agendas locais.

O desenvolvimento sustentável é passível de ser alcançado. Isso exige o surgimento de ecossistemas nos níveis legal, tecnológico e econômico. Esses ecossistemas devem estar na mira do processo de capacitação de pessoal para atividades específicas, ou seja, o sistema educacional amazônico deverá ser preparado para que, em todos os níveis educacionais, os jovens e os adultos, tenham interação com a necessidade de desenvolver a economia mediante a utilização sustentável da biodiversidade.

A Amazônia brasileira ocupa uma área de aproximadamente 5.500.000 km², correspondendo a 60% do território nacional. Tais dimensões deveriam suscitar interesse na formulação de políticas que visassem a utilização dos bens naturais para gerar segurança econômica. No entanto, esse objetivo não é factível na dimensão do que há na Amazônia, porque a utilização sustentável exige informação robusta, produzida por meio da pesquisa científica de alto nível, que não tem investimento público e privado adequado aos desafios da região (Ribeiro, 2017, p. 160).

Pesquisa científica exige que o processo educacional amazônico sofra mudanças estruturais profundas (Fonseca, 2019, p. 2). Para tanto, seria necessário engajamento político, de modo que os tomadores de decisões se tornem incentivadores de desenvolvimento numa região onde a floresta é o diferencial útil para o adensamento do PIB brasileiro. Nesse interesse, deveriam ser tomadas medidas para que o processo educacional regional, nos seus três níveis (básico, médio e superior), oportunizasse capacitação para criar inteligência e liderança voltadas ao bioma amazônico.

O CBA, na sua atual concepção, de se tornar um centro estratégico para estruturar bionegócios (Ministério da Economia, 2022, p. 29), deverá gerar um ecossistema econômico que permita a inserção intrarregional e internacional, uma tarefa que não prescinde das instituições de pesquisas, propriamente ditas, bem como as de fomento. Os políticos locais devem persistir no CBA como inteligência para bioeconomia, não deixando que seu alcance passe despercebido, porque o desenvolvimento sustentável deve ser o alvo adequado para o subcontinente amazônico. Seria necessário tornar o CBA protagonista na aglutinação da expertise nacional e internacional, em prol da criação ou melhora de inovações, a partir de iniciativas locais já existentes, tornando-se um elo entre a pesquisa científica e o mercado, identificando oportunidades de negócios vocacionados à região, funcionando como centro de conhecimento e apoio às iniciativas que promovam o crescimento econômico a partir da riqueza natural. Deveria também o CBA diligenciar propostas de programas regionais para estruturar a pesquisa biotecnológica amazônica, tornando possível à região se consolidar como um centro de bioeconomia líder na área. Por outro lado, segundo o Estudo de Publicização do Ministério da Economia, este CBA deverá atuar para:

Melhorar o ambiente de negócios da região, fomentar o aumento do investimento em tecnologias e produção a partir da biodiversidade existente e, assim, também, aumentar o nível de inovação das empresas que poderão usufruir das facilidades, mediações e inteligência que a entidade passará a disponibilizar por meio de seu novo modelo de negócios e das capacidades advindas do modelo jurídico adotado (Ministério da Economia, 2022).

Dessa forma, o CBA será um indutor de empreendimentos de base tecnológica. Logo, o sistema educacional regional deverá ser adequado para o atendimento dos diversos níveis de demandas socioeconômicas necessários aos arranjos produtivos locais. Assim, o famoso tripé Governo, Academia e Setor produtivo faria a diferença, tornando possível à Amazônia sair da condição de compradora de bens para entrar na cobiçada posição de produtora de bens. Logicamente, o ambiente socioeconômico regional deverá se estruturar *pari passu*.

Voltando ao sistema educacional, é necessário educar os jovens tornando-os aptos para se apropriarem da Amazônia agora. Esse alvo passa por reforma na educação básica. Para essa fase educacional, os profissionais que a lideram também necessitam de educação continuada e permanente contato com o pensamento socioeconômico reinante no cenário dos países desenvolvidos, de modo a formar ambiente educacional de cognição elevada, com imersão dos estudantes já na primeira fase do desenvolvimento infantil (Key Competence Network on School Education, 2012), uma vez que o portfólio de bionegócios amazônicos deverá estar inserido no mercado mundial.

A noção de empreendedorismo dever ser promovida e lecionada desde a educação básica, sendo que a visão de oportunidades relacionadas às riquezas naturais deve compor também a formação dos professores. Segundo Silva (2013, p. 132), a docência assume centralidade na organização do trabalho nas diferentes sociedades contemporâneas, sendo esta incluída nas economias globalizadas no contexto da bioeconomia como parte das estratégias de desenvolvimento de um país, uma vez que a produção material não é central na configuração capitalista, porque o conhecimento se tornou pivô que move a economia (Fumagalli, 2010). Atualizações continuadas para docentes tendem à contemporaneidade e aumentam o potencial de empregabilidade dos jovens que estão ingressando no mercado de trabalho, ampliando a competitividade do país e por consequência a seguridade social (Silva, 2013, p. 132).

As universidades amazônicas estão ainda em fases iniciais em relação às referidas oportunidades. Se a biodiversidade é potencial riqueza, então, cursos de formação em Biologia, Química, Agronomia, Farmácia,

entre outros, deverão ser montados, tendo conteúdos integrados, sinérgicos e no padrão daqueles lecionados nos centros universitários de nível mundial (Key Competence Network on School Education, 2012), porém, as disciplinas precisam ter olhares sobre o bioma amazônico.

É forte a noção naturalista na formação dos biólogos, por exemplo, mas, essa noção precisa estar adicionada ao empreendedorismo e às interfaces de outras áreas do conhecimento como a Sociologia e a Economia. Cursos de graduação em Farmácia devem intensificar a atenção às inovações potenciais a partir da riqueza natural. Do mesmo modo, as universidades amazônicas precisam se adequar ao espírito do Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005, que regulamenta a Lei da Inovação, a Lei 10.973 de 2 de dezembro de 2004 (revogada pelo Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018), que incentiva as parcerias entre as universidades e empresas, permitindo que o conhecimento acumulado incremente a produtividade da economia. Neste contexto, cursos de graduação voltados aos bionegócios contribuiriam com as indústrias de base tecnológica. Logo, seria necessária discussão sobre quais grades disciplinares seriam mais adequadas para que a riqueza amazônica pudesse gerar desenvolvimento.

O relatório gerado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) sobre a bioeconomia no Brasil e no mundo, mostrando um panorama da produção científica entre os anos de 2006 e 2020, expõe que o Brasil figura entre os 15 países que mais publicam em bioeconomia. Porém, em 15 *clusters* temáticos, o Brasil esteve mais forte em produção de biocombustíveis e bioenergia, não exibindo força nos demais 13 *clusters* avaliados. Óleos de palma e óleos essenciais, biomassa da floresta, economia circular, lignina, biogás, entre outros assuntos que estão nas pautas mundiais ainda carecem de atenção e quase não aparecem nas publicações nacionais.

Um belo exemplo de aprimoramento curricular está na incorporação da inteligência artificial e aprendizado de máquina nas escolas de Medicina do Canadá, com o objetivo de ensinar ainda na graduação o uso de ferramentas que aumentam em 96% o acerto nos diagnósticos em especialidades como radiologia, tomografia, oftalmologia (Pucchio, Eisenhauer & Moraes, 2021, p. 388). Também, o uso de aprendizado de máquina para avaliar o estado de saúde de peixes, ornamentais e para o consumo humano, não é mais uma matéria do futuro, é atual e vem sendo desenvolvida no Amazonas, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (Ferreira & Val, 2020).

Os métodos de ensino deverão buscar novos paradigmas matemáticos de ensino narrativos e mecanicistas, que acrescentem segurança nas tomadas de decisão em consequência da descoberta de algoritmos, uma vez que tal metodologia é a adequada aos cenários atuais que envolvem *big data*, mas, principalmente, saúde global (*one health*) (Han & Liu, 2019, p. 712).

No Brasil, segundo o relatório do Ministério da Educação (Ministério da Educação, 2020), a população de estudantes universitários alcança a cifra de 16,4 milhões e destes, cerca de 15,5 milhões (94%) estão nas universidades privadas. Assim, a educação privada deveria encabeçar um processo de atualização curricular, considerando que há mais maleabilidade ali do que no sistema estatal. Essa necessidade aparece sempre que se pensa em utilização da riqueza natural para gerar grande impacto econômico, visando segurança na saúde, segurança alimentar, novos produtos químicos baseados na biodiversidade, biocombustíveis, novos materiais, indústrias químicas que passarão a utilizar a biologia sintética, biotecnologia, energia, entre outros, significando um aporte econômico de milhares de dólares.

No nível da pós-graduação, de acordo com Martins e Assad,

mudanças exigem uma profunda mudança de mentalidade tanto dos atores que atuam na pós-graduação nacional quanto do meio empresarial e não são de responsabilidade única da universidade, mas deve envolver todos os atores neste processo, cada um deles com sua cota de responsabilidade (Martins & Assad, 2008, p. 322).

Em virtude das mudanças no ensino superior nos países desenvolvidos, transformações que abarcam o livre mercado com a formação de blocos econômicos e globalização, com a vantagem das redes de informações,

tornou-se imperativa a aceleração tecnológica. Há, assim, exigências de qualificação profissional para atender os novos mercados de trabalho, agora mais voláteis (Martins & Assad, 2008, p. 323), que precisam ser atendidas, principalmente nos países em desenvolvimento. Do mesmo modo, os programas de pós-graduação amazônicos devem sofrer atualizações para permitir o incremento do diálogo com o setor produtivo local, a fim de aumentar a competitividade regional.

Programas com base na Biologia, por exemplo, devem buscar grades curriculares mais preocupadas com matemática e estatística de grandes quantidades de dados, uma vez que essas disciplinas são as ferramentas sem as quais não há como avançar e nem como perceber algoritmos que podem proporcionar antevisto de fenômenos. Apesar desse hiato, a floresta está sendo monitorada por dezenas de sensores espalhados nela gerando diariamente quantidades massivas de dados. Contudo esses dados, ainda que disponíveis para pesquisadores autóctones, somente poderão ser utilizados se treinamentos para estatística de grandes volumes de dados e computação de alto desempenho estiverem ao alcance dos pesquisadores.

É importante salientar que a inteligência artificial moderna irá dominar os dados nas ciências biológicas, em virtude da capacidade, sem precedentes, de processar dados complexos e descobrir relações latentes que não estão visíveis para métodos tradicionais (Han & Liu, 2019, p. 712). Ainda, é necessário destacar que programas de pós-graduação em outras áreas sensíveis, como a mineração, precisam atualizar as abordagens gerando bases para sistemas de produção que respeitem as premissas fundamentais da conservação ambiental, da inclusão social, da geração de renda e da saúde.

Pensar em desenvolvimento sustentável somente será possível se pesquisas utilizando modelagem matemática estiverem nas agendas das instituições (Ryo, Jeschke, Rillig & Heger, 2020, p. 4). A sustentabilidade se vale de modelos preditivos que prevejam cenários prováveis acerca da utilização das riquezas. Por essa razão, a mão de obra para Ciências Biológicas egressa da pós-graduação precisa estar atualizada em estatística para grande volume de dados, necessária para prever tendências.

Ribeiro assinala que “discutir cidadania e acesso a bens, a serviços, a ambiente adequado e a uma sociedade mais equilibrada em termos de oportunidades passa, necessariamente, pela justiça” (2017, p. 147). No caso amazônico, o acesso a processos educacionais que permitam entender as oportunidades que as riquezas naturais oferecem é uma questão de justiça ambiental. Lidar com o imenso recurso biológico e mineral amazônico de forma sustentável requer, segundo Ribeiro (2017, p. 4), a inserção no sistema-mundo de um cidadão com educação suficiente para acessar a base tecnológica disponível, mas também a capacidade de adequar às exigências ambientais. Logo, a desigualdade educacional que ergue barreiras ao uso efetivo da tecnologia é um desafio a ser suplantado.

Os acervos biológicos na Amazônia são poucos, mas devem ser entendidos como um ativo importante que pode gerar dados para adensar o PIB regional. As coleções nas grandes instituições podem e devem sair da condição de cemitérios, onde são depositados exemplares mortos coletados por iniciativa pessoal dos pesquisadores. Para tal, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), e as secretarias de ciência e tecnologia estaduais, poderiam fomentar planejamentos para levantar quali e quantitativamente as espécies que estão distribuídas na floresta amazônica. Consequentemente, as instituições deveriam receber orçamentos para planejarem como se daria um levantamento calculado da biota. Tal iniciativa já é realidade no programa Biota Fapesp (Metzger & Casatti, 2006, p. 2).

Considerando que a coleta regional de amostras biológicas ocorre por iniciativa pessoal, obviamente não pode haver convergência de informações, ou seja, será primordial a criação de protocolos para coleta dos metadados, fato que enriquecerá as coleções, pois dados aleatórios resultantes de métodos distintos de coletas, não permitem o cruzamento de informações. Então, torna-se imperativo pensar nos acervos biológicos em sua dimensão de bancos de dados que poderão orientar decisões. Assim, programas de coletas com instrução de levantamentos geograficamente planejados tornarão possível modelagens matemáticas e tratamento dos dados através de inteligência artificial na busca de algoritmos e padrões, às vezes, não percebidos.

Medir e monitorar a biodiversidade pode ser oportunidade concreta para bionegócios (National Academies of Science, Engineering, and Medicine, 2020, p. 75). Essa é uma questão estratégica que requer investimento público e privado em pesquisa, ligando-a ao setor produtivo de modo a potencializar crescimento para novos alvos e para a bioeconomia, entendida aqui como uso das informações escondidas nas florestas.

Acervos biológicos deveriam ser identificados como competência para coligar conjuntos de dados não suficientemente vistos nos relatórios oficiais. Por esse motivo, uma rede de dados regionais para medir o valor da biodiversidade deveria ser financiada, com capacidade para colocar a Amazônia na liderança do uso sustentável da biodiversidade e sua inserção na bioeconomia global. Novamente aqui, uma questão de justiça. Note-se, por exemplo, sem confundir riqueza com diversidade biológica, que apesar de termos quase 3 mil espécies de peixes conhecidas para a Amazônia, de 100 a 200 espécies são normalmente comercializadas (Santos & Santos, 2005, p. 168), nenhuma delas faz parte do rol de espécies comercializadas internacionalmente por um país amazônico. A China, entretanto, ao observar o potencial do peixe tambaqui, endêmico da bacia amazônica, estruturou-se e hoje é exportadora da espécie (*Colossoma macropomum*), ainda que em pequena escala, como mencionado acima.

Por outro lado, a questão química deveria ser vista como essencial. Na Amazônia (dados do Resultados da Avaliação Quadrienal 2021 - Programas Acadêmicos e Profissionais) existem três programas de pós-graduação em Química (mestrado e doutorado, níveis 3 e 4 na Capes), números que se mostram muito aquém da expectativa para abrir o tesouro que é a biodiversidade, assim como, para alimentar inovações em parques de bioindústrias.

Drogas novas ou produtos medicinais a partir de plantas já são uma preocupação do governo coreano, por exemplo, que está fomentando um parque para produção dos chamados medicamentos botânicos (Ahn, 2017, p. 111). O esforço caminha no sentido de medicamentos adequados ao mercado global, ou seja, aprovados de acordo com as certificações internacionais. Segundo Ahn (2017, p. 112), Fulyzaq é o primeiro medicamento oral desenvolvido pela Salix Produtos Farmacêuticos usando um polímero de proantocianidina, extraído de plantas silvestres na bacia do rio Amazonas, que alivia sintomas de diarreia em pacientes com HIV, sendo aprovado para venda em 2012. Este é apenas um exemplo de como é urgente que os amazônidas tenham condições para explorar sustentavelmente seu território e sair da condição de compradores de inovações.

Os importantes promotores da Amazônia ao cenário bioeconômico são as Instituições de Ensino Superior (universidades e institutos de pesquisas), que formam profissionais nas ciências naturais (Ciências Biológicas, Agricultura, Farmacologia, Química etc.), e que possam apresentar simetria com centros mundiais de pesquisas ao produzir informações robustas sobre a biodiversidade do bioma amazônico. Avanços no campo da Biotecnologia (sequenciamento genômico, engenharia metabólica, epigenética, engenharia genética) e na tecnologia da informação e inteligência artificial (modelagem matemática, aprendizado de máquina) são caminhos que acelerarão dramaticamente a capacidade de observação de padrões não óbvios em grande escala, mas também na microescala, escondida em cada organismo, em cada microespaço, como são as imensuráveis oportunidades da biomimética, que dependem basicamente de informações. Isto é, dependem de financiamento de grande porte. A informação privilegia a economia e, portanto, o país.

No que se refere à biodiversidade, não adianta tentar reservá-la para os nacionais colocando uma “cerca” legal disciplinando coletas porque isso é limitante só para os pesquisadores nacionais. As fronteiras não valem para a biodiversidade: peixes, plantas, pássaros e microrganismos se movimentam por distâncias transfronteiriças impressionantes.

3. Infraestrutura para bioindústria amazônica

A bioeconomia deve ser ajuizada como dependente de resultados da pesquisa científica e tecnológica, que requer infraestrutura adequada, e ações de setores que podem oferecer proteção à propriedade intelectual. Proteger a inovação requer o surgimento de instâncias gerenciais que possam trazer segurança jurídica

para que competidores estejam em ambiente isonômico e possam ter acesso às inovações com a devida garantia dos interesses. Nesse pormenor, instituições de ensino poderão protagonizar importante papel na formação de pessoal para proteção intelectual e transferência tecnológica. Por outro lado, governos deverão criar ecossistema legal ágil para proteção intelectual, sem o que a competitividade estará comprometida.

Há iniciativas institucionais regionais para dar celeridade, especialmente no tocante à transferência tecnológica, como no caso dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), que formam redes. Um dos exemplos é o Arranjo NIT da Amazônia Ocidental – Arranjo AMOCI – com sede no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA, Brasil), o qual é formado por 22 instituições, incluindo os vários NIT's regionais, centros de incubação e unidades incubadoras, visando a gestão da inovação, proteção à propriedade intelectual, transferência de tecnologia e empreendedorismo. Tal iniciativa possibilita agregar valor às inovações originadas a partir da biodiversidade amazônica e promove justiça social e ambiental.

Uma questão fundamental é garantir que a bioeconomia amazônica seja capaz de se manter por meio das cadeias de valor que a constituem (Ministério da Economia, 2022, p. 28). Considerando que há passos da cadeia produtiva que dependem de parcerias externas, a identificação dos aspectos da cadeia de valor global e que são de interesse à bioeconomia local, precisam estar claros e ter seu acesso garantido por diplomacia e fluidez no comércio internacional. Essa é uma ação que deve considerar as organizações internacionais de comércio e intercâmbio e de interesses bi- e multilaterais (OMC, OCDE, OTCA etc.) para impulsionar e reforçar mecanismos de governança e soberania nacionais, de modo a criar um campo onde os *players* tenham atuação nivelada.

A produção de insumos necessários às indústrias biotecnológicas deverá, tanto quanto possível, constar da pauta de produtos regionais, buscando a não dependência externa. Neste contexto, a pesquisa básica passa a ter foco e desdobramentos. Portanto, os NIT's conformam um conjunto que pode estimular grupos de pesquisas, identificar potenciais cadeias de valor e ajudar na formação de fundos para insumos financeiros às pesquisas de interesse bioeconômico. Esse nível de atuação dos NIT's ainda carece de dimensão e visibilidade adequadas.

Apesar dos avanços nos marcos legais sobre parcerias com outros países, podem ocorrer, eventualmente, problemas morais sérios envolvendo não somente a apropriação de riquezas naturais por estrangeiros, mas, também, a proibição do acesso às informações, uma vez que os dados estão na posse de estrangeiros. Dependendo do caráter estratégico do material coletado, isto pode representar prejuízos vultuosos ao país prejudicado. Um exemplo dessa questão ocorre constantemente no intercâmbio de amostras de materiais biológicos que estão depositados em museus estrangeiros. A legislação nacional prevê que, no caso de projetos bi- ou multinacionais, se houver descrição de novas espécies, o exemplar tipo (holótipo) e parte dos demais espécimes da série-tipo (parátipos) deverão ser depositados, obrigatoriamente, em coleção cadastrada no Cadastro Nacional de Coleções (Instrução Normativa nº 154, de 01 de março de 2007). No entanto, podem ocorrer desrespeitos à legislação e, quando os tipos são depositados nos museus estrangeiros, pode ocorrer impedimento para que pesquisadores brasileiros tenham acesso aos tipos. Até mesmo uma simples fotografia do exemplar pode ser negada. Se a espécie for de interesse econômico, tudo isso pode se transformar num problema diplomático.

Quando se trata de informação que pode gerar melhoria econômica, acordos deverão ser realizados, sendo imprescindível o adensamento da diplomacia científica, a fim de criar ambiente simétrico para os interessados. Quando o interesse envolve o bionegócio, especialmente o farmaconegócio, o cuidado deve ser ainda mais crítico, por envolver um volume expressivo de lucros. Mesmo que haja legislação nacional bastante robusta para orientar expedições científicas ou projetos de interesse bi ou multilateral, se a simetria não estiver muito clara, haverá subordinação dos países que não construírem a referida simetria ou não forem respeitados pelos mais desenvolvidos. Neste caso, haverá fortes impedimentos, tais como, assimetria em coautorias, proteção intelectual aviltada, uma vez que patentes poderão ser requeridas sem que haja repartição isonômica de benefícios, ou mesmo impedimento na patente para o país que cedeu o insumo. Tal situação, no futuro, obrigará o país que cedeu material científico a uma submissão mercadológica com

provável monopólio, o que obrigará a compra de bens de consumo, geralmente a preços elevados, e até mesmo impedimentos às melhorias e inovações que poderão surgir futuramente a partir de patentes que se originaram de parcerias assimétricas (Arroz & Mendonça, 2016, p. 130).

Assimetrias somente poderão ser equalizadas com investimentos em mobilidade científica, infraestrutura laboratorial, atualização de equipamentos, programas institucionais, entre outros, que possibilitem para pesquisadores trabalhando sobre a Amazônia, a visibilidade no Brasil e no mundo. A mobilidade deveria ser vista como imprescindível, pois dá acesso ao pesquisador nacional a entrada em grupos de pesquisas que produzem ciência de alto impacto, estabelecendo imediatamente parcerias e relacionamentos que podem perdurar, gerando confiança e mutualidade (Arroz & Mendonça, 2016, p. 131). Países megadiversos, especialmente os latino-americanos, geralmente carecem de pessoal qualificado para a pesquisa científica, além de recursos financeiros. Em muitas situações, o sistema de ciência e tecnologia é, ainda, débil, um atrativo para países mais desenvolvidos buscarem condições muito favoráveis aos seus interesses.

No caso da Amazônia brasileira, apesar dos esforços protagonizados pelas instituições de ensino e pesquisa em oferecer treinamento para adensar a capacitação de pessoal para a pesquisa, ainda persiste a dificuldade no aproveitamento dos jovens doutores que, após receberem investimento e treinamento, acabam subutilizados ou até mesmo fora da pesquisa científica. Pior, muitos jovens capacitados estão deixando o país em busca de centros de pesquisas em outros países (Morais & Queiroz, 2017, p. 6).

A concentração do esforço produtivo não está calcada nas potencialidades regionais da Amazônia. O modelo da Zona Franca de Manaus, por exemplo, está deslocado para fora da região, seja pela oferta de privilégios a investidores capitalizados de outros países, seja pela atração de empresários nacionais estabelecidos em geral no Sul ou Sudeste do país (Sousa, Santoyo, *et al.* 2015, p. 153). Às lideranças amazônicas foi depositada a responsabilidade de realizar planejamento para que a região possa se tornar líder na pesquisa biológica e na bioeconomia. Assim como as potências econômicas mundiais enxergam ciência e tecnologia como alavancas importantes para o desenvolvimento, é urgente que o sistema de ciência e tecnologia da Amazônia seja avaliado e tenha combustível adequado para tornar o país menos dependente de insumos estrangeiros, sendo necessária a força do Estado nacional para tornar possível o equilíbrio competitivo no mercado globalizado (Ribeiro, 2017, p. 161).

Um sistema regional de pesquisa e desenvolvimento deverá ser estruturado, pois sem isso não teremos como pensar em soberania. Se pesquisas científicas tiverem constância e resultados, pode-se pensar em parques fabris. Há um futuro promissor para química de produtos naturais, por exemplo, desembocando em indústrias químicas que poderão usar insumos oriundos da floresta. É importante notar que há janelas de acesso à biodiversidade amazônica para países desenvolvidos e, a manter-se o cenário dos últimos anos, o Brasil perderá patentes e oportunidades na área da bioeconomia. Willerding, Silva, Silva, Assis e Paula assumem que:

A bioeconomia é uma oportunidade real para o país e, portanto, deve contemplar os interesses do Estado brasileiro, alinhados com os setores empresarial, acadêmico e a sociedade civil, pautando-se pelo respeito à sustentabilidade e à conservação dos recursos naturais, além de garantir a competitividade da indústria nacional frente ao mercado global (Willerding, Silva, Silva, Assis & Paula (2020, p.151).

Os autores acima definem a bioeconomia como resultado direto da utilização do conhecimento científico aplicado à inovação a partir da biodiversidade incluindo várias áreas do conhecimento. A indústria de base biotecnológica não prescinde da pesquisa científica para adensar a sua extensão tecnológica. Um exemplo bastante enfático do vácuo científico e tecnológico sobre alvos potenciais para bioeconomia é apresentado por Silva, Sevalho e Miranda (2021, p. 1022). Estudando a produção científica e tecnológica de palmeiras amazônicas, os autores encontraram 2.641 artigos na base de dados do Portal de Periódicos da CAPES — o que não significa conhecimento sobre todas as palmeiras — resultando em 455 patentes (nacionais e internacionais). A correlação entre a produção de trabalhos científicos e pedidos de patentes, nesta questão, é baixa, sendo que o Brasil detém a maior quantidade de patentes; porém, outros países

também pediram patentes (Japão, Estados Unidos, China e República da Coreia, entre outros). Se considerarmos que os países citados possuem infraestrutura mais ágil para patenteamento de inovações, além de estrutura de pesquisa e desenvolvimento com maior capacidade investidora, certamente, em pouco tempo estaremos comprando produtos dessas nações com base em insumos locais. Entre esses produtos, a literatura aponta a presença de carotenoides, antocianinas, polifenóis, ácido ascórbico, e β -caroteno com atividades quimioterapêuticas, antioxidantes, anti-inflamatórias e antiproliferativas, além de propriedades cardioprotetoras (Silva *et al.* 2021, p. 1025).

A estruturação de um sistema de pesquisa científica para o desenvolvimento representa segurança alimentar, segurança em saúde, novos materiais, novos pigmentos, além de significar maior circulação econômica e desenvolvimento social. Por outro lado, a ciência produzida na Amazônia possibilitaria o acesso contínuo ao conhecimento de forma independente, construção de um maior leque de oportunidade e a redução das desigualdades regionais. Note-se que patentes e transferências de tecnologias geradas localmente, contribuiriam para maior independência e soberania, sonho daqueles que escolheram viver Amazônia.

4. Iniciativas estruturantes

Não se pode perder vista que existem ações concretas no sentido de promover interesses na produção de inovações e sua efetiva transferência ao setor produtivo. No estado do Pará, por exemplo, a Universidade Federal do Pará (UFPA, Brasil) deu surgimento, no início dos anos 2000, ao Parque de Ciência e Tecnologia Guamá (PCT Guamá), o primeiro parque tecnológico a entrar em operação na Amazônia, cuja inauguração ocorreu em 2010 (<http://pctguama.org.br/?lang=pt>). O objetivo é estimular a pesquisa aplicada, o empreendedorismo inovador, a prestação de serviços e a transferência de tecnologia para o desenvolvimento de produtos e serviços de maior valor agregado e fortemente competitivos. É um espaço onde estão alocados serviços empresariais, que visa a atração e o fácil acesso a pesquisadores. Cerca de 180 empreendimentos, entre *startups* e empresas consolidadas já passaram pelo PCT Guamá. Há parcerias com instituições de ensino e pesquisa, entidades governamentais, bancos estatais, sistemas das federações de indústrias, entre outras.

O PCT Guamá com áreas estratégicas de atuação focadas em Biotecnologia, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Energia, Tecnologia Ambiental e Tecnologia Mineral, torna possível a efetiva aproximação da academia, governo e indústrias, gerando conhecimento, inovação e serviço à sociedade, resultando em avanços do empreendedorismo local. Uma ação paralela ao PCT Guamá foi iniciada em 2016: a Biotec-Amazônia, uma associação de direito privado, agora qualificada pelo governo do estado do Pará como Organização Social, objetivando promover o uso sustentável da biodiversidade estadual e regional. Foi constituída, para gerir o programa paraense de incentivo ao uso sustentável da biodiversidade amazônica, o BioPará.

Segundo o site da Biotec-Amazônia (<https://biotecamazonia.com.br>), quatro eixos estratégicos estão programados: 1) Apoiar a criação e consolidação de ambientes de inovação nas regiões de integração do Estado; 2) Estimular parcerias entre as ICT's e o setor empresarial; 3) Estimular crescimento das cadeias industriais; 4) Tornar possível a geração, com apoio da academia e de suas incubadoras, de novas empresas de base tecnológicas, voltadas prioritariamente, aos produtos da biodiversidade. Cinco anos depois de criada, a Biotec-Amazônia já promoveu vários projetos, sendo um dos relevantes o “genoma do açaí” que gera informações sobre uma fruta que é degustada mundo a fora, e relevante para economia local. O projeto visa obter o sequenciamento do açaí para garantir sustentabilidade do açaizal com produtos de alta qualidade e rastreabilidade da origem. Por outro lado, a Biotec-Amazônia protagonizou a implementação do Centro de Desenvolvimento Regional – CDR no estado do Pará, um projeto que irá promover a discussão e a implantação de agendas de desenvolvimento para impulsionar a economia local, o fomento à geração de emprego e renda. Estas são iniciativas que poderão dar respostas socioeconômicas sustentáveis, nos médio e longo prazos, além de promover o encontro entre acadêmicos e empresários.

No estado do Amazonas, além do ainda inconcluso CBA, a Universidade Federal do Amazonas (UFAM, Brasil) criou, em 2019, o Parque Científico e Tecnológico para Inclusão Social (PCTIS), o qual é constituído por uma Rede de Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica. Essa ação objetiva o desenvolvimento econômico, sustentável, cultural e político dos povos da Amazônia. Os cerca de 80 projetos de pesquisas envolvidos no PCTIS se desenvolvem em 37 municípios, com amplo espectro de ações visando desenvolver inovação tecnológica e social com foco na biodiversidade, investindo no adensamento de arranjos produtivos e inovativos locais para inclusão social, com a viabilização do acesso a bens e serviços sociais. Tal iniciativa parece sustentar um viés mais concentrado na inclusão social, buscando incentivar políticas públicas mantendo, todavia, um braço tecnológico.

Uma proposta originada no governo estadual do Amazonas, porém, ainda em estruturação, está sendo chamada de Biópolis Amazonas. Está prevista a criação de um complexo tecnológico com apoio internacional, visando promover ações educacionais, culturais e econômicas, a partir de cinco eixos de intervenções: Turismo, Mineração Sustentável, Polos Agroindustriais, Agricultura Peri-Urbana e Produção de Proteínas Alternativas. O projeto nasceu por iniciativa de vários setores da administração estadual, incluindo: Secretarias de Estado de Meio Ambiente (Semas), de Produção (Sepror), de Infraestrutura (Seinfra) e de Fazenda (Sefaz), além de Planejamento, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Informação (Seplancti). Estão previstas as criações de um Polo Digital (PDM), um Parque Botânico e Tecnológico, Bolsa de Valores Verdes, Parque Tecnológico e Científico, além do já existente Polo Industrial de Manaus (PIM). Trata-se de um projeto estruturante que, se realizado, poderá ajudar muitíssimo para que a biodiversidade ocupe um lugar não mais no imaginário brasileiro, mas passe a ser realidade socioeconômica tangível, com a segurança da sustentabilidade.

No início da década 2020, começaram as tratativas para criar o Instituto de Tecnologia da Amazônia (AmIT), nos moldes do Massachusetts Institute of Technology (MIT), como resposta ao desafio da crescente industrialização amazônica. Segundo o sumário executivo do projeto, a premissa utilizada, foi que o conhecimento amazônico deve estar ancorado em ciência e tecnologia para inovações que garantam inclusão socioeconômica, observando os fundamentos da conservação ambiental. Trata-se de um projeto contemporâneo de estruturação científica, educacional, socioeconômica e mercadológica, que faz parte do Programa Terceira Via Amazônica-Amazônia 4.0, sob os auspícios da ONG Instituto Amazônia 4.0, conformando uma rede cooperativa inclusiva para os nove países detentores do território amazônico. A estrutura da proposta está baseada em Unidades de Conhecimento Geral (UCG) localizadas em cada país, as quais formarão os nós principais para a rede de ações do Instituto, além de Unidades de Conhecimento Regionais (UCRs) equipadas com laboratórios de última geração e centros de informática. Mais amiudadamente, os objetivos fundamentais serão o reforço das cadeias de valor em cada microrregião, a conservação das florestas e dos rios, a inclusão social e a qualidade da legislação.

Para tal, estão sendo pensados cinco Centros de Pesquisa e Desenvolvimento dedicados a temas e produtos prioritários à Amazônia, mas que são negligenciados. Os referidos temas deverão ter uma perspectiva inovadora e integrativa: Saúde e Medicina tropical; economias de materiais sustentáveis; fabricação e manufatura distribuídas; tecnologias para paisagens alteradas; modelos educacionais; negócios e economia apoiados por Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI); fortalecimento institucional: recrutamento de especialistas; socio biodiversidade: conservação e pesquisa; direitos do bioma amazônico; Amazon Business School; mineração inteligente.

Trata-se de uma proposta estruturante robusta e de significação singular para o desenvolvimento regional, abrangendo novos suportes para educação em Tecnologia e Engenharia (TI, IoT, Ciência de Dados, Telecomunicação, infraestrutura sustentável, etc.), Educação em Bioeconomia (design biomimético, arquitetura e urbanismo, relações internacionais, bioeconomia, financiamento verde), Agroecologia (engenharia, cadeias produtivas, bioindustrialização), Climatologia e Ecologia (meteorologia, climatologia, ciclo de carbono, *Forest restoration*), Biotecnologia Genética (bioquímica, biotecnologia, ciências farmacêuticas, medicina tropical, microbiologia e imunologia, medicina veterinária). Conforme se vê, é um planejamento que vai muito além dos projetos que o antecederam, uma proposta translacional

importante que deverá integrar várias vertentes, que deverão resultar em soluções ainda não pensadas, cuja implementação começa em 2023 com expectativa de funcionalidade total até 2031.

Está sendo articulada a cooperação dos *stakeholders* Pan-Amazônicos para a formação de um fundo internacional para C&T na Amazônia. As operações do AmIT, para os primeiro cinco anos consumirão um orçamento estimado em 900 milhões de dólares. As ações previstas terão impacto na qualidade de vida, sustentabilidade ambiental, melhoria das cadeias de valor, redução das desigualdades sociais, adequação profissional, socialização do conhecimento, ciência e empreendedorismo, além do incentivo a um ambiente jurídico inovador. É um empreendimento rico em propostas sem precedentes, que apresenta um mapa para reinvenção da Amazônia.

5. Considerações finais

Estruturar um sistema promissor para uso da biodiversidade com conservação ambiental e geração de renda na Amazônia e para a Amazônia requer ações em múltiplas dimensões. A primeira delas e a mais importante é a adoção de um processo de capacitação para a apropriação das informações com vistas à inclusão social e geração de renda, observadas as características culturais do subcontinente amazônico.

Adotar políticas homogêneas em toda a região é um erro. Por outro lado, a importação de informações de outras regiões é igualmente um erro; assim, as informações que já existem para a região precisam ser usadas ou precisam ser complementadas e socializadas. Ocorre que com os investimentos atuais isso tem cada vez mais se mostrado um desafio sem precedentes, interferindo na soberania dos países amazônicos, tendo em vista que boa parte das informações acabam sendo geradas em outros países e mesmo continentes. Os investimentos devem não só contemplar o fortalecimento das instituições de ensino e pesquisas da região, mas também ampliar a capacidade de produção de informações robustas voltadas para a inclusão social e geração de renda, para a bioeconomia, para a conservação ambiental, para a saúde e para a educação, entre outras. É por esse caminho que será possível a transformação da região em produtora e exportadora de informações e produtos com alto valor agregado. Está mais do que na hora de termos instituições com perfil tecnológico capaz de interlocução com todos os elos sociais, considerando os quase 50 milhões de pessoas que vivem no bioma amazônico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahn, K. (2017) The worldwide trend of using botanical drugs and strategies for developing global drugs. *BMB Reports*, 50(3), 111-116.
- Arroz, S., & Mendonça, S. (2016) Diplomacia de ciência: razões, justificações e abordagens na intersecção da investigação e internacionalização. *Parcerias Estratégicas*, 21(42), 117-136.
- Barata, M. (1973). *Formação Histórica do Pará*. Belém: UFPA.
- Biernath, A. (2023). Como China superou Brasil e virou grande produtora de peixes amazônicos. BBC News. Recuperado em 6 de fevereiro de 2023, de <https://epocanegocios.globo.com/economia/noticia/2023/01/como-china-superou-brasil-e-virou-grande-produtora-de-peixes-amazonicos.ghtml>.
- Clement, C. R., & Fonseca, C. R. V. da (2008). Biodiversidade amazônica: valor, potencialidades e riscos. In A. Val, G. S. Mendes (Orgs). *Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos: mudanças climáticas, água no mundo moderno, biodiversidade amazônica* (T. I, pp. 126-152). Manaus: INPA.
- Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018 (2018). Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, o art. 24, § 3º, e o art. 32, § 7º, da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, o art. 1º da Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, e o art. 2º, caput, inciso I, alínea "g", da Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e altera o Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009, para estabelecer medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação tecnológica, ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional. Brasília, DF. Recuperado em 7 de fevereiro de 2025, de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm#art83
- Ferreira, M. S., & Val, A. L. (2020) Automated behavior recognition in nature; implementing recurrent, machine learning neural networks for fish motion classification. INPA. *Internal report*.
- Fonseca, C. R. V. (2019). *O sistema educacional brasileiro e sua relação com fortalecimento da competitividade econômica*. Recuperado em 6 de junho de 2022, de <https://www.webartigos.com/artigos/o-sistema-educacional-brasileiro-e-sua-relacao-com-fortalecimento-da-competitividade-economica/164105>.
- Fumagalli, A. (2010). *Bioeconomía y capitalismo cognitivo: hacia un nuevo paradigma de acumulación*. Madrid: Traficantes de Sueños.
- Gadelha, R. M. A. F. (2022). Conquista e ocupação da Amazônia: a fronteira Norte do Brasil. *Estudos Avançados*, 16(45), 63-80.
- Han, H., & Liu, W. (2019). The coming era of artificial intelligence in biological data science. *BMC Bioinformatics*, 20, 712.
- Key Competence Network on School Education. (2012). *Science for the future*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Martins, C. B., & Assad, A. L. D. (2008). A pós-graduação e a formação de recursos humanos para inovação. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 5(10), 322-352.
- Metzger, J. P., & Casatti, L. (2006). Do diagnóstico à conservação da biodiversidade: o estado da arte do programa BIOTA/FAPESP. *Biota Neotropica*, 6(2), 1-23.
- Ministério da Economia. (2022). *Estudo de Publicização - Centro de Bionegócios da Amazônia - CBA*. Brasília: ME.
- Ministério da Educação. (2020). *Censo da educação superior*. Brasília: MEC.
- Morais, L. P., & Queiroz, S. N. de (2017). Fuga de cérebros: quem ganha e quem perde migrantes qualificados no Brasil?. *X Encontro Nacional Sobre Migração: Natal-RN*, 1-22.
- National Academies of Science, Engineering, and Medicine. (2020). *Safeguarding the Bioeconomy*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pucchio, A., Eisenhauer, E. A., & Moraes, F. Y. (2021). Medical students need artificial intelligence and machine learning training. *Nature Biotechnology*, 39, 388-389.
- Ribeiro, W. C. (2017). Justiça espacial e justiça socioambiental: uma primeira aproximação. *Estudos Avançados*, 31(89), 147-164.
- Ryo, M., Jeschke, J. M., Rillig, M. C., & Heger, T. (2020). Machine learning with hierarchy of hypotheses (HoH) approach discovers novel pattern in studies on biological invasions. *Research Synthesis Methods*, 11, 66-73.
- Santos, G. M., & Santos, A. C. M. (2005). Sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Estudos Avançados*, 19(54), 165-182.
- Silva, A. J. B. da, Sevalho, E. de S., & Miranda, I. P. de A. (2021). Potencial das palmeiras nativas da Amazônia Brasileira para a bioeconomia: análise em rede da produção científica e tecnológica. *Ciência Florestal*, 31(2), 1020-1046.
- Silva, R. R. D. (2013). A Docência no Ensino Médio no Centro da Bioeconomia: Elementos para uma Analítica de Currículo. *Roteiro*, 38, 125-159.
- Sousa, K. A., & Figueiredo, G. L. A. de S. (2015). Bionegócios e desenvolvimento alternativo no estado do Amazonas (Brasil). *Revista de História da UEG*, 4(2), 139-159.
- Willerding, A. L., Silva, L. R. D., Silva, R. P. D., Assis, G. M. O. S., & Paula, E. V. C. M. D. (2020). Estratégias para o desenvolvimento da bioeconomia no estado do Amazonas. *Ambiente e desenvolvimento*. Recuperado em 27 de outubro de 2020, de <https://www.scielo.br/ea/a/Zf4cRW7BvhmxWTMRvJWRgxr/?lang=pt>.