

futuribles

Número 2 • Setembro 2019

em português

Projeto “Amazônia 4.0”:
Definindo uma Terceira Via para a Amazônia

Como viveremos em 2050?

A educação nos próximos 30 anos

A neurociência e o futuro da educação
Um outro jeito de aprender e ensinar

Inteligência artificial: oportunidades e riscos

**PLATAFORMA
DEMOCRÁTICA**

FUNDAÇÃO FHC
CENTRO EDELSTEIN

PLATAFORMADEMOCRATICA.ORG



futuribles

em português

CONSELHO EDITORIAL	<i>Bernardo Sorj</i>
	<i>Jean-Francois Soupizet</i>
	<i>Sergio Fausto</i>
TRADUÇÃO	<i>Dorothéé de Bruchard</i>
REVISÃO TÉCNICA	<i>Otávio Dias</i>
	<i>Beatriz Kipniz</i>
DIAGRAMAÇÃO	<i>Lisia Lemes / PlanoBWeb</i>

Futuribles em Português.
Número 2 - São Paulo - Plataforma Democrática - Setembro de 2019.
ISSN 2674-8398

Índice para catálogo sistemático:

Futuro, inovação, tecnologia, meio ambiente, urbanismo, saúde, educação, trabalho, sociedade, governo, políticas públicas, economia.

© Copyright - Todos os direitos reservados à:

Fundação Fernando Henrique Cardoso
Rua Formosa, 367, 6º andar, Centro, São Paulo/SP, CEP: 01049-000
www.fundacaofhc.org.br • e-mail: imprensa@fundacaofhc.org.br



São Paulo (Sede)
Rua Formosa, 367, 6º andar - Centro
São Paulo - SP - Brasil - CEP 01049-000
tel: +55 (11) 3359-5000
[contato@plataformademocratica.org](mailto: contato@plataformademocratica.org)

PERIODICIDADE: Anual

futuribles

em português

Número 2 • Setembro 2019

Apresentação	05
Projeto “Amazônia 4.0”: Definindo uma Terceira Via para a Amazônia <i>Ismael Nobre e Carlos Nobre</i>	07
Como viveremos em 2050? <i>Cécile Désaunay e François de Jovenel (organizadores)</i>	21
A educação nos próximos 30 anos <i>Alain Michel e Lorène Prigent</i>	37
A neurociência e o futuro da educação <i>Um outro jeito de aprender e ensinar</i> <i>Jean-Luc Berthier</i>	52
Inteligência artificial: oportunidades e riscos <i>André-Yves Portnoff e Jean-François Soupizet</i>	65

Apresentação

Como viveremos em 2050? Amazônia e Meio Ambiente, Inteligência Artificial, Neurociência e Educação. Os temas acima estão entrelaçados e aparecem nos cinco artigos do número 2 da revista eletrônica *Futuribles em Português*, fruto de uma parceria editorial entre o projeto Plataforma Democrática (www.plataformademocratica.org) e a publicação francesa *Futuribles* (fusão das palavras “futuros” e “possíveis”), editada pelo centro de pesquisa homônimo, sediado em Paris desde o final dos anos 1960.

O primeiro artigo, escrito especialmente para a versão em português pelos cientistas brasileiros Ismael Nobre e Carlos A. Nobre, apresenta e detalha o projeto Amazônia 4.0. Lançada em 2016, a iniciativa propõe um novo paradigma de desenvolvimento que alie conhecimento profundo da biodiversidade amazônica às amplas possibilidades da Indústria 4.0. “Ao gerar bioindústrias locais e diversificadas, produtos de valor agregado em todos os elos da cadeia, empregos e inclusão social, a ‘economia da floresta em pé, preservada e produtiva, com os rios fluindo’, beneficiará o Brasil como um todo, mas principalmente os estados amazônicos e seus habitantes”, escrevem os autores.

No segundo texto, Cécile Désaunay e François de Jouvenel, diretores de *Futuribles*, traçam quatro possíveis cenários de evolução de nossas sociedades até 2050: a ‘sociedade do eu’, a ‘sociedade sob vigilância’, a ‘sociedade algorítmica’ e a sociedade de arquipélagos’. “Terão os progressos da medicina e das tecnologias feito recuar as fronteiras da doença, da dependência e da morte? Ou os danos ao meio ambiente e as doenças ditas ‘civilizacionais’ terão causado sérias degradações da qualidade de vida? Ou então, mais provavelmente, essas situações vão coexistir em diferentes populações?”, perguntam os autores.

O texto seguinte, dos educadores franceses Alain Michel e Lorène Prigent, analisa tendências em curso na educação, entre elas a elevação do nível de formação de jovens em todo o mundo e suas ambivalências, a propensão a privilegiar a avaliação mais que o investimento em qualidade, a necessidade de recrutar e formar educadores e as contribuições e os engodos da tecnologia

digital no setor educacional. “Num cenário de aceleração das inovações tecnológicas e organizacionais, sem esquecer as graves ameaças que pesam sobre o futuro de nosso planeta e sobre os valores democráticos, os desafios a serem enfrentados pelos sistemas educacionais são consideráveis, e a busca por uma educação de qualidade constitui uma prioridade”, escrevem.

No penúltimo texto, o educador Jean-Luc Berthier analisa recentes experiências de aplicação da neurociência em novas modalidades educativas para facilitar a memorização, captar melhor a atenção, diferenciar as práticas de acordo com o perfil do aluno etc. “A elaboração de um projeto pedagógico fundado nas ciências cognitivas traz perspectivas animadoras, mas requer uma formação *ad hoc* das equipes docentes e a participação de todos os atores do sistema (educadores, alunos e gestores), o que não é pouca coisa”, diz o autor.

No último artigo, André-Yves Portnoff e Jean-François Soupizet, conselheiros científicos de *Futuribles*, abordam as oportunidades e os riscos da Inteligência Artificial. Ao identificar e analisar o que eles qualificam de “quatro motores cruciais” da IA, os autores ressaltam o quanto “as tecnologias são facas de dois gumes e quanto importante é nossa responsabilidade no momento de fazer escolhas que influirão no futuro por muito tempo”.

Boa leitura!

Bernardo Sorj e Sergio Fausto

Diretores de Plataforma Democrática

Projeto “Amazônia 4.0”:

Definindo uma Terceira Vía para a Amazônia

ISMAEL NOBRE E CARLOS NOBRE¹

*Qual é a **real vantagem** do Brasil em relação às demais nações do globo? Temos tudo para nos transformarmos em uma verdadeira **potência ambiental** e nos tornarmos **líderes mundiais da economia circular**. Quando o critério é biodiversidade, somos o **número 1** do planeta, seguidos de Colômbia e Indonésia. Saberemos aproveitar essa incomensurável riqueza como um ativo de desenvolvimento econômico, tecnológico e social?*

*O caminho para atingirmos esse nobre objetivo é mergulhar de cabeça nas infinitas possibilidades da **bioeconomia**, aliando o conhecimento de nossa **biodiversidade** às possibilidades da **Indústria 4.0**. Apostar e investir em um modelo que nos coloque sempre à frente da concorrência. **Retomar, ampliar e aprofundar** nosso **compromisso** com a conservação do planeta, cumprindo as metas assumidas pelo país no Acordo de Paris (2015), tornando-nos **exemplo** para uma sociedade global cada vez mais consciente e preocupada com a crise ambiental e sua dimensão climática.*

1. Ismael Nobre, biólogo formado pela Universidade Federal de São Carlos, com especialização em Manejo de Áreas Protegidas e Áreas Silvestres, é doutor em Dimensões Humanas dos Recursos Naturais pela Colorado State University (EUA) e pós-doutor em Estudos de População e Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é membro sênior da equipe científica da iniciativa Terceira Via Amazônica e responsável pelo desenvolvimento do Projeto Amazônia 4.0, voltado para a verticalização de cadeias produtivas locais com emprego de alta tecnologia.

Carlos A. Nobre, climatologista, formou-se em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA, 1974) e obteve o doutorado em Meteorologia pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT, EUA, 1983). Desenvolveu sua carreira científica de mais de 40 anos como pesquisador dos Institutos Nacionais de Pesquisa da Amazônia (INPA) e Pesquisas Espaciais (INPE). Implementou e dirigiu o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-INPE). É membro da Academia Brasileira de Ciências, da Academia Mundial de Ciências e membro estrangeiro da Academia Nacional de Ciências dos EUA. Foi um dos autores do IPCC AR4, premiado com o Prêmio Nobel da Paz em 2007, e integrou o Painel Científico sobre Sustentabilidade Global do Secretário-Geral da ONU Ban ki-Moon. Atualmente é pesquisador sênior do Instituto de Estudos Avançados da USP e presidente do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.

Certamente não é o caso de nos contentarmos em ser apenas uma potência agromineral, eterna fornecedora de commodities para as nações industrializadas e pós-industrializadas. Até quando seremos um grande país com alguns bolsões de riqueza, que vende produtos de baixo valor agregado e alto impacto ambiental, e compra produtos manufaturados e tecnológicos de alto valor, seguindo a mesma lógica que caracterizou a nossa história desde os tempos da colonização?

A Amazônia, obviamente, está no **centro de nossos desafios** enquanto **nação soberana, livre e independente**. Recuperar e fortalecer a imagem do Brasil como gestor eficiente e inteligente da Amazônia certamente beneficiará nossa economia como um todo. Mas os maiores beneficiados de um novo paradigma de desenvolvimento, a **economia da floresta em pé, preservada e produtiva**, serão os estados amazônicos e seus habitantes.

Ao optar pelo desenvolvimento econômico e social sustentável, firmemente alicerçado no respeito à biodiversidade e nas tradições e modos de vida locais, e ao mesmo tempo tirando proveito das potencialidades da Indústria 4.0, o **projeto Amazônia 4.0**, que detalhamos neste artigo, une **idealismo e realismo** em um conceito poderoso e inovador. ■

A questão relevante

É possível conciliar desenvolvimento econômico da Amazônia e conservação da floresta tropical? Nas últimas duas ou três décadas, o debate nacional se dividiu entre duas visões opostas, com tentativas insuficientes de conciliação entre elas. De um lado, o caminho de isolar completamente grandes extensões de selva para fins de conservação (doravante referida como “primeira via”). De outro, a defesa de um modelo de desenvolvimento “supostamente sustentável” que incluiria agricultura/pecuária e mineração (doravante referida como “segunda via”).

A realidade está mostrando que nenhuma dessas vias, ou mesmo a hipótese de uma convergência entre elas, está trazendo resultados satisfatórios pelas razões óbvias de que a constante expansão da fronteira para produção de *commodities*, especialmente carne bovina e mineração em escala industrial, impul-

sionam o desmatamento. Outro problema são os planos de construir infraestrutura para produção de energia na região amazônica (hidrelétricas).

A diminuição do desmatamento da Amazônia registrado entre 2005 e 2014 (cerca de 80% de declínio) — ainda que nos últimos anos e em especial no biênio 2018-2019 tenham sido observados níveis alarmantes de destruição da floresta — parece ter aberto uma janela de oportunidade para pensar em um novo paradigma de desenvolvimento sustentável: a **Terceira Via Amazônica**.

As florestas da região amazônica são consequência de milhões de anos de evolução no decorrer dos quais a natureza desenvolveu grande variedade de ativos biológicos (alimentos, moléculas únicas, genes da vida, vias metabólicas etc.) em ecossistemas aquáticos e terrestres, processo que resultou em enorme biodiversidade e extraordinária riqueza de produtos naturais. Esses ativos biológicos e os biomiméticos (relativo às funções e aos processos presentes na natureza) estão sendo cada vez mais valorizados pela **Quarta Revolução Industrial** (ou **Indústria 4.0**) para a elaboração de produtos farmacêuticos, cosméticos e alimentícios, ou até mesmo na pesquisa de novos materiais, soluções energéticas e de mobilidade, com significativo potencial de lucro.

No entanto, até o momento toda essa riqueza latente está longe de ser devidamente aproveitada e canalizada de volta para a região, tanto para conservar esse bioma único como para melhorar as condições de vida dos indígenas, dos caboclos, dos ribeirinhos, dos antigos colonos desassistidos e mesmo das cidades enraizadas na Amazônia.

Na nossa visão, a Terceira Via Amazônica representa uma oportunidade emergente para desenvolver uma “economia verde” que aproveite todo o valor de uma “floresta produtiva permanente” para, com a ajuda de novas tecnologias físicas, digitais e biológicas já disponíveis ou em evolução, estabelecer um novo modelo de desenvolvimento econômico socialmente inclusivo.

Sim, é possível criar as condições para o florescimento de uma bioeconomia vibrante e inclusiva, que respeite a floresta e seus rios, a fauna, a flora e os povos tradicionais amazônicos, mas os desafios não são poucos nem pequenos, entre eles o fato de a Amazônia ainda estar em grande medida desconectada dos centros de inovação tecnológica 4.0 e de bioeconomia mais avançados do planeta.

Que lições podemos tirar da primeira e da segunda vias?

Um modelo que permita acessar toda a gama de riquezas da própria floresta como base de uma economia forte, de base local, sem desmatar, poluir e comprometer a biodiversidade? Para chegar a esse modelo, vamos começar examinando a primeira e a segunda vias e quais lições podemos tirar desses dois caminhos já experimentados, em maior ou menor medida.

A primeira via correspondeu, em especial nas últimas décadas do século 20, à delimitação pelo Estado brasileiro de vastas áreas protegidas, como terras indígenas e unidades de conservação como parques e florestas nacionais, como forma de assegurar que uma área significativa e suficientemente grande do bioma amazônico fosse preservada perpetuamente. Atualmente pouco menos de 50% da floresta está sob essa condição. Entretanto, apesar de protegidas em lei, mesmo essas áreas protegidas não estão imunes à perda de floresta. Dados de satélite mostram evidências de que os incêndios estão aumentando em reservas próximas a áreas já desmatadas, principalmente após anos de seca intensa. Por exemplo, após a seca histórica de 2010, quase 30% da Reserva Indígena do Xingu foi afetada por incêndios florestais, de natureza antrópica.

Em resumo, extremos climáticos e proximidade com um processo de ocupação intensiva pela agropecuária representam ameaça concreta às áreas protegidas. Há ainda outros fatores como invasão para extração ilegal de madeira, garimpo e grilagem de terras, que fazem com que essa proteção “passiva” não se traduza em garantia de conservação da floresta, dos rios, da flora, da fauna e das culturas tradicionais que nela vivem.

A segunda via propõe um modelo de desenvolvimento regional que possibilite atividades como produção de grãos em sistema de monocultura e pecuária extensiva em áreas já em parte desmatadas entre o Cerrado e o início da Amazônia, assim como mineração ou mesmo extração de madeira, de maneira controlada. Com muita terra disponível, excelentes condições de insolação e água, pesquisas de alto nível e um setor agropecuário cada vez mais vibrante, o Brasil superou outros países na produção de alimentos e se tornou líder global nessa área. Mas até quando o agribusiness continuará a obter ganhos crescentes,

sem dúvida necessários à economia do país, sem ampliar suas fronteiras em direção ao coração da selva, colocando em grave risco o futuro da Amazônia?

Olhando os números da lucratividade líquida das atividades econômicas na região amazônica, temos, por exemplo, a pecuária que gera de 30 a 100 dólares por hectare por ano de renda líquida com a produtividade média de cerca de uma cabeça de gado por hectare. A soja tem uma lucratividade anual de 100 a 200 dólares por hectare por ano e uma produtividade média na Amazônia de 2.9 toneladas por hectare por ano. A exploração de madeira tem uma renda de 100 a 400 por hectare, para um período de 25 a 30 anos, sendo que 80% da exploração de madeira é ilegal e o potencial de REDD+ é de 2.500 a 5.000 dólares por hectare, de uma única vez, com o ainda baixo preço médio do CO₂ de 2,5 dólares por tonelada.

Juntando o produto econômico da madeira, carne e soja por área, temos um rendimento médio de 125 dólares por hectare por ano, o que é um valor bastante baixo (em comparação com a produtividade de outras regiões do Brasil e do mundo). Portanto, reforçar o modelo de conservação proposta pela primeira via e, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência da produção de commodities, a segunda via, por meio de “sistemas integrados lavoura-peguaria-floresta”, a chamada “intensificação sustentável”, é uma possibilidade a ser explorada, mas não garante o desenvolvimento sustentável da Amazônia a médio e longo prazo.

Terceira via: uma bioeconomia com raízes profundas na Amazônia

Então o que pode ser feito? A crise climática e a ameaça global à biodiversidade exigem soluções inovadoras como o conceito de uma Terceira Via Amazônica, que propõe um novo paradigma de desenvolvimento sustentável para a região. Um modelo que utilize todo o conhecimento propiciado pelas ciências, pela tecnologia e pela inovação e planejamento estratégico para o florescimento de uma bioeconomia baseada na ideia de uma “floresta em pé com os rios fluindo, valorização da biodiversidade e do trabalho sustentável das comunidades locais”.

Essa economia inovadora deve ter raízes profundas na Amazônia e não ver a região apenas como local de extração/produção de insumos primários a serem aproveitados pela bioindústrias de lugares distantes. Deve também gerar bioindústrias locais e diversificadas, produtos de valor agregado em todos os elos da cadeia de valor, empregos e inclusão social.

Listamos abaixo alguns exemplos de produtos baseados em ativos biológicos da Amazônia com alto valor agregado (potencial ou realizado). Existem fragrâncias para perfumes como o óleo de pau rosa, cotado a 200 dólares o litro, usado como componente de perfumes clássicos como o Chanel Nº 5. O óleo de amêndoas de castanha do Pará, usado em cosméticos e vendido a 30 dólares o litro, quando comercializado em cápsulas como suplemento alimentar, chega a valer 150 dólares o litro.

A ucuúba, que era usada sobretudo para fazer cabo de vassoura, ganhou novo valor depois que uma pesquisa identificou que a manteiga feita a partir desta planta tem enorme potencial na indústria de cosméticos. Hoje, a renda anual gerada por uma árvore de ucuúba em pé é três vezes maior do que a gerada com o corte da mesma árvore, o que reforça o argumento da viabilidade do aproveitamento da biodiversidade de forma inteligente e sustentável.

Mas o mais eloquente caso de sucesso entre os produtos agroflorestais é o açaí, que pode ser manejado tanto em pequena como em larga escala. Até 1995, era consumido basicamente na região Norte, mas nos últimos 20 anos conquistou o resto do país e mercados globais. Presente em quase todos os municípios da região, o lucro líquido da produção de açaí varia de 200 dólares por hectare por ano em sistemas não manejados a até 1.500 dólares por hectare por ano em sistemas agroflorestais manejados (valores para o estado do Pará).

A produção de polpa de açaí já ultrapassa 250 mil toneladas por ano, beneficia mais de 300 mil produtores e agrega pelo menos 1 bilhão de dólares à economia amazônica a cada ano. Estados Unidos, Europa e Japão, entre outros, são grandes consumidores. Pesquisa da Embrapa mostrou que, a partir do pigmento antocianina presente no açaí, é possível produzir um evidenciador de placa bacteriana dental com potencial de trazer grandes benefícios para a saúde bucal a baixo custo.

O camu-camu possui 1.888 mg/100 g de vitamina C, enquanto a laranja contém apenas 53 mg/100 g e a tangerina com 112 mg/100 g. O buriti tem duas vezes mais vitamina A do que a cenoura.

As plantas da Amazônia contêm segredos bioquímicos, como novas moléculas, enzimas, antibióticos e fungicidas naturais que podem ser sintetizados em laboratório e resultar em produtos de alto valor. As formigas cortadeiras utilizam algumas folhas como manta para cultivo de fungos e evitam deliberadamente outras folhas ricas em fungicidas naturais. Um estudo das espécies de plantas que as cortadeiras evitam pode ajudar a identificar novos fungicidas naturais muito eficientes. Também o estudo do genoma das espécies pode facilitar esse processo.

E ainda há moléculas utilizadas na indústria de bioenergia como a enzima Beta glicosidase amazônica, descoberta recentemente em um lago da Amazônia, que quando utilizada na fabricação de etanol de cana de açúcar, resulta em aumento de produtividade de até 50%.

Na flora brasileira como um todo, mais de 240 espécies de plantas são utilizadas como base de produtos cosméticos e farmacêuticos e 36 delas como base de medicamentos fitoterápicos, mas o potencial é infinitamente maior. Na flora amazônica, existem mais de 450 espécies já conhecidas e utilizadas tradicionalmente, mas quantas delas podem se transformar em ativos econômicos tão valiosos e rentáveis como o açaí ou o chocolate de cupuaçu? E, a partir de pesquisas realizadas com centenas de novas espécies descobertas todos os anos na região, quantos novos produtos podem surgir?

A fauna amazônica também produz ingredientes ativos para medicamentos alopaticos e fitoterápicos como o veneno da serpente Surucucu, cujo valor chega a 4.000 dólares por grama, e da Bothrops Aster, que reduz a pressão sanguínea da vítima, tornando ela menos reativa e, transformado em medicamentos como o Captopril, ajuda centenas de milhões de pessoas a controlar a hipertensão.

Por fim, a biodiversidade é a origem do conhecimento biomimético, em que estruturas e processos da natureza são estudados e traduzidos em conceitos, princípios e processos para gerar novas soluções tecnológicas. Qualquer que seja o insumo utilizado, biológico ou biomimético, é possível desenvolver ca-

deias de valor de base local agregando as novas tecnologias da Quarta Revolução Industrial.

O fato é que a Amazônia encerra um infinito de oportunidades de encontrar funcionalidades para atender às mais diversas necessidades humanas no século 21. Cabe a nós, brasileiros, liderarmos as pesquisas para nos apropriarmos de todo esse conhecimento.

Revolução industrial do passado e seus impactos na Amazônia

A promessa de redenção econômica da Amazônia é antiga. Muito se especulou e alardeou, mas pouco se materializou em termos de efetivamente melhorar o nível de renda e a qualidade de vida das populações locais. Novas tecnologias a serviço do desenvolvimento econômico da Amazônia também já foram tentadas, algumas vezes com rasgos épicos, mas que fracassaram retumbantemente.

Podemos começar citando o projeto da ferrovia Madeira-Mamoré no bojo da Primeira Revolução Industrial. Construída entre 1907 e 1912 no atual estado de Rondônia para facilitar o transporte de borracha natural, acabou por fracassar diante dos desafios impostos pela floresta e não trouxe efetivo desenvolvimento sustentável para a região. Outro exemplo de “megalomania tecnológica” foi a Fordlândia, no Pará, onde o industrial norte-americano Henry Ford tentou produzir pneus em larga escala a partir da *Hevea Brasiliensis*.

O projeto pretendia transportar o modelo da Segunda Revolução Industrial para as margens do verde rio Tapajós: produção ativa, linha de montagem e energia elétrica. Mas o megaprojeto não levou em consideração as dificuldades impostas pela floresta, e o empreendimento terminou por fracassar.

Já a Zona Franca de Manaus, criada no final dos anos 1950, buscou trazer a Terceira Revolução Industrial (caracterizada pela produção de eletrônicos, computadores etc.) para a capital amazonense. Hoje, reúne mais de 600 empresas de média tecnologia, mas nunca conseguiu competir com a indústria de países tecnologicamente avançados como Japão e EUA e ainda assistiu à emergência de novos polos de tecnologia muito mais eficientes e inovadores, como Coreia

do Sul e China, sem nunca de fato ter agregado valor ao maior potencial da Amazônia: a floresta e sua biodiversidade.

A Indústria 4.0 e como ela pode agregar valor à floresta

Para operacionalizar as inovadoras transformações propostas pela Terceira Via Amazônica surge o conceito “Amazônia 4.0”, que visa agregar às potencialidades econômicas dos ativos da sociobiodiversidade amazônica as novas tecnologias e possibilidades que emergem da Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 é caracterizada por sistemas ciberfísicos, internet das coisas, redes de comunicação, Inteligência Artificial, convergência de tecnologias biológicas computacionais, digitais e de materiais. Nossa proposta prevê a utilização dessas novas tecnologias para ajudar a transformar os recursos naturais em produtos de maior valor agregado, garantindo que eles sejam produzidos e consumidos de forma sustentável, cheguem aos mercados mais desenvolvidos e se beneficiem deste acesso e, tão importante quanto, que todo esse processo esteja fortemente vinculado às comunidades locais, que devem ser seus principais atores e beneficiários.

Entre projetos de assentamento, vilas, cidades, aldeias, indígenas, povoados, existem 4.438 comunidades assim definidas pelo IBGE espalhadas pela Amazônia Legal. Apesar de sua extensão, a Amazônia é salpicada de comunidades onde vivem pessoas que podem e devem participar dessa nova “economia da biodiversidade da floresta”. No entanto, não são poucas as dificuldades para implementar projetos que agreguem valor aos produtos da floresta, sejam eles minerais, agrícolas ou de cunho extrativista. Fatores como isolamento, falta de infraestrutura, dificuldade logística, processamentos complexos, volume de produção, garantia de qualidade, acesso a equipamentos e treinamento, acesso a mercados e experiência em fechar negócios de fato vantajosos são alguns dos desafios reais que se impõem e dificultam o desenvolvimento econômico da Amazônia.

Como equacionar esta série de desafios com o auxílio das novas tecnologias? Há muitas possibilidades. Um exemplo é o robô Opportunity, enviado a Mar-

te, onde, controlado remotamente, tira fotos, faz experimentos, gera energia e troca dados com sua base terrestre. Apesar das diferenças essenciais de terreno e climáticas, muito do que se aprendeu com esses veículos espaciais não tripulados e operados a distância pode ser aplicado à Amazônia.

No aspecto de logística, as distâncias que devem ser percorridas por rio são enormes e, para que um produto originário de uma distante comunidade ribeirinha chegue a um aeroporto da região, são necessários dias de viagem. Os drones, no entanto, estão aí em fase final de testes para as mais diversas aplicações, inclusive distribuição e entrega de produtos, e serão onipresentes nos próximos anos. Por que não utilizar drones para transportar produtos em voos sobre a selva fechada com segurança, rapidez e economia de recursos?

Diferentemente das *commodities* primárias que resultam, por exemplo, da mineração ou do plantio extensivo de soja, que pesam milhares de toneladas e não têm outra alternativa de transporte além de ferrovias, hidrovias ou rodovias, outros produtos da floresta, se corretamente processados, podem ter seu peso e volume bastante diminuídos, ao mesmo tempo em que o valor agregado aumenta, facilitando o transporte aéreo por meio de veículos não tripulados até um porto ou aeroporto e, de lá, para o mundo.

As enormes distâncias amazônicas também representam um desafio para a perecibilidade dos produtos. Há frutas de grande potencial nutricional que, após serem colhidas, não duram muito tempo. Mas pode-se utilizar técnicas de liofilização, gerando material de alto valor para a fabricação de sorvetes, iogurtes etc. Exemplos são o pó de cupuaçu, de açaí e de camu-camu, que mantêm a quase totalidade das qualidades nutricionais do alimento original.

O uso de energia solar na comunidades amazônicas, onde o índice de radiação solar é bem mais elevado do que em países europeus que já investem fortemente nessa tecnologia, é algo totalmente factível, a custos razoáveis e sem que haja nenhum prejuízo à floresta, seus rios e habitantes.

Na Indústria 4.0, tudo é conectado: máquinas, pessoas, negócios. Conectar toda a Amazônia é sem dúvida um desafio enorme, mas já existe um satélite brasileiro geoestacionário de telecomunicações entrando em operação justamente para prover banda larga em qualquer região da Amazônia brasileira. Há planos do governo federal de instalação de fibra ótica ao longo dos prin-

cipais rios amazônicos via cabos subaquáticos. Sem falar em outras soluções ainda mais disruptivas, como a ideia do megaempresário Elon Musk de colocar em órbita uma constelação de satélites em torno da Terra para criar uma espécie de Wi-Fi global.

Outra questão é treinar os habitantes de comunidades longínquas para que utilizem corretamente os equipamentos necessários para agregar valor a seus produtos. Além de cursos a distância, existem técnicas de treinamento com uso de realidade virtual ou aumentada, que permite interação virtual com máquinas com variados graus de complexidade e precisão, como se estivessem fisicamente ao alcance das mãos.

E como prestar assistência técnica para um equipamento de última geração instalado em plena selva? Equipamentos utilizados na Indústria 4.0 possuem sensores que possibilitam monitorá-los a distância e fazer reprogramações, revisões e consertos. Também é possível avaliar a necessidade de peças de reposição, antes mesmo de haver uma falha, enviando a peça para o local onde está a máquina com semanas ou meses de antecedência.

Para gerar oportunidades de novos negócios sustentáveis, o acesso a mercados qualificados e a um universo de consumidores mais amplo é essencial. As plataformas digitais revolucionaram a maneira de consumir, desde o momento da pesquisa e seleção do produto até as formas de pagamento, entrega etc. Podemos utilizar essas ferramentas para espalhar os produtos da Amazônia a todos os cantos do mundo.

Negócios sustentáveis do presente e do futuro exigem escalonamento e, nos ecossistemas de inovação, há diversas *startups* que utilizam a tecnologia para viabilizar negócios que antes pareciam insustentáveis. Pequenos produtores podem, por exemplo, se unir virtualmente em cooperativas e associações para juntar forças e romper o ciclo do isolamento.

As comunidades de produtores locais também podem ser valorizadas com novas tecnologias, criando pontes entre produtor e consumidor situados em partes diferentes do planeta por meio de realidade virtual ou aumentada. Com uma câmera 360 graus em tempo real é possível registrar e acompanhar pessoas trabalhando a milhares de km de distância e interagir com elas.

O que pode ser feito já: Laboratórios Criativos da Amazônia

Previamente definimos conceitos, fundamentos e desafios. Entretanto, há urgência de colocarmos em prática esse grande potencial da Amazônia para gerar uma nova e poderosa bioeconomia a partir do desenvolvimento das capacidades locais. Para isso, criamos um conceito de Laboratórios Criativos da Amazônia, idealizados para desenvolver capacidade para uma transformação socioeconômica inclusiva baseada no aproveitamento econômico da biodiversidade.

Montados em tendas ou plataformas flutuantes, esses laboratórios de campo poderiam realizar pesquisas e propor soluções por meio da fusão interativa de conhecimentos tradicionais, científicos e tecnológicos. Membros das comunidades locais e estudantes seriam capacitados para trabalhar em parceria com professores, pesquisadores, empreendedores ligados a startups e especialistas em fomento e apoio a pequenos negócios e negócios sustentáveis, como o SEBRAE, além de organizações de capacitação profissional, como o SENAI. Esse grupo variado de pessoas reunido em um ambiente de capacitação, criação e prototipagem impulsionará o surgimento de uma bioindústria que aproveite ao máximo o potencial da biodiversidade amazônica.

Um exemplo do que esses laboratórios poderiam atingir foi desenhado em um estudo de caso para o potencial que frutos como o cacau e o cupuaçu, ambos da mesma família, possuem para a produção de chocolate e cupulate (tipo de chocolate feito das sementes do cupuaçu) de alta qualidade e valor nutricional. O estudo, que detalha a verticalização total dessa cadeia de valor, inclui aspectos como máquinas inteligentes, equipamentos automatizados, infraestrutura de energia e comunicação na floresta, transporte inovador, etc.

Também desenvolvemos um Laboratório para explorar todas as possibilidades da castanha-do-brasil, que pode produzir óleo, farinha, leite, pasta e diversos outros produtos prontos para consumo, de alto valor agregado, enquanto que em seu estado bruto é vendida por cerca de R\$ 2/kg, valor muito baixo.

Já no Laboratório Criativo de Genômica, a comunidade será capacitada para fazer o sequenciamento genômico de espécies conhecidas por elas há muitos anos, mas ainda não estudadas cientificamente de maneira mais profunda.

Sistemas portáteis de sequenciamento e registro em sistemas *blockchain*, de modo a assegurar direitos de propriedade intelectual, estarão à disposição.

Os sete fundamentos do conceito Amazônia 4.0

Sete fundamentos resumem o conceito Amazônia 4.0:

- 1. Conhecimento acumulado representado pela biodiversidade Amazônica.** A natureza possui conhecimento intrínseco como resultado do processo evolutivo, que gera competição constante por espaço e alimentos. Para uma espécie se sobressair, teve de “inventar” uma solução melhor do que a concorrência para determinado desafio existencial e/ou contexto. A consequência é a contínua evolução e aperfeiçoamento de funcionalidades que hoje nós podemos entender como “tecnologias próprias da natureza”.
- 2. Habilidade de compreender o conhecimento intrínseco da floresta.** Antes da invenção dos microscópios, a humanidade desconhecia os microrganismos, suas ações e complexas interações. Atualmente, com microscópios digitais de extrema precisão associados a outras tecnologias da Quarta Revolução Industrial, aumentamos exponencialmente a capacidade de ler, entender e prever uma enorme gama de processos naturais e, assim, podemos ampliar enormemente nosso conhecimento sobre a floresta e suas possibilidades.
- 3. Aplicação desse conhecimento acumulado para melhorar a vida humana.** Respostas para as mais diversas necessidades da humanidade podem surgir do estudo aprofundado dos processos naturais, da flora e da fauna, tanto na área médica como alimentícia, produtos cosméticos, farmacêuticos e pesquisa de materiais inovadores. A Indústria 4.0 possibilita criar e testar novos produtos com mais dinamismo, agilidade e efetividade. Um exemplo são as impressoras 3D, que facilitam criar protótipos de novos produtos com baixo custo.
- 4. Produção de bens e serviços a partir da biodiversidade.** Utilizar insumos abundantes em sistemas extrativistas e agroflorestais e transformá-los em algo de valor, através da bioindústria de transformação, é a essência do que

propomos para a Amazônia. Com os recursos e as facilidades tecnológicas disponíveis hoje, isso é totalmente possível.

5. Construção de uma bioeconomia ao mesmo tempo local e global. O desafio está em fazer com que os produtos elaborados a partir dos recursos da floresta sejam valorizados e consumidos no mundo todo e, ao mesmo tempo, estejam firmemente enraizados nas tradições, na vida e na economia locais.

6. Distribuição equitativa dos benefícios socioeconômicos. Todos têm a ganhar com a oferta de produtos resultantes da exploração sustentável da floresta. Além do ordenamento legal e dos mecanismos institucionais atuais de registro de direitos, há tecnologias digitais inovadoras que podem aumentar muito o alcance e o impacto dessa repartição equitativa de benefícios, gerando mais empregos e uma economia inclusiva e socialmente justa.

7. Valorização intrínseca do bioma Amazônico. A mais efetiva forma de conservação da floresta a médio e longo prazo é justamente o engajamento das sociedades a nível nacional e internacional em sua defesa, manutenção e exploração sustentável. ■