



Nova Economia da
AMAZÔNIA

AMAZÔNIA



WRI BRASIL

THE **NEW CLIMATE ECONOMY**

The Global Commission on the Economy and Climate

Coordenação da pesquisa

Rafael Feltran-Barbieri, Carlos A. Nobre, Caroline Medeiros Rocha Frasson, Paulo Camuri e Carolina Genin.

Autores

Carlos A. Nobre, Rafael Feltran-Barbieri, Francisco de Assis Costa, Eduardo A. Haddad, Roberto Schaeffer, Edson Paulo Domingues, Caroline Medeiros Rocha Frasson, Paulo Camuri, Carolina Genin, Alexandre Szklo, Andre F. P. Lucena, Danilo Araújo Fernandes, Harley Silva, Raul Ventura, Ricardo Theophilo Folhes, Ana Carolina Oliveira Fiorini, Ademir M. Rocha, Alberto José Leandro Santos, Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior, Aline Souza Magalhães, Amanda Vinhoza, André Luiz Menezes Vianna, Andrea M. Bassi, Antônio Jorge Gomes Abelém, Braulina Baniwa, Bruno Felin, Camila Ludovique Callegari, Carlos Blener, Carlos Henrique da Costa Oliveira, David Castelo Branco, Ellen Claudine Cardoso Castro, Eugênio Pantoja, Eveline Vasquez-Arroyo, Fernando S. Perobelli, Francisco Apurinã, Gabriel Pisa Folhes, Gabriela Nascimento da Silva, Gabriela Savian, Georg Pallaske, Gerd Brantes Angelkorte, Gil Castello Branco, Heron Martins, Huang Ken Wei, Lara Vicente, Inácio F Araújo, Inaiê Takaes Santos, Jaqueline Cardoso, Jefferson F. Ferreira, Joana Portugal Pereira, João Daniel Macedo Sá, Jordano Buzati, Karina S. Sass, Kênia Barreiro de Souza, Leonardo Barbosa, Leonardo Garrido, Leticia Magalar Martins de Souza, Leticia Rodrigues Soares, Lucas Paiva Ferraz, Lucas Silva Carvalho, Lucca Lanaro, Luciana Alves, Luiz Bernardo Baptista, Marco Guzzetti, Maria Amélia Enriquez, Maria Eduarda Senna Mury, Mariana Império, Mariana Oliveira, Mariana Padilha Campos Lopes, Marília Gabriela Silva Lobato, Marta Salomon, Pedro Filipe Campos Rampini, Pedro R. R. Rochedo, Raissa Guerra, Rodney Rooney Salomão Reis, Rogger Mathaus Magalhães Barreiros, Taísa Nogueira Morais, Tarik Marques do Prado Tanure, Terciane Sabadini Carvalho, Thiago Cavalcante Simonato e Virgínia Barbosa.

Revisores

Os autores agradecem aos especialistas que revisaram, formal ou informalmente, o presente estudo em diferentes etapas ao longo do seu processo de desenvolvimento (em ordem alfabética): André Baniwa, Antonella Mazzone, Caio Koch-Weser, Carlos Muñoz Piña, Elizabeth Farina, Fabíola Zerbini, Fernanda Boscaiini, Gustavo Pinheiro, Henrique Evers, Henrique Roncada, Itamar Melo, Joaquim Levy, Julio Alves, Laize Sampaio, Lara Caccia, Laura Malaguzzi Valeri, Luiz H. Calado, Maritta Koch-Weser, Monika Roper, Patricia Pinho, Paulo Amaral, Pedro Frizo, Robin King, Rodolpho Zahluth Bastos, Sâmela Sateré-Maué, Luis Antonio Lindau e Vanessa Perez.

Citação sugerida

Nobre, C.A. et al. (2023) *Nova Economia da Amazônia*. São Paulo: WRI Brasil. Relatório. Disponível online em: www.wribrasil.org.br/nova-economia-da-amazonia
<https://doi.org/10.46830/wriipt.22.00034>

Expediente

Supervisão de pesquisa

Thiago Guimarães Rodrigues

Coordenação editorial

Joana Oliveira de Oliveira e Karoline Barros

Coordenação de engajamento

Karoline Barros

Curadoria de fotos

Marlon F. Marinho e Anaíle Paulino

Produção e edição de mapas

Leonardo da Silva Barbosa

Revisão de texto

André Caramori, Anelena P. Lima e Bruno Felin

Layout e diagramação

Nektar Design (nektardesign.com.br)

Foto de capa

Valdemir Cunha/Greenpeace

Junho de 2023

COORDENAÇÃO



THE **NEW CLIMATE ECONOMY**

The Global Commission on the Economy and Climate

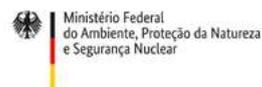
ORGANIZAÇÕES PARCEIRAS



APOIO FINANCEIRO



Com o apoio do



com base em uma decisão do Parlamento Alemão



Agradecimentos

Este relatório foi liderado pela equipe do WRI Brasil e The New Climate Economy e foi realizado em parceria com mais de 75 pesquisadores de várias regiões do país e organizações, as quais agradecemos pelo apoio técnico e institucional: NAEA-UFGA, Nereus-USP, Fipe, Cenergia-Coppe-UFRJ, Ipead-Cedeplar-UFMG, Ipam, Idesam, Associação Contas Abertas, CCCA e Uma Concertação pela Amazônia.

O apoio financeiro do Instituto Clima e Sociedade (ICS), Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca, Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção do Consumidor da Alemanha (BMU), Instituto Arapyáú, Good Energies Foundation, e Climate and Land Use Alliance (CLUA) foi fundamental para a elaboração do estudo.

Agradecemos a todas as pessoas que contribuíram com a pesquisa em diferentes estágios. Entre elas, as entrevistadas no Acampamento Terra Livre (ATL) e ao longo de 2022, bem como os consultores que viabilizaram a realização deste relatório.

A lista a seguir não pretende ser exaustiva, mas exemplifica pessoas que compartilharam seu tempo e conhecimento (em ordem alfabética): Adilson Joanico Baniwa, Adriana Lobo, Ana Terra Yawalapiti, Anderson Rogerio Lopes, Angela Mendes, Antônio Araújo da Silva Apurinã, Beptuk Kayapó, Berta Pinheiro, Bia Saldanha, Camila Carolina, Carina Pimenta, Cira Moura, Crisanto Rudzö Tseremey'wá, Danilo Igliori, Demetrio Tiriyo, Denison Duarte dos Santos, Edilson Martins Melgueiro, Edivan Silva de Carvalho, Edmilson dos Santos Oliveira, Eduardo Correa Tavares, Eduardo

Malta, Elcio Filho Manchineri, Erika de Paula Pedro Pinto, Evaldo Bruno Martins, Fábio Heuseler Ferreira Leite, Fabricia Sabanê, Florinda Tuyuka, Francineia Fontes, Genilson Guajajara, Gustavo Fontenele, Hélio Jorge da Cunha, Izabella Teixeira, Janete Martins Lana, Joaquim José Martins Guilhoto, Johannes van de Ven, Jucleison do Santos Aniká, Kreusa Nunes André, Lindalva Felix Zaquri, Luciane Rodrigues, Lucimar Souza, Manoel Serrão Borges de Sampaio, Marago Ikpeng, Marcela Rodrigues, Marcelo Furtado, Marek Hanush, Mário Fadell, Masawãkatxi Apurinã, Mauri Kurio Boe, Narciso Pantoja, Neuraci Charles, Olavo Kamuu Dan Wapichana, Oremê Ikpeng, Oyago Suruí, Paulo Moutinho, Renata Cordeiro, Renee Pineda, Rodrigo Junqueira, Samia Apurinã, Samuel Lima Pereira Arara, Sandra Regina, Saulo de Tarso Vale Bente, Sebastião Krahô, Sérgio André Castelani, Shirley Amairé, Suely Araújo, Tari Kayabi, Tatiana Schor, Terekwyi Gavião, Tilho Nascimento Felix Arara, Tuíre Kayapó, Tutuma Ikpeng, Valmir Ortega, Vanuza Guajajara, Viviane Romeiro, Waduwabati Suya, Wagner Katamy e Walmyr Tapirapé.

Agradecemos também às equipes de comunicação e engajamento do WRI Brasil e do The New Climate Economy (em ordem alfabética): Alex Simpkins, Andrea Mendez, Bruno Calixto, Bruno Felin, Cristina Bodas, Fernando Correa, Guilherme Cutrim, Lais Assumpção, Jenna Ellingson, Joana Oliveira de Oliveira, Karoline Barros, Laio Teixeira, Madhavi Ganeshan, Nate Shelter, Pandora Batra, Sara Ascher, Yelena Akopian, toda equipe do WRI Brasil, WRI, The New Climate Economy e organizações parceiras.



Produção sustentável por famílias associadas à Central das Associações Agroextrativistas do rio Manicoré, no interior do Amazonas, que buscam criar a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Rio Manicoré. Foto: Nilmar Lage/Greenpeace.

Índice

SUMÁRIO EXECUTIVO.....	13	
INTRODUÇÃO.....	35	
1	A ECONOMIA ATUAL E O FUTURO DA ECONOMIA NA AMAZÔNIA	42
PARTE DVBIE		
	CAPÍTULO 1: OS PRINCIPAIS SETORES DA ECONOMIA ATUAL.....	47
	CAPÍTULO 2: ECONOMIA DA AMAZÔNIA EM 2050: JANELA PARA O FUTURO.....	75
2	A NOVA ECONOMIA DA AMAZÔNIA EM PERSPECTIVA	96
PARTE DVBIE		
	CAPÍTULO 3: BIOECONOMIA.....	101
	CAPÍTULO 4: AGROPECUÁRIA.....	127
	CAPÍTULO 5: MINERAÇÃO.....	141
	CAPÍTULO 6: INFRAESTRUTURA.....	151
	CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES SOBRE FINANCIAMENTO.....	175
3	COMO FAZER A NOVA ECONOMIA DA AMAZÔNIA ACONTECER	198
PARTE DVBIE		
	CAPÍTULO 8: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	203
	BIBLIOGRAFIA.....	212
	NOTAS DE FIM.....	232

Lista de siglas

AF	Agricultura Familiar	FNO	Fundo Constitucional do Norte
Amit	Instituto de Tecnologia da Amazônia	FT-BTL	Fischer-Tropsch Biomass-to-Liquids
AML	Amazônia Legal	Funrural	Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural
APP	Área de Preservação Permanente	FWA	Fixed Wireless Access
Ateg	Assistência Técnica e Gerencial	GEE	Gases de Efeito Estufa
Ater	Assistência Técnica e Extensão Rural	GEM	Modelos de Equilíbrio Geral (sigla em inglês)
Basa	Banco da Amazônia	GTA	Guia de Trânsito Animal
BAU	Business As Usual	GtCO₂	Gigatonelada de dióxido de carbono
CAPDA	Comitê Das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia	GWp	Potencial de Aquecimento Global
CAR	Cadastro Ambiental Rural	IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CBI	Climate Bonds Initiative	Ibram	Instituto Brasileiro de Mineração
Cedeplar-UFMG	Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais	Idesam	Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia
Cenergia-Coppe-UFRJ	Centro de Economia Energética e Ambiental, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro	IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
CGE	Equilíbrio Geral Computável	Iema	Instituto de Energia e Meio Ambiente
CRA	Certificado de Recebíveis do Agronegócio	IIOAS	Interregional Input-Output Adjustment System
CRI	Certificado de Recebíveis Imobiliários	iLPF	Sistema Integrado de Produção Lavoura-Pecuária-Floresta
DEGEE	Direitos de Emissão de Gases De Efeito Estufa	INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
DOM	Modelos de Otimização Dinâmica (sigla em inglês)	Ipam	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
ESG	Governança ambiental, social e corporativa (sigla em inglês)	IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
FCO	Fundo Constitucional do Centro-Oeste	Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
FDIC	Fundo de Investimento em Direitos Creditórios	LCA	Letra de Crédito do Agronegócio
Fipe-USP	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo	LCI	Letra de Crédito Imobiliário
		MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
		MBRE	Mercado Brasileiro de Redução de Emissões de Carbono

Mha	Milhões de hectares	PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
MIIP	Matriz Inter-regional de Insumo-Produto	PSR	Programa de Seguro Rural
MIIP-AML	Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para a Amazônia Legal	PTF	Produtividade Total dos Fatores
MIP-Alfa	Matriz de Insumo-Produto de Contas Alfa	REDD+	Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação
MRV	Sistema de Monitoramento, Relato e Verificação	REF	Cenário Referencial
MtCO₂	Milhão de tonelada de dióxido de carbono	RL	Reserva Legal
NAEA-UFPA	Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará	RNA	Regeneração Natural Assistida
NDC	Contribuição Nacionalmente Determinada (sigla em inglês)	RPF	Restauração de Paisagem e Floresta (sigla em inglês)
NEA	Nova Economia da Amazônia	RVE	Redução Verificada de Emissão
OTCA	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica	SAF	Sistema Agroflorestal
PD	Plantio Direto	SBGE-GEE	Sistema Brasileiro de Gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa
PIB	Produto Interno Bruto	SFL	Cenário de Sustentação Florestal
Planaveg	Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa	SIN	Sistema Interligado Nacional
Plano ABC+	Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária	Sinare	Sistema Nacional de Redução de Emissões de gases de efeito estufa
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar	SNCR	Sistema Nacional de Crédito Rural
PNGATI	Política Nacional de Gestão territorial e Ambiental de Terras indígenas	SBTi	Science Based Targets initiative
PNPSA	Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais	STE	Cenário de Sustentação Tecnológica
PON	Passive Optical Networks	Sudam	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
PPBio	Programa Prioritário em Bioeconomia	Suframa	Superintendência da Zona Franca de Manaus
PPCDAm	Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal	tCO₂	Tonelada de dióxido de carbono
Proagro	Programa de Garantia da Atividade Agropecuária	TWh	Terawatt-hora
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura	VA	Valor Adicionado
		VBP	Valor Bruto da Produção



Colheita de frutas da agricultura familiar em Apuí, Amazonas.
Foto: Dereck Mangabeira/Idesam.

Prefácio

As próximas décadas vão definir se a Amazônia – terra de mais de 28 milhões de habitantes, 198 povos indígenas, e que abriga a floresta mais biodiversa, o maior reservatório de água doce e o maior bloco tropical de regulação climática do planeta – se tornará a grande catalisadora da economia de baixa emissão de carbono do Brasil. Ou, ao contrário, atingirá um ponto irreversível de degradação, aprofundando as desigualdades atuais e colocando em risco a estabilidade e competitividade de toda a economia do país.

Como colocar a Amazônia Legal em uma trajetória de descarbonização, transformando a economia da região para que ela cresça, gere oportunidades, valorize as culturas locais e os ativos ambientais, combatendo a desigualdade e os desmatamentos? Essa pergunta moveu os 76 pesquisadores que assinam o relatório Nova Economia da Amazônia.

O trabalho partiu da combinação de diferentes técnicas e conhecimentos para apresentar um retrato inédito da economia atual da Amazônia Legal, buscando compreender as relações econômicas e ambientais com o restante do Brasil e do mundo. Deu ênfase aos setores intensivos em carbono e que devem mudar de trajetória para se tornarem parte relevante de uma economia da floresta em pé, mais adequada aos desafios deste século.

O estudo avança na compreensão do papel da bioeconomia, revelando uma pujante atividade até então invisível aos instrumentos convencionais de medição da economia. Apesar de fundamentada na forma secular de produção dos povos originários, inovada constantemente pelas tecnologias locais nas aldeias, zonas rurais e cidades amazônicas, a

bioeconomia ainda permanece subdimensionada perto do seu impacto atual e potencial futuro. O trabalho ajuda a dar visibilidade a essas atividades, demonstrando a sua relevância como solução para o futuro da economia na região.

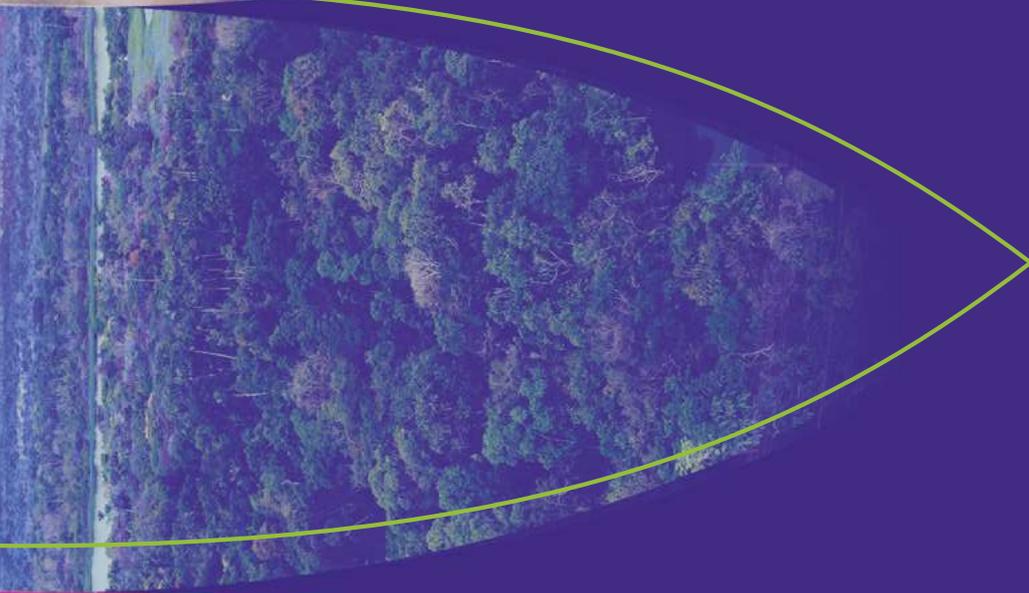
O relatório também avalia a performance econômica da Amazônia Legal sob diferentes cenários, comparando a trajetória atual, que tem conduzido à degradação, com cenários alternativos de descarbonização, especialmente dos setores agropecuário e de energia.

Mais do que comparar resultados de PIB e geração de emprego, como se convencionava avaliar o desempenho econômico, a Nova Economia da Amazônia permite uma análise qualitativa do que se quer para o futuro – e não há futuro para o Brasil sem a Amazônia. Os resultados mostram que é impossível o país atingir as metas do Acordo de Paris e contribuir com a desaceleração do aquecimento global sem zerar os desmatamentos na Amazônia. Mesmo acabando com o desmatamento, será preciso restaurar grandes áreas da floresta e adotar novas formas de gerar e consumir energia, seja no campo ou nas cidades.

Uma transição que gera empregos de qualidade e oportunidades para os cidadãos da região, ao mesmo tempo que impulsiona mudanças importantes no restante do Brasil. A Nova Economia da Amazônia pode ser a grande catalisadora da descarbonização de toda economia brasileira e a maior oportunidade de desenvolvimento econômico e social da história contemporânea do país.

Fernanda Boscaini

Diretora Executiva do WRI Brasil



SUMÁRIO EXECUTIVO EXECUTIVO

Destaques

Modelos econômicos desenvolvidos por diferentes instituições brasileiras foram combinados para projetar cenários para a economia da Amazônia Legal (AML) em 2050.

A Nova Economia da Amazônia (NEA), cenário **orientado pelo Acordo de Paris, desmatamento zero, expansão da bioeconomia, restauração florestal e adequação da agropecuária e matriz energética à produção de baixa emissão de carbono, apresentou os melhores resultados econômicos. O cenário NEA** chega em 2050 com PIB R\$ 40 bilhões superior ao referencial, 312 mil empregos adicionais, além de 81 milhões de hectares de florestas e 19% de estoque de carbono a mais.

Os investimentos para financiar a NEA foram estimados em 1,8% do PIB nacional ao ano, contra 1% ao ano no cenário referencial.

Dos R\$ 2,56 trilhões adicionais exigidos para essa mudança estrutural, R\$ 442 bilhões seriam destinados à agricultura e pecuária de baixa emissão de carbono, R\$ 217 bilhões à bioeconomia e restauração, R\$ 410 bilhões à matriz energética e outros R\$ 1,49 trilhões à infraestrutura.

Os investimentos adicionais para a transição não seriam aplicados somente na Amazônia Legal, visto os intrincados fluxos financeiros, informacionais e físicos entre a região e o restante do Brasil. A Amazônia seria a grande catalisadora da descarbonização da economia brasileira.

Contextualização

A Amazônia Legal (AML), área que cobre quase 60% do território brasileiro, detém a mais extensa e biodiversa floresta do mundo, o maior reservatório de água doce e o mais importante bloco florestal de regulação climática do planeta, abraçando parte significativa do hotspot de biodiversidade do Cerrado. É lar de 28 milhões de brasileiros, 198 etnias indígenas de quase 50 famílias linguísticas. Apesar do crescimento econômico acima da média nacional, e riqueza cultural e biológica ímpares, a AML tem sofrido processo crônico de degradação com mais de 83 milhões de hectares de florestas primárias já desmatados. Essa trajetória de desenvolvimento coloca em xeque a capacidade da floresta de absorver carbono e prover serviços ecossistêmicos – como a regulação climática e a irrigação pluvial – para os quais não há substitutos economicamente viáveis em tão larga escala.

As mudanças climáticas afetam negativamente a economia, atingindo de maneira desproporcionalmente elevada os países mais pobres e populações já vulneráveis. Atingir as metas previstas no Acordo de Paris e diminuir as emissões

para frear o aquecimento global em 1,5°C exige investimentos da ordem de 2% do PIB mundial ao ano – até que seja atingida a estabilidade das concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (Stern, 2015). Ultrapassar a barreira de 1,5°C (cenário SSP1-1.9. do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC) amplia consideravelmente os investimentos necessários para adaptação e substituição de processos intensivos em carbono, bem como encarece os custos de remediação dos impactos mais severos das mudanças climáticas, podendo exigir até 9% do PIB global ao ano (Guo, Kubli, Saner, 2021).

O papel do Brasil na contenção do aquecimento global é crucial, especialmente no desenvolvimento de uma economia livre de desmatamento e degradação florestal, com produção agropecuária e industrial de baixa emissão de carbono. O Brasil emitiu cerca de 67 gigatoneladas de dióxido de carbono (GtCO₂) nos últimos 30 anos (SEEG, 2022). Para cumprir as metas de emissões previstas no Acordo de Paris e frear o aquecimento global a 1,5°C, este estudo estimou que o saldo de emissões do Brasil entre 2020 e 2050 (*carbon budget*) não pode superar 7,7 GtCO₂. Na Amazônia Legal, as emissões líquidas não podem ultrapassar 1,4 GtCO₂ até 2050, redução de 96% em relação aos 36 GtCO₂ emitidos nos últimos 30 anos.



Fim de tarde no mercado Ver-o-Peso, em Belém, Pará. Foto: Nayara Jinkns/WRI Brasil.

A iniciativa Nova Economia da Amazônia

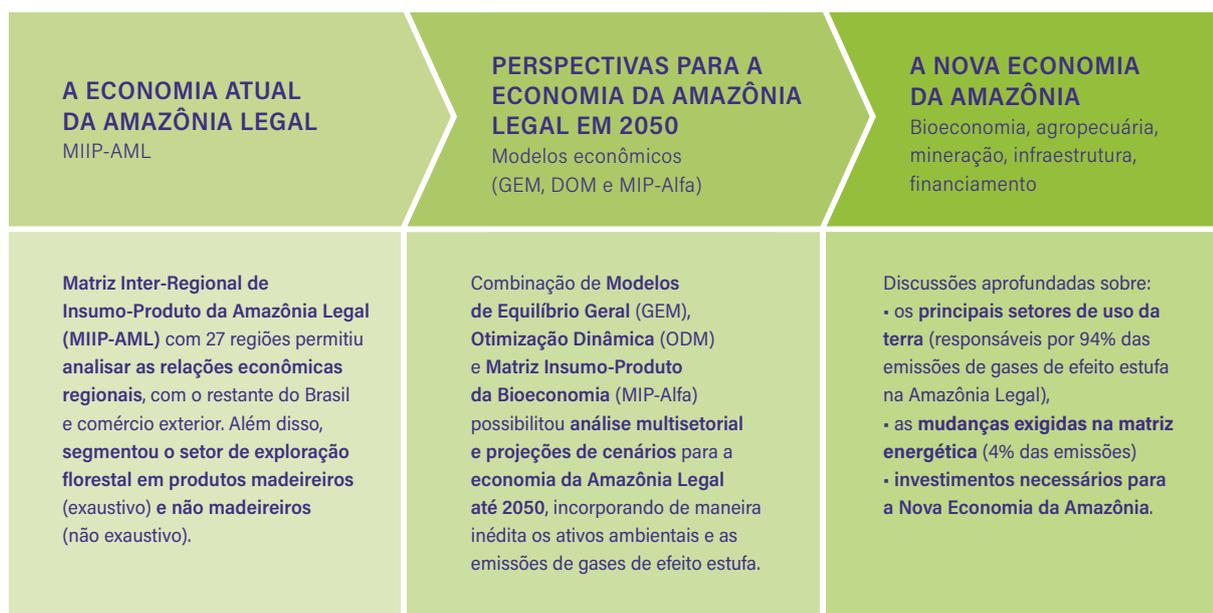
A Nova Economia da Amazônia (NEA), iniciativa do WRI Brasil em parceria com instituições brasileiras de pesquisa de diversas regiões, reconhece que a promoção do desenvolvimento econômico e social com mitigação climática demanda mudanças profundas na economia, e acredita que a Amazônia deverá ser a grande catalisadora dessas mudanças no Brasil. Este relatório mostra como investimentos em conservação e expansão dos ativos naturais, fortalecimento da bioeconomia, e adaptação da agropecuária e da matriz energética à baixa emissão de carbono na Amazônia Legal (AML) resultariam em uma economia mais qualificada e de melhor performance do que aquela baseada na continuidade da expansão de atividades intensivas em carbono. As mudanças estruturais da transição para a NEA lideradas pela Amazônia alcançariam toda a economia brasileira através dos fluxos de investimentos, insumos e produtos trocados entre as regiões, conduzindo o país para a descarbonização de toda a economia.

A NEA promoveu, de forma inédita, a compatibilização e interação de modelos desenvolvidos por diferentes grupos de pesquisa do país a fim de compor uma análise abrangente sobre a economia atual da AML e traçar diferentes cenários para a economia futura. Foram combinadas diferentes técnicas econométricas, com o desenvolvimento de Matriz Inter-regional de Insumo-Produto (MIIP-AML), Modelos de Equilíbrio Geral (GEM) e Otimização Dinâmica (DOM) acoplados a módulos computáveis de mudanças de uso da terra, e Matriz de Insumo-Produto de Contas Alfa (MIP-Alfa) para a bioeconomia. O trabalho permite analisar as peculiaridades da AML, as características das diferentes regiões, seus fluxos de comércio, insumos, produtos, emissões e desmatamentos a eles incorporados.



Ilha do Combu, Belém, Pará.
Foto: Nayara Jinkss/WRI Brasil.

Figura SE 1 | O relatório da Nova Economia da Amazônia



Fonte: Elaborado pelos autores.

As escolhas metodológicas têm suas próprias limitações. Embora o ineditismo da NEA traga uma nova perspectiva de avaliação e planejamento da economia da AML, alguns limites e restrições inerentes aos modelos e interpretações dos resultados são: (1) subdimensionamento de possíveis efeitos positivos gerados por ganhos de capital humano ou progresso tecnológico na performance econômica, (2) subvalorização da degradação e exaustão de recursos naturais, (3) subvalorização dos serviços ecossistêmicos, (4) subdimensionamento da bioeconomia atual e, portanto, da bioeconomia futura, sobretudo nos setores secundário e terciário, e (5) resultados econômicos não espacialmente explícitos.

O recorte analítico da NEA

A NEA adota os limites da Amazônia Legal brasileira como área de estudo. O bioma Amazônia ocupa cerca de 6,2 milhões de quilômetros quadrados em oito países da América do Sul e em um território francês, sendo aproximadamente 60% no Brasil. Já a AML é uma delimitação jurídica que inclui a totalidade da Bacia Amazônica brasileira englobando a floresta tropical e cerrados adjacentes. Instituída pela Lei nº 1.806/1953, soma 5 milhões de km² – 59% do território brasileiro. Com cerca de 28 milhões de habitantes (Ipeadata, 2022), e Índice de Desenvolvimento Humano médio abaixo

dos 0,58 (Firjan, 2020), abrange integralmente os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso, além do Maranhão em sua porção a oeste do meridiano 44°.

A AML é um mosaico de ambientes florestais e savânicos com dezenas de ecossistemas manejados por povos originários há mais de 10 mil anos.

Atualmente, a população indígena da AML é de quase 600 mil pessoas entre 198 etnias e 49 famílias linguísticas (ISA, 2023; Museu Emílio Goeldi, 2023). Técnicas de manejo florestal, agricultura e manufaturas reúnem uma profusão de conhecimentos tradicionais sobre fármacos, cosméticos, alimentos, fibras, materiais de infraestrutura e energia, ainda desconhecidos pela Ciência, mas corriqueiros na economia original – ou bioeconomia –, balizada na capacidade de suporte do ambiente e respeito aos bens imateriais indissociáveis da produção.

Maior estoque tropical de carbono do mundo, a Amazônia armazena 120 GtC acima do solo (Gatti et al., 2021), o equivalente a doze vezes as emissões anuais resultantes das atividades econômicas globais (Valsecchi do Amaral et al., 2017). A AML também é responsável por reciclar entre 6,3 e 7,4 trilhões de metros cúbicos de água por ano através dos chamados "rios voadores", que irrigam o centro-sul do Brasil, sendo esse o maior serviço prestado ao agronegócio, à geração hidrelétrica, à indústria e ao saneamento

no país e no Cone Sul (Baker et al., 2021). Nos últimos 30 anos, uso do solo e energia representaram quase 98% de todas as emissões acumuladas da AML. São, por isso mesmo, o foco deste relatório.

Apesar da relevância e de seu papel na economia, a Amazônia se aproxima de um ponto de não retorno, dada a atual trajetória de degradação acelerada. Cerca de 83 milhões de hectares de florestas primárias já foram desmatados na Amazônia (Prodes, 2022b). Considerando toda a AML, aproximadamente 23% da cobertura original já foi desmatada, sendo 59 milhões de hectares de florestas primárias e cerrados apenas nos últimos 36 anos (Mapbiomas, 2022c). A continuidade desse processo está conduzindo a um ponto de não retorno (Nobre et al., 2016), com mudanças nos ciclos de carbono que fazem com que a região se torne emissora líquida de carbono, ou seja, sua capacidade de absorver será menor do que suas próprias emissões (Gatti et al., 2021). A diminuição da floresta e o aumento da frequência e intensidade de incêndios já têm impacto direto na agricultura, altamente dependente das chuvas, uma vez que 96% das áreas plantadas e 99% das pastagens no Brasil não possuem sistemas de irrigação (IBGE, 2019).

Principais resultados

A economia atual da Amazônia Legal

A economia atual da AML é deficitária nas transações comerciais e superavitária em emissões, com transações altamente intensivas em carbono.

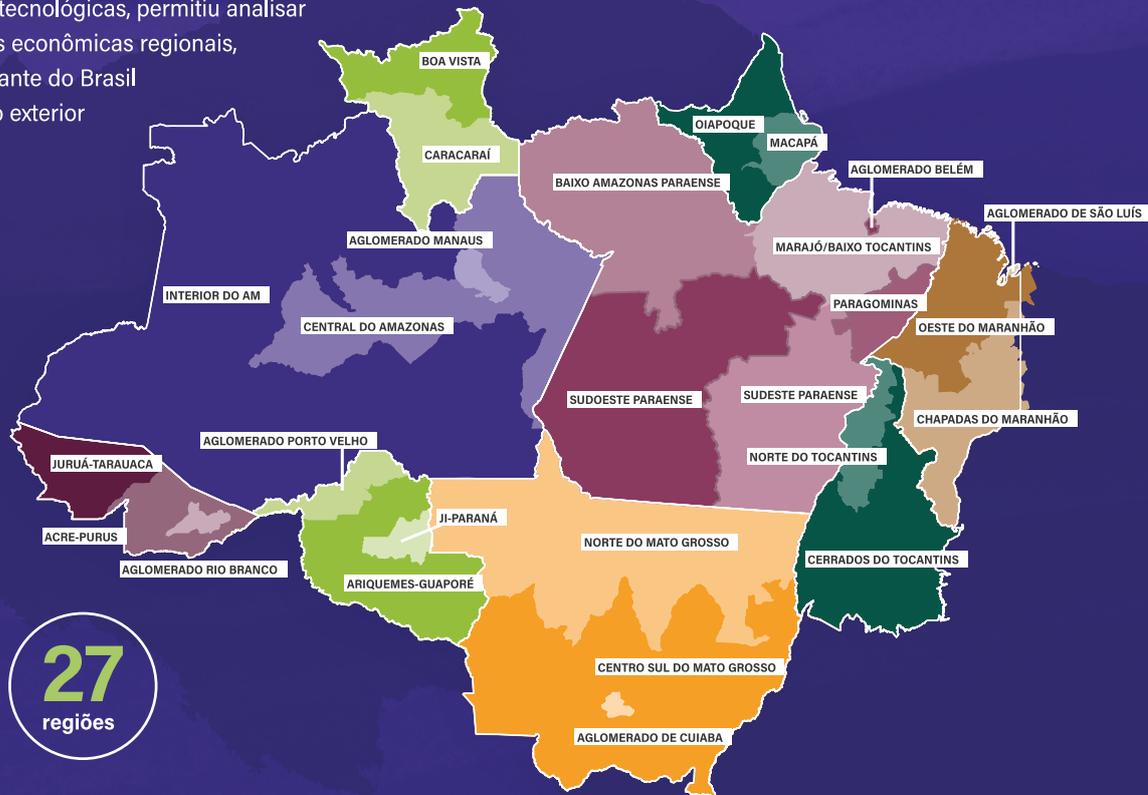
Na atual lógica econômica, a região é um grande depositário de terras que fornece insumos de baixo valor agregado para a economia nacional e internacional, exportando produtos primários e comprando bens e serviços qualificados e de maior agregação de valor. O uso da MIIP-AML mostra que, em 2015 - ano mais recente das Matrizes de Insumo Produto - o comércio da AML com o restante do Brasil resultou em exportações de R\$ 355 bilhões e importações de R\$ 469 bilhões, com déficit de R\$ 114 bilhões. Por outro lado, emissões de 863 MtCO₂ foram geradas na AML para atender às demandas interna e externa, com desmatamentos da ordem de 1,5 milhão de hectares. A MIIP-AML está disponível em www.wribrasil.org.br/publicacoes/nova-economia-amazonia-nea.



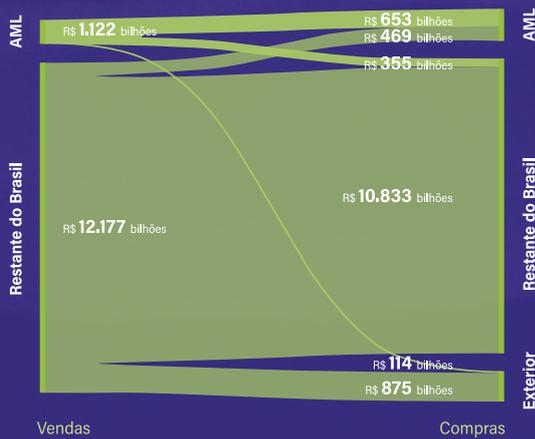
Transporte hidroviário na ilha do Combu, em Belém, Pará. Foto: Nayara Jinknss/WRI Brasil.

Figura SE2 | A economia atual da Amazônia Legal revelada pela MIIP-AML

O desenvolvimento de uma Matriz Insumo-Produto para 27 regiões da Amazônia Legal, definidas por suas trajetórias tecnológicas, permitiu analisar as relações econômicas regionais, com o restante do Brasil e comércio exterior



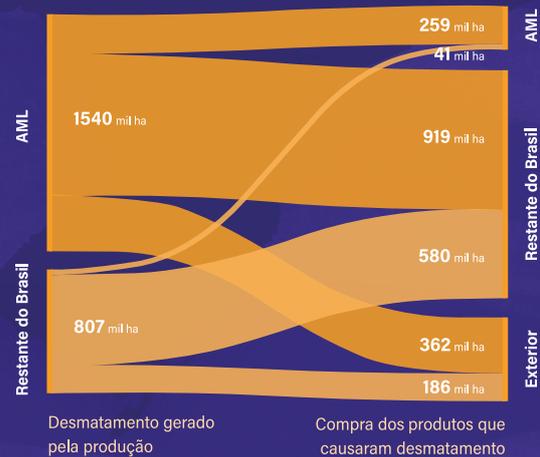
A Amazônia Legal importa mais do que exporta, o que gera um **DÉFICIT COMERCIAL...**



Ao vender produtos básicos e comprar bens e serviços de maior valor agregado, a economia da Amazônia Legal soma **déficit de R\$114 bilhões nas transações comerciais.**



...E as suas exportações tem muito **MAIS DESMATAMENTO**



Mais de 83% do desmatamento da AML é estimulado direta ou indiretamente pela demanda existente no restante do Brasil e no exterior.



Nota 1: fluxos de comércio a preços básicos no ano de 2015, de acordo com a MIIP-AML (a preços de 2020).

Nota 2: Desmatamento incorporado às transações comerciais em mil hectares.

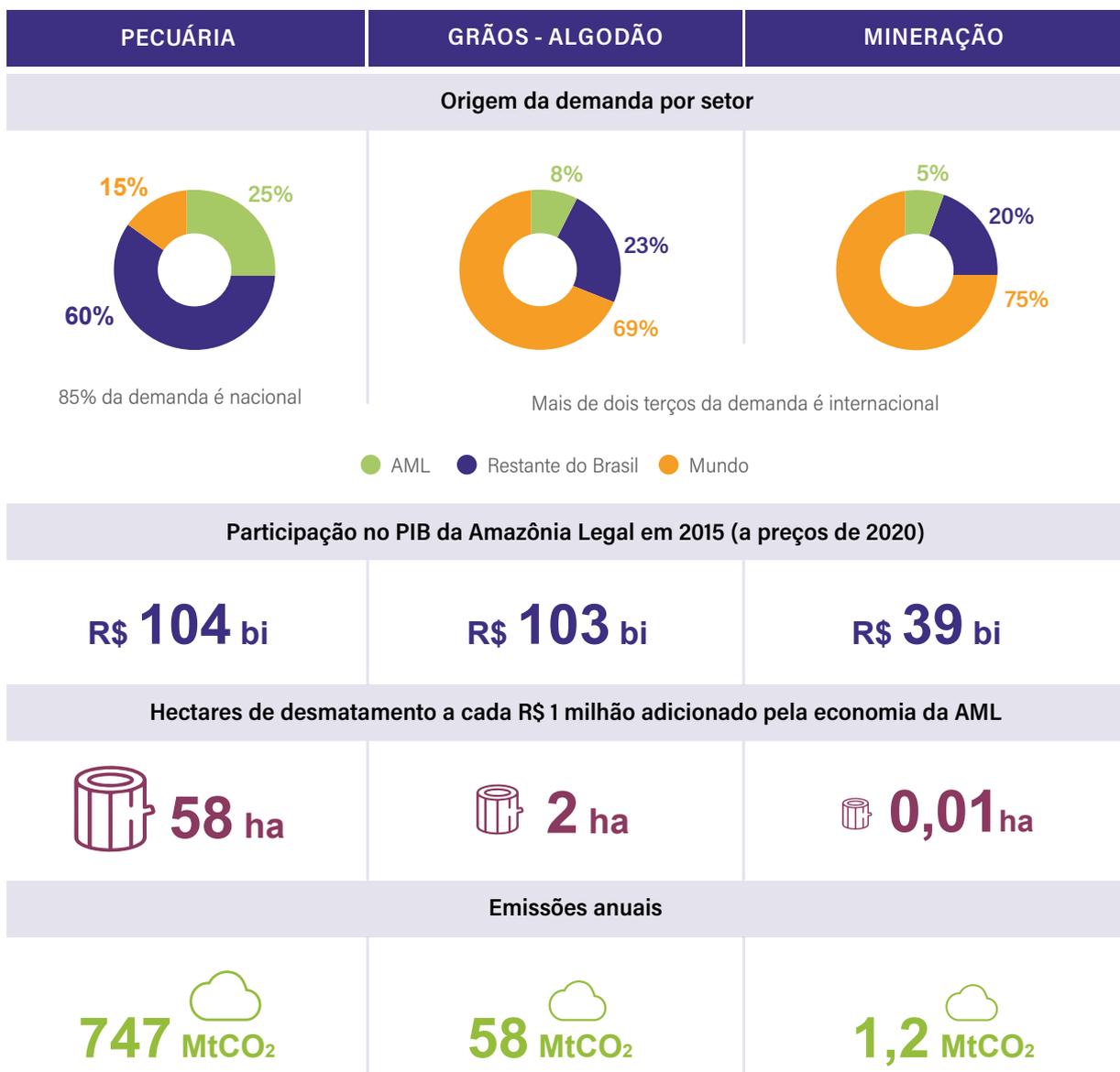
Nota 3: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Mais de 83% do desmatamento da AML se origina das demandas do restante do Brasil e do comércio exterior. Frequentemente desmatamentos são analisados pela ótica da oferta, ou seja, quais setores produtivos estão promovendo a substituição de florestas por outros usos do solo. A MIIP-AML permite enxergar o fenômeno do desmatamento também pela ótica da demanda, identificando de onde vêm os estímulos para os setores produtivos desmatarem. Na MIIP-AML, a decomposição por origem da demanda indica que, enquanto 46% do VA da AML é estimulado por demanda existente

fora da região, 83% do desmatamento tem essa origem externa, justamente em função do perfil das exportações caracterizar-se por baixo VA e intensivo desmatamento. Apenas 12% dos desmatamentos existentes hoje na AML respondem aos estímulos diretos, indiretos e induzidos das demandas da própria região. Em termos absolutos, de todo o desmatamento da AML em 2015, 919 mil hectares foram induzidos pelas demandas do resto do Brasil, 362 mil hectares pelas demandas internacionais e 259 mil hectares da demanda da própria região.

Figura SE 3 | Análise dos desmatamentos e emissões por setores e origem da demanda da AML



Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A economia da Amazônia Legal em 2050

Utilizando-se Modelos de Equilíbrio Geral (GEM) e de Otimização Dinâmica (DOM) foram projetados quatro diferentes cenários para a economia da AML em 2050, combinando duas restrições à alocação dos fatores de produção e escolhas tecnológicas: controle de emissões totais e controle de desmatamentos. No cenário Referencial (REF) nenhuma restrição foi estabelecida. No cenário de Sustentação Tecnológica (STE) não se restringiu o desmatamento, mas se impôs a condição de que as emissões totais até 2050 não poderiam

ultrapassar o limite estimado de 7,7 GtCO₂ para cumprimento do cenário de 1,5°C do Acordo de Paris, forçando a otimização de tecnologias energéticas na sustentação da descarbonização da economia. No cenário de Sustentação Florestal (SFL) fez-se o inverso, restringindo o desmatamento a zero, mas sem imposição de limites a quaisquer outras fontes de emissão da economia, forçando a otimização do uso do solo. Finalmente, no cenário da Nova Economia da Amazônia (NEA) foram impostas as duas restrições, combinando otimização do uso do solo e da matriz energética para atingir a meta de manter as emissões acumuladas líquidas do Brasil, entre 2020 e 2050, em 7,7 GtCO₂.

Figura SE 4 | Janela para o futuro: cenários econômicos

O estudo projeta cenários para a economia da AML até 2050 combinando restrições a emissões e desmatamentos



Nota 1: Para cumprir as metas de emissões previstas no Acordo de Paris e frear o aquecimento global a 1,5°C, este estudo estimou que o saldo de emissões do Brasil entre 2020 e 2050 (*carbon budget*) não pode superar 7,7 GtCO₂.

Nota 2: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Sem restrições ao desmatamento, o Brasil não conseguirá cumprir suas metas climáticas. Zerar o desmatamento é também insuficiente, sendo preciso combinar descarbonização da agropecuária e da matriz energética. A persistência da economia intensiva em carbono representada pelo cenário REF resultaria em emissões acumuladas de 43,6 GtCO₂ até 2050. Já o cenário STE não apresentou solução matemática viável, do que se deduz a impossibilidade de cumprir as metas do Acordo de Paris sem restrições ao desmatamento. Nenhuma combinação de pacotes tecnológicos e energéticos dos demais setores da economia seria capaz de neutralizar as emissões das mudanças de uso do solo. Já o cenário SFL mostra que, mesmo zerando o desmatamento na AML, os demais setores da economia brasileira emitiriam 21,1 GtCO₂, valor quase três vezes acima da meta. Já no cenário NEA, as emissões se restringiram à meta de 7,7 GtCO₂, o que conduziria à otimização do uso da terra, ao aumento da produtividade agropecuária pelo uso intensivo de capital e trabalho, ao relaxamento da pressão sobre a vegetação nativa e à restauração de 24 Mha em favor do sequestro de carbono e da bioeconomia. Nesse cenário, as emissões da AML foram estimadas em 1,4 GtCO₂ até 2050.

PIB qualificado e mais empregos inclusivos, especialmente na bioeconomia, são grandes vantagens da transição para a Nova Economia da Amazônia. O PIB nacional em 2050 no cenário REF foi estimado em R\$ 14,432 trilhões (a valores de 2020), enquanto no cenário NEA esse indicador é ligeiramente superior, R\$ 14,658 trilhões. Já na AML, o PIB no cenário REF foi estimado em R\$ 1,301 trilhão contra R\$ 1,340 trilhão no cenário NEA. **Sob o cenário NEA seriam gerados, somente na AML, cerca de 312 mil empregos a mais,** com 365 mil empregos adicionais na bioeconomia, e outros 468 mil postos adicionais na restauração, substituindo postos de trabalho nas cadeias intensivas em carbono, caracterizando um processo de transição econômica justa, com a criação de empregos verdes e foco no desenvolvimento social. Nessas cadeias, mais de 91% das ocupações atuais pertencem a grupos minoritários como negros e indígenas. No cenário NEA, os postos de trabalho ocupados por esses grupos preenchem cerca de 18,7 milhões de vagas (81% do total), com 345 mil vagas adicionais ao REF. Ao final de 2050, o PIB alcançado pela NEA produziria menos do que um quinto das emissões totais do cenário REF

e teria 81 Mha adicionais de vegetação nativa, com estoque de carbono florestal 19% maior, formando uma poupança para garantir lastro nas negociações climáticas, atrair financiamentos e gerar serviços ecossistêmicos essenciais para a produção.

Os investimentos necessários para financiar a transição para a NEA são de R\$ 2,56 trilhões até 2050 (adicionais ao cenário REF). Investimentos na AML foram estimados em R\$ 3,36 trilhões no cenário REF (1,0% ao ano do PIB nacional) e R\$ 5,92 trilhões no cenário NEA (1,8% ao ano do PIB nacional) até 2050. Dos R\$ 2,56 trilhões adicionais do cenário NEA, R\$ 659 bilhões seriam empregados no uso estratégico do solo, através de mudanças técnicas de intensificação de produção agropecuária e dos setores ligados a agricultura, pecuária, bioeconomia e restauração; R\$ 410 bilhões nas mudanças na matriz energética e outros R\$ 1,49 trilhão em infraestruturas induzidas. Os investimentos não seriam aplicados somente na AML, visto a intrincada relação de insumo-produto entre a região e o restante do país, implicando harmonização de normas, produtos e processos. **A Amazônia seria a grande catalisadora da descarbonização da economia brasileira.**



Produção de óleo a partir de sementes de andiroba na comunidade ribeirinha do Bauana, em Carauari, Amazonas. Foto: Ricardo Oliveira.

Manter a floresta em pé e reduzir as emissões é uma oportunidade para fortalecer a economia da Amazônia.

A partir de uma combinação inédita de dados e modelos foi possível comparar resultados econômicos, sociais e ambientais que demonstram os benefícios da Nova Economia da Amazônia em comparação à trajetória atual em 2050.

BENEFÍCIOS
AMBIENTAIS E CLIMÁTICOS

+22 Mha*
de florestas restauradas

+81 Mha
DE FLORESTA EM PÉ

59 Mha
de desmatamentos evitados



ÁGUA

13% menos

perda de água por escoamento superficial

Maior penetração de água no solo aumenta a resiliência da agropecuária ao estresse hídrico e diminui riscos de enchentes



FERTILIDADE DO SOLO

16% nitrogênio 18% fósforo

menos perda de nutrientes do solo

Economia nos custos de reposição de fertilizantes de R\$ 4,6 a 8,7 bilhões em 30 anos



EMISSÕES

94% menos

emissões líquidas de carbono

Redução de emissões
35,9 GTCO₂ >> Brasil
24,2 GTCO₂ >> AML



CARBONO

19% mais

estoque de carbono

Ativo ambiental para lastro de crédito de carbono, negociações climáticas e atração de financiamentos

*No cenário NEA são restaurados 24 Mha e no Referencial estimou-se 2 Mha, de forma que a diferença total entre os cenários é de 22 Mha.

Nota: Todos os dados desta figura são valores adicionais do cenário Nova Economia da Amazônia (NEA) em relação ao referencial (REF), resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

AS VANTAGENS DA NEA

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

+40
Bilhões

NO PIB DA
AMAZÔNIA LEGAL

saldo de
+312 mil
empregos
na região



BIOECONOMIA

PIB 67% maior,
atingindo

R\$ 38,5
bilhões



EMPREGOS

Mais empregos sustentáveis no lugar de ocupações ligadas ao desmatamento. **833 mil** empregos a mais em bioeconomia e restauração



MULTISETORIAL

Crescimento de todos os setores, incluindo agropecuária, mineração e bioeconomia, com menos terra e mais trabalho e capital



CIDADES

Cidades assumem papel crucial no desenvolvimento e inovação da bioeconomia por serem a plataforma da economia circular e de proximidade dos produtos da floresta em pé

INVESTIMENTOS ADICIONAIS PARA A TRANSIÇÃO

Agropecuária de baixo carbono >> R\$ 442 bilhões

Bioeconomia e restauração >> R\$ 217 bilhões

Matriz energética >> R\$ 410 bilhões

Infraestrutura >> R\$ 1,49 trilhões

A Amazônia seria a catalisadora da economia de baixo carbono do Brasil.

Bioeconomia

A bioeconomia proposta pela NEA é aquela que se desenvolve com a floresta em pé e os rios fluindo.

A bioeconomia amazônica deve ser capaz de se ajustar à biocapacidade do bioma, desenvolvendo-se a partir de atividades econômicas que não quebrem os complexos equilíbrios ecológicos que garantem a saúde da floresta e dos rios dos quais dependem a população, unindo tradição e inovação, como uma bioeconomia bioecológica (Costa e Fernandes, 2016; Costa et al., 2022). Essa bioeconomia já existe, mas está parcialmente invisível nas contas nacionais pelo alto índice de informalidade e inadequação dos métodos oficiais na captura dos indicadores.

A bioeconomia revelada pelos novos indicadores é pujante na AML. Mesmo com limitações inerentes à coleta de dados primários e à rastreabilidade das atividades informais, a bioeconomia já gera um Valor Bruto da Produção (VBP) anual de R\$ 15 bilhões na AML. A aplicação do método da MIP-Alfa revela como a bioeconomia é vetor de forte dinamismo da economia de proximidade, portanto, de grande capacidade para gerar produção e emprego local. Análises apoiadas na MIP-Alfa dão conta que a bioeconomia da região, calcada em apenas 13 produtos primários (para os quais há dados seguros), gera atualmente VA de R\$ 9,5 bilhões, PIB aproximado de R\$ 12,1 bilhões e massa salarial de R\$ 1,89 bilhão em toda a cadeia (setores primário, secundário e terciário). O Pará desponta na liderança da bioeconomia, participando com 73% da massa salarial da AML. A MIP-Alfa da AML está disponível em www.wribrasil.org.br/publicacoes/nova-economia-amazonia-nea.

No cenário de transição para a NEA, a bioeconomia se torna como importante componente do PIB.

Apesar de haver limitações de dados e projeções – este estudo se limitou a apenas 13 produtos primários e seus derivados dos setores secundário e terciário –, no cenário NEA o PIB da bioeconomia na AML atingirá R\$ 38,5 bilhões em 2050, ou 2,8% do PIB regional, empregando 947 mil pessoas, cerca de 4% do total dos postos de trabalho de toda a região. No cenário REF, o PIB da bioeconomia seria próximo de R\$ 22,3 bilhões com geração de cerca de 592 mil empregos.

Figura SE 6 | A bioeconomia é maior do que os instrumentos atuais permitem medir

As Matrizes Insumo-Produto convencionais não permitem diferenciar a economia da floresta em pé da economia do desmatamento.

A separação desses setores pela MIIP-AML, somada às inovações da MIP-Alfa, permitem enxergar a pujante economia da floresta e dos seus povos, invisíveis aos instrumentos atuais.

AS METODOLOGIAS APLICADAS NESTE ESTUDO PERMITEM:

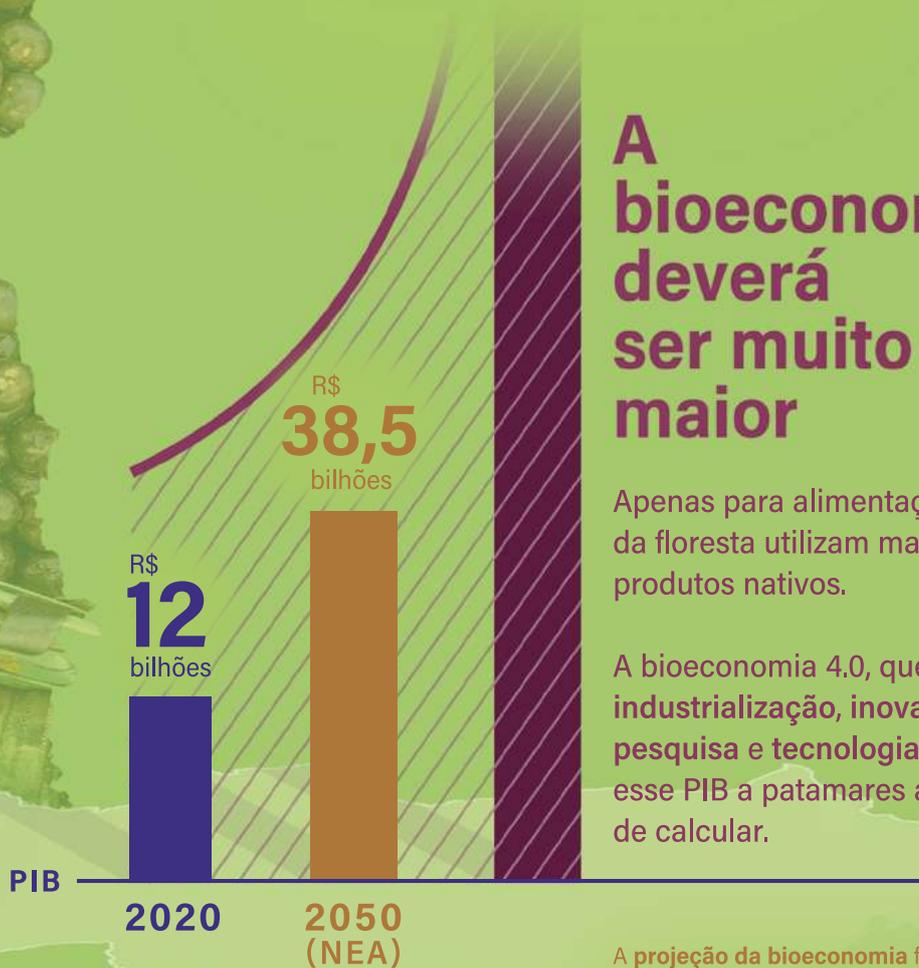
Segmentar o setor de exploração florestal em **exaustivo** (implica na derrubada ou dano irreversível à planta matriz) e **não exaustivo** (pressupõe a manutenção da planta e, em larga escala, da floresta), além da **silvicultura**.

Incluir os setores **secundário** e **terciário**, sobretudo **microempreendedores individuais** com descritivo de atividades relacionadas à bioeconomia.

Diferenciar **monoculturas** de **produtos amazônicos** dos sistemas de **pequena produção**, como as **agroflorestas**.

PIB DA BIOECONOMIA NA AML

PIB DA BIOECONOMIA NA AML



A bioeconomia deverá ser muito maior

Apenas para alimentação, os povos da floresta utilizam mais de 270 produtos nativos.

A bioeconomia 4.0, que inclui industrialização, inovação, pesquisa e tecnologia, pode elevar esse PIB a patamares ainda difíceis de calcular.

A projeção da bioeconomia foi realizada com base em apenas 13 produtos nativos para os quais há dados seguros:

- > açaí fruto
- > açaí palmito
- > cacau
- > castanha
- > babaçu coco
- > babaçu óleo
- > cupuaçu
- > mel
- > borracha
- > buriti
- > urucum
- > copaíba
- > andiroba

SETORES DE ANÁLISE DA BIOECONOMIA ATUAL



A bioeconomia deverá ser muito maior. Pesquisas dão conta de que os povos da Amazônia têm uma alimentação extremamente diversificada, com até 270 itens cotidianamente utilizados na culinária, contra menos de 30 entre não-indígenas da mesma região (Mesquita e Barreto, 2015; Skeltis, 2019). No dia a dia, utilizam até 85 espécies de árvores e mais de duas centenas de ervas para suplementação alimentar ou medicamentosa (Levis et al., 2018), e ingerem cerca de 30 espécies de insetos – a comida do futuro – como vitamínicos e fonte de ferro (Roche et al., 2008). Pelo fato de cada etnia ter suas próprias preferências alimentares e tabus, os recursos disponíveis na floresta são espacialmente heterogêneos e tão numerosos quanto a biodiversidade, o que reforça a hipótese de que a própria floresta amazônica, em boa medida, é fruto do persistente e milenar manejo florestal autóctone (Levis et al., 2017).

A estratégia de escala da bioeconomia que gera os melhores resultados sociais, ambientais e econômicos para a NEA é baseada na multiplicação de arranjos produtivos como os que já existem no território: inclusivos, diversos e baseados nas habilidades e inteligências locais. O crescimento da bioeconomia deve ocorrer pela multiplicação dos arranjos de produção típicos e em desenvolvimento no território, intensivos em mão de obra, baseados nos produtos da floresta ou na restauração da vegetação nativa, e que combinam soluções locais

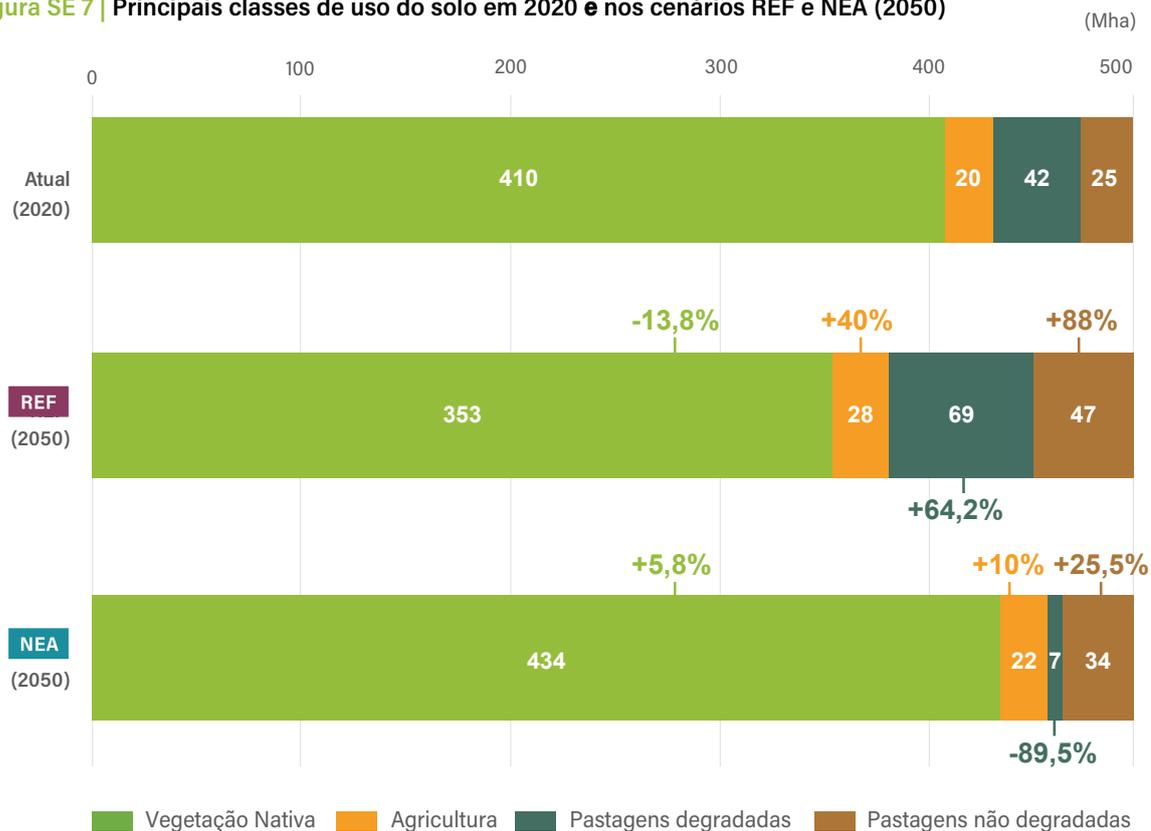
com adaptação de inovações tecnológicas eficientes. A transformação dos produtos primários e sua inserção nos mercados dependem mais da capacidade de agregar valor local e de sua capilaridade no território do que eventualmente de uma revolução tecnológica. A bioeconomia é também imprescindível para a geração de serviços ecossistêmicos para os quais não há substitutos economicamente viáveis nem disponíveis em escala para atender às demandas produtivas, especialmente a da agropecuária.

A economia indígena se sustenta nos elementos comunitários e na repartição de benefícios, que são essenciais para a bioeconomia. Os processos produtivos da economia indígena se estruturam geralmente em iniciativas individuais, organização em associações, cooperativas, coletivos e grupos de produtores, ou iniciativas familiares – frequentemente liderados por mulheres. Combinam cultivares alimentícios, ervas medicinais, corantes e produtos têxteis, além de artesanato e outras manifestações culturais. A repartição de benefícios é marca da economia indígena, seguindo conceitos de justiça que englobam não apenas o rateio baseado no trabalho ou no conhecimento dos processos produtivos, mas também o reconhecimento dos diferentes papéis sociais e a solidariedade com excluídos. Arrecadação de recursos coletivos e diálogo com a herança ancestral são sempre a base das decisões.



Mulheres quebrando cacau nativo na região do rio Madeira, em Novo Aripuanã, Amazonas. Foto: Ricardo Oliveira.

Figura SE 7 | Principais classes de uso do solo em 2020 e nos cenários REF e NEA (2050)



Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Agropecuária

A agropecuária tem grande peso na economia da AML e deve ser livre de desmatamento e degradação florestal para garantir sua relevância até 2050. No cenário NEA, maior produtividade da terra, menor suscetibilidade à estresse hídrico, e menor perda de fertilidade do solo impulsionariam a agropecuária, permitindo o setor crescer substituindo terra por capital e trabalho. A reorganização produtiva resultaria em uma agropecuária mais produtiva, resiliente, livre de desmatamento e com baixa emissão de carbono. Sem desmatamento e degradação, e com uso da terra mais eficiente, a perda de água por escoamento superficial cairia 13%, protegendo essas atividades de estresse hídrico, e as perdas de nitrogênio e fósforo cairiam 16% e 18%, respectivamente, reduzindo custos com fertilizantes, economia que pode variar entre R\$ 4,6 e 8,7 bilhões em 30 anos.

Os três maiores desafios para a agropecuária na transição para a NEA são (1) o uso estratégico do solo, (2) a intensificação produtiva e massificação das práticas de baixa emissão de carbono, e (3) o combate à desigualdade rural. O uso estratégico do solo define a priorização da recuperação de pastagens degradadas tanto para a pecuária quanto para a agricultura e restauração florestal, além de aumentar as áreas de sistemas integrados e agroflorestais. A intensificação produtiva e a massificação das práticas de baixa emissão de carbono são diretrizes de mitigação e adaptação da agropecuária às mudanças climáticas traçadas sobretudo pelo Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC+), enquanto o combate à desigualdade rural deve ocorrer principalmente por meio do acesso prioritário e privilegiado da agricultura familiar ao crédito, aos instrumentos de mitigação de risco, às assistências técnica e gerencial customizadas (inclusive para produtos da bioeconomia), e mercados diferenciados, institucionais e com denominação de origem.

Os investimentos para financiar a transição da agricultura e pecuária devem ser da ordem de R\$ 442 bilhões adicionais aos estimados para o cenário REF. A massificação das práticas de baixa emissão de carbono e intensificação da agropecuária devem ocorrer exclusivamente em áreas degradadas e antropizadas consolidadas, com adoção prioritária de bioinsumos e de sistemas integrados de produção (lavoura-pecuária-floresta e agroflorestais, especialmente com espécies nativas). A agropecuária no cenário NEA mantém sua relevância no PIB da AML em relação ao ano-base 2020, mas recebe investimentos substancialmente superiores para promover a transição, ao mesmo tempo em que são poupados custos de reposição de fertilização decorrentes da erosão de serviços ecossistêmicos observados no cenário REF. O aporte de investimentos nas cadeias da agricultura no cenário NEA são 25% superiores ao cenário REF, enquanto na pecuária são aportados quase 84% mais investimentos no NEA, para compensar a perda significativa de área de pastagens por ganhos de produtividade.

Mineração

Os bens minerais são indispensáveis na transição energética global e na construção da infraestrutura para uma economia de baixo carbono. Entretanto, custos e benefícios da mineração devem ser internalizados e mais bem distribuídos. A mineração industrial na AML já é geradora de aproximadamente R\$ 39 bilhões em VBP e 113 mil empregos. A região possui reservas de expressão global, já mensuradas, como 18% do tântalo, 11% do nióbio, 9% do manganês e do estanho, além de outras reservas significativas, como 8% de minério de alumínio (bauxita metalúrgica) e 4% de minério de ferro. A atividade tem avançado nas práticas de precaução e vem progredindo na adoção de critérios de governança ambiental, social e corporativa (ESG). Mas os impactos sociais e ambientais correntes, como exposição da população a substâncias nocivas à saúde, riscos de desastres com rejeitos, desordenamento territorial após o fim do ciclo da extração mineral, poluição de lençol freático e de cursos d'água são externalidades negativas que

precisam ser sanadas. A exploração de minerais essenciais para a transição deve ir além das práticas ESG e definir como prioridade o bem-estar e a segurança das populações e dos recursos naturais essenciais para seus modos de vida, traduzidos em investimentos diretos para promoção de qualidade ambiental, bioeconomia e sistemas produtivos regenerativos compatíveis com os anseios locais.

Infraestrutura

A principal solução energética para o cenário NEA é a implementação de sistemas fotovoltaicos, seja em sistemas flutuantes nas represas hidrelétricas já existentes ou sobre pastagens degradadas próximas às estruturas de transmissão, otimizando a capacidade instalada do Sistema Interligado Nacional (SIN). Em conjunto, estes sistemas gerariam 55% dos 131 TWh que serão demandados pela AML em 2050 no cenário NEA. Hidrelétricas, hoje responsáveis por 85% da capacidade instalada na AML, não se expandem no cenário NEA. Belo Monte teria sido o último grande projeto hidrelétrico na região. A queima de resíduos agrícolas, urbanos e da bioeconomia, como coqueiros de açaí, seria capaz de gerar outros 14TWh. Essa abordagem ideal para sistemas isolados substituiria, somente em 2050, o equivalente a 359 milhões de litros de diesel, diminuindo as emissões em quase 1,5 MtCO₂ e ativando a economia local.

Nos transportes, a energia requerida no cenário NEA será de 133 TWh em 2050, enquanto no cenário REF será de 188 TWh. Na NEA, as demandas energéticas do transporte rodoviário de passageiros e de cargas, hidroviário misto e aerofluvial seriam atendidas com 54% por biocombustíveis de segunda e terceira geração, 40% por energia elétrica renovável e somente 6% por combustíveis fósseis. Diferentemente, no cenário REF, 82% viriam de fontes fósseis, 16% de biocombustíveis e somente 2% de energia elétrica. Ademais, nenhuma nova estrada de rodagem de alta velocidade é construída, mas substituída por modos de transporte fluvial misto. Enquanto no REF as emissões em 2050 somariam 38 MtCO₂, no cenário NEA seriam apenas 17 MtCO₂.



Alto fluxo de veículos na Avenida Torquato Tapajós em Manaus, Amazonas. Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.

Financiamento

Para alcançar os patamares de investimentos necessários à descarbonização da economia global será preciso uma grande ampliação da oferta de financiamento, e no Brasil isso não será diferente.

Estudos de dimensionamento dos investimentos necessários à descarbonização da economia global têm convergido para taxas próximas a 2% do PIB ao ano (Stern, 2015), enquanto os valores efetivamente aplicados têm girado em torno de 0,1% nas estimativas mais otimistas (Guo, Kubli e Saner, 2021). A lacuna a ser preenchida para atingir os patamares próximos a 2% do PIB exige ruptura das tendências e deslocamento da curva de oferta, visto o salto necessário de 590% até 2030 para atingir o patamar necessário (Naran et al., 2022).

Não há referências sobre a lacuna entre necessidade de investimento e financiamento para o Brasil.

Serão necessários investimentos de R\$ 2,56 trilhões para financiar a transição para a NEA.

O Brasil precisa investir cerca de 4,5% do PIB ao ano nos próximos 25 anos para garantir estoque de infraestrutura e minimizar riscos de estrangulamento da economia (Frischtak, Mourão, 2017). No presente estudo, foi estimada a necessidade de investimentos de 1,8% do PIB para financiar a transição para a NEA. Embora não sejam necessariamente investimentos adicionais à formação de estoque de infraestrutura – já que se pode aumentá-lo já sob matriz energética e agropecuária descarbonizadas –, o ambiente competitivo pelo acesso aos recursos financeiros entre tantas necessidades aumenta o desafio.

Por outro lado, o custo de não fazer a transição para a NEA pode ser muito mais alto. Nos modelos GEM utilizados neste estudo, o referencial de crescimento econômico da AML não inclui custos de oportunidade das tecnologias empregadas no cenário NEA, nem custos de “não fazer” (*do-nothing costs*), que reduzem o PIB da trajetória de referência por distúrbios crônicos e agudos das mudanças climáticas. No mundo, projeções indicam que o custo de não

frear o aquecimento abaixo de 2°C deve oscilar entre 4% e 18% do PIB global até 2048 (Guo, Kubli e Saner, 2021). Se forem aplicadas as penalizações “não fazer” sugeridas para o PIB do Brasil pelo Swiss Re Institute, os investimentos adicionais de R\$ 2,56 trilhões para a transição seriam, nas estimativas econômicas mais conservadoras, menos da metade dos custos de não se promover a transição.

Tabela SE 1 | Investimentos acumulados em 30 anos, de 2020 a 2050 (em bilhões de R\$)

		REF	NEA
USO ESTRATÉGICO DO SOLO		992,7	1.651,4
Agricultura		613,0	765,0
Pecuária		345,0	635,0
Bioeconomia		13,0	40,2
Restauração		21,7	211,2
ENERGIA E INFRAESTRUTURA		2.366,6	4.266,4
Energia elétrica		942,8	1.337,4
Sistema Interligado Nacional	Geração eólica	195,7	199,1
	Geração solar	73,8	75,1
	Biomassa	77,1	359,9
	Outras fontes	433,2	432,9
Sistemas locais	Geração solar	163,1	268,9
	Resíduos	0,0	1,5
Biocombustíveis		17,2	33,0
Transporte rodoviário de passageiros		4,0	11,7
Transporte rodoviário de cargas		6,9	15,4
Transporte hidroviário misto		4,9	1,7
Transporte aeroflúvia		1,3	4,1
Infraestrutura induzida		1.406,6	2.896,0
TOTAL		3.359,3	5.917,8

Nota: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Recomendações

O setor público deve fazer valer suas funções alocativa e distributiva para sinalizar os rumos a serem tomados pela economia. Embora energias renováveis, como a solar, já sejam competitivas, são ainda penalizadas e distorcidas pela manutenção dos subsídios a fósseis, cuja extinção deve ser o principal fio condutor das ações do setor público. Os subsídios brasileiros aos fósseis na última década somaram quase US\$ 222 bilhões (Inesc, 2022), valor que representa 60% dos investimentos necessários para mudança na matriz energética no cenário NEA. Na agropecuária, se todo o Plano Safra fosse dedicado a projetos de investimento adequados ao Plano ABC+, os valores médios anuais de crédito rural para investimento contratados na AML seriam suficientes para cobrir (se replicados ao longo dos 30 anos) quase 40% das necessidades de investimento no cenário NEA.

O setor privado precisa aumentar sua capacidade de inovação e exercer seu papel de propulsor da nova economia. Entre 2013 e 2020, foram emitidos aproximadamente R\$ 61 bilhões em título verdes no Brasil, dos quais 50% dos recursos financiaram projetos de energia, 25% de uso do solo, 10% de transporte, 4% de edificações, 4% de recursos

hídricos, 4% de resíduos e 3% ao setor industrial (CBI, 2021). Muitas corporações vêm investindo em descarbonização, especialmente seguindo os critérios de ações de impactos positivos nas esferas ESG, difíceis de serem contabilizados. Somente em ações transacionadas na bolsa de valores foram cerca de R\$ 2 bilhões. É certo que a sinalização do setor público é fundamental para garantir segurança, mas já há informações suficientes para que o próprio setor privado se adiante na corrida pela inovação e adaptação da economia frente às necessidades de descarbonização.

Empregar instrumentos e métodos que permitam avaliar adequadamente o desenvolvimento social e econômico da AML. Adoção de Matrizes de Insumo-Produto que sejam capazes de segmentar atividades típicas da economia amazônica e de suas diferentes regiões é alternativa tecnicamente robusta e replicável. Técnicas de contabilização dos fluxos monetários geralmente subestimados, como a MIP-Alfa para a bioeconomia, são fundamentais para romper com o viés de subdimensionamento dessas atividades, permitindo que sua relevância seja reconhecida e, portanto, tomada como parte da solução através da economia circular e de proximidade.



Mercado da "beira" na região central de Manaus, Amazonas. Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.

Estabelecer marcos claros na conceitualização de planos e programas de bioeconomia compatíveis com produtos, processos e estruturas produtivas que garantam a floresta em pé, a biodiversidade e o conhecimento dos povos indígenas e populações tradicionais. A bioeconomia não se confunde com agropecuária de baixa emissão de carbono, embora sejam complementares na transição para a NEA. Toda a estruturação de sistemas de fomento, inovação, pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos deve se pautar nos preceitos da bioeconomia da floresta em pé e rios fluindo, salvaguardando e promovendo distribuição justa dos benefícios às pessoas e comunidades detentoras dos conhecimentos tradicionais. **Deve-se primar pela economia sustentável em territórios indígenas com protagonismo dos seus povos,** com ações que prevejam intercâmbio de conhecimento, suporte técnico-financeiro, valorizando o conhecimento tradicional e envolvendo representações políticas dos povos indígenas. Profissionais indígenas devem protagonizar o planejamento e operacionalização das cadeias produtivas, da produção à comercialização.

Zerar subsídios ou promover subsídios cruzados dos combustíveis fósseis para energias de fontes renováveis com ênfase em geração solar e biocombustíveis de segunda geração é essencial para orientar a descarbonização da economia. Como demonstrado neste estudo, o volume de subsídios aos combustíveis fósseis no Brasil, somente na última década, somou valor equivalente à metade do necessário para estruturar a matriz energética no cenário NEA. Tributação diferenciada em favor de veículos elétricos, políticas de concessão de transporte público visando a eletrificação da frota, regulamentação para o crescimento progressivo do teor volumétrico de biodiesel produzido em áreas em acordo com a Moratória da Soja e livre de desmatamentos e redução das taxas de atracagem para embarcações com baterias e biocombustíveis são outros pontos a serem enfrentados pelas políticas fiscais a fim de permitir a descarbonização nos transportes da região.

Redirecionar a disponibilidade de crédito rural, transformando paulatinamente o Plano Safra em Plano de Agropecuária de Baixa Emissão de Carbono (ABC). Atualmente, apenas 3% de todo crédito do Plano Safra para investimento em

agropecuária na AML condiciona-se a práticas de baixa emissão de carbono. Como demonstrado neste estudo, se o volume atual de crédito contratado na AML fosse anualmente aplicado apenas em agropecuária de baixo carbono, seria suficiente para financiar 40% dos investimentos necessários à transição para a NEA nos setores agrícola e pecuário. Endossam-se as recomendações da Coalizão Brasil Clima, Floresta e Agricultura (2022), em especial as de aumentar recursos que autorizem o pagamento de equalização de taxas de juros em financiamentos rurais concedidos no âmbito do Plano Safra para agropecuária de baixo carbono, além de incluir fundos de investimentos privados que financiem linhas de crédito embasadas no Programa ABC+ e Pronaf ABC+.

Restabelecer o papel do setor público na gestão e governança territorial. Fortalecer o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia e o apoio à atualização dos



Planos Estaduais de Prevenção e Controle do Desmatamento; retomar a destinação de florestas públicas para conservação, Terras Indígenas e produção florestal sustentável; recuperar a segurança territorial de áreas protegidas (Terras Indígenas e Unidades de Conservação) e apoiar a economia de base florestal nessas áreas; implementar o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) e apoiar os programas estaduais de restauração de paisagens e vegetação nativa; e estruturar os sistemas jurisdicionais de Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD+) dos estados amazônicos.

Restabelecer a governança e garantir os investimentos do Fundo Amazônia. O Fundo Amazônia, para além do apoio ao comando e controle, amparo às comunidades indígenas e implantação e análise de Cadastro Ambiental Rural (CAR), deve ter papel crucial no desenvolvimento da bioeconomia. Os recursos do fundo podem tanto iniciar a

estruturação de novas cadeias quanto gerar ganho de escala para cadeias e negócios existentes. Dentre as possíveis ações estão a aplicação prioritária na gestão do empreendimento, a assistência técnica e de gestão, o acesso a mercados, capital de giro, logística, tecnologia e prestação de serviços especializados.

Criar arcabouço metodológico e de taxonomias para o mercado financeiro e de capitais sobre os requisitos para investimentos verdes na Amazônia que promovam a redução das emissões e a preservação da biodiversidade. Para isso, é necessário um marco legal do mercado de carbono no Brasil, a partir de ampla discussão com a sociedade sobre o redirecionamento de subsídios que, progressivamente, migrariam de atividades intensivas em carbono para o desenvolvimento de tecnologias e para a implementação de práticas produtivas de baixa emissão em toda a economia. O potencial de recursos, doméstico e internacional, é grande. É preciso fazer dessas fontes um novo *mainstream* de financiamento.



Os Ka'apor da Terra Indígena Alto Turiaçu, no norte do Maranhão, instalam câmeras para fazer monitoramento autônomo de seu território em áreas ameaçadas por madeireiros ilegais. Foto: Lunae Parracho/Greenpeace.



Moradores das comunidades extrativistas e pesqueiras do Arquipélago do Bailique, no Amapá, durante curso de capacitação sobre energia solar fotovoltaica. Foto: Diego Baravelli/Greenpeace.



INTRODUÇÃO

Desenvolver a Amazônia Legal (AML), garantindo a coexistência de florestas saudáveis com atividades econômicas competitivas e inclusivas, exige refutar os paradigmas que opõem conservação ambiental a crescimento econômico, valorização dos ativos naturais a incremento da produção e ganhos de escala à diversidade produtiva. Exige também que o Produto Interno Bruto (PIB) e a geração de emprego e renda sejam irrenunciáveis, mas qualificados por seu lastro em uma economia resiliente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e capaz de reduzir desigualdades sociais.

A estruturação de uma Nova Economia da Amazônia (NEA) precisa primeiro acomodar as expectativas dos 28 milhões de habitantes da região, uma população muito diversa e com interesses conflitantes. A forte ligação econômica da AML com o restante do Brasil exigirá que os estímulos às mudanças sejam associados a políticas nacionais e regionais, reduzindo assimetrias de informações e estimulando os agentes econômicos de todo o país a compactuarem com essa perspectiva de desenvolvimento. Essa perspectiva deve continuamente forjar as relações internacionais, e delas também receber os estímulos exógenos para fortalecê-la, seja no fluxo de comércio exterior, seja na internalização da inovação. Harmonização de regras, produtos e processos são imprescindíveis.

Superar as barreiras para seguir esse caminho não é apenas uma questão de capacidade de inovação técnica e institucional. É preciso encarar com firmeza o ordenamento territorial, a garantia dos direitos dos povos indígenas e tradicionais, a universalização do saneamento básico, a superação do déficit habitacional, o combate à fome e à pobreza rural e urbana e a promoção de bem-estar como condicionantes para qualquer visão de desenvolvimento.

A NEA, pautada na valorização de atributos naturais e sociais, que gera empregos inclusivos e oportunidades para a região, será a grande catalisadora da descarbonização de toda a economia brasileira e constitui a maior oportunidade de desenvolvimento econômico e social da história contemporânea do país.

O bioma Amazônia e a delimitação legal

Este relatório adota os limites da AML como recorte analítico. O bioma Amazônia ocupa cerca de 6,2 milhões de quilômetros quadrados em oito países da América do Sul e em um território francês, sendo aproximadamente 60% no Brasil. Já a AML é uma delimitação jurídica que inclui a totalidade da Bacia Amazônica brasileira englobando a floresta tropical e cerrados adjacentes. Instituída pela Lei nº 1.806/1953, soma 5 Mkm² – 59% do território brasileiro. Com cerca de 28 milhões de habitantes (Ipeadata, 2022), e Índice de Desenvolvimento Humano médio abaixo dos 0,58 (Firjan, 2020), abrange integralmente os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Roraima, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso, além do Maranhão em sua porção a oeste do meridiano 44°.

A AML é um mosaico de ambientes florestais e savânicos manejados por povos originários há mais de 10 mil anos. Maior estoque tropical de



Reflexo do rio Negro em área do Parque Nacional Jaú, Novo Airão, Amazonas. Foto: Arnika Ganten/Shutterstock.

carbono do mundo, armazena 120 bilhões de toneladas de carbono acima do solo (Gatti, et al., 2021), equivalente a doze vezes as emissões anuais resultantes das atividades econômicas globais. Também é responsável por reciclar entre 6,3 e 7,4 trilhões de metros cúbicos de água por ano através dos chamados "rios voadores" (Baker et al., 2021).

A floresta produz metade de sua própria chuva, além de ser responsável por produzir de 35% a 45% das chuvas que irrigam o centro-sul do país, sendo esse o maior serviço prestado pela floresta ao agronegócio, à geração hidrelétrica, à indústria e ao saneamento no Brasil e no Cone Sul. A diminuição da floresta e o aumento da frequência e intensidade de incêndios já têm impacto direto na agricultura, altamente dependente das chuvas, já que 96% das áreas plantadas e 99% das pastagens no Brasil não possuem sistemas de irrigação (IBGE, 2019).

Apesar da riqueza e de seu papel na economia, a trajetória atual de degradação acelerada aproxima a Amazônia de um ponto de não retorno (Nobre et al., 2016).

Cerca de 83 milhões de hectares de florestas primárias já foram desmatados na Amazônia.

A continuidade desse processo está conduzindo a mudanças nos ciclos de água e carbono, prolongando secas e fazendo com que a região se torne emissora líquida de CO₂ – quando a capacidade de absorver carbono se torna menor das que suas próprias emissões (Gatti et al., 2021). Esse processo coloca em xeque a competitividade das atividades agropecuárias.



Figura 1 | Retrato atual da Amazônia Legal

A **Amazônia Legal** detém a mais extensa e biodiversa floresta do mundo, sendo também o maior reservatório de água doce e o mais importante bloco florestal de regulação climática do planeta. Porém, a degradação já faz com que partes da Amazônia Legal emitam mais carbono do que absorvam. A continuidade pode levar a um ponto de não-retorno de colapso do ecossistema.



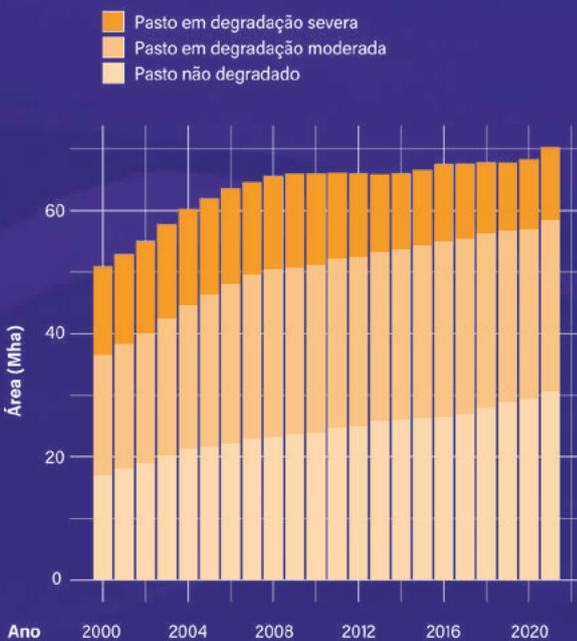
Pessoas



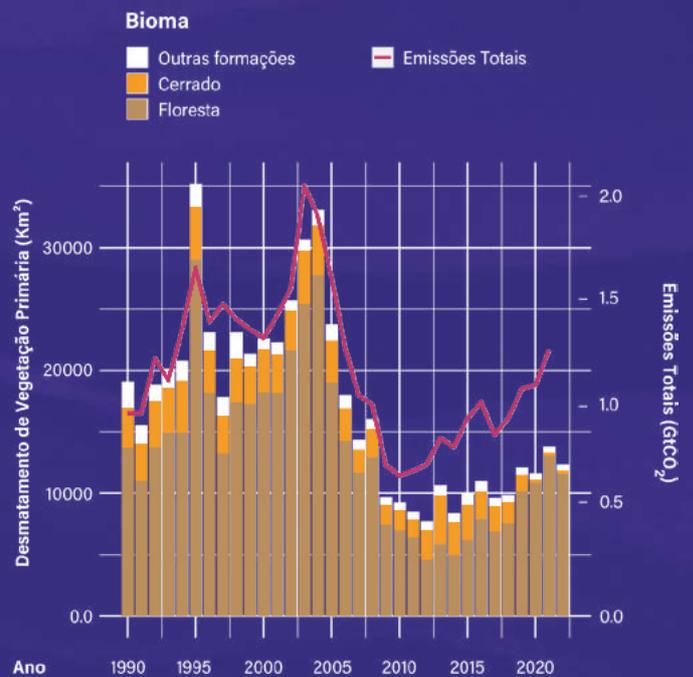
Degradação



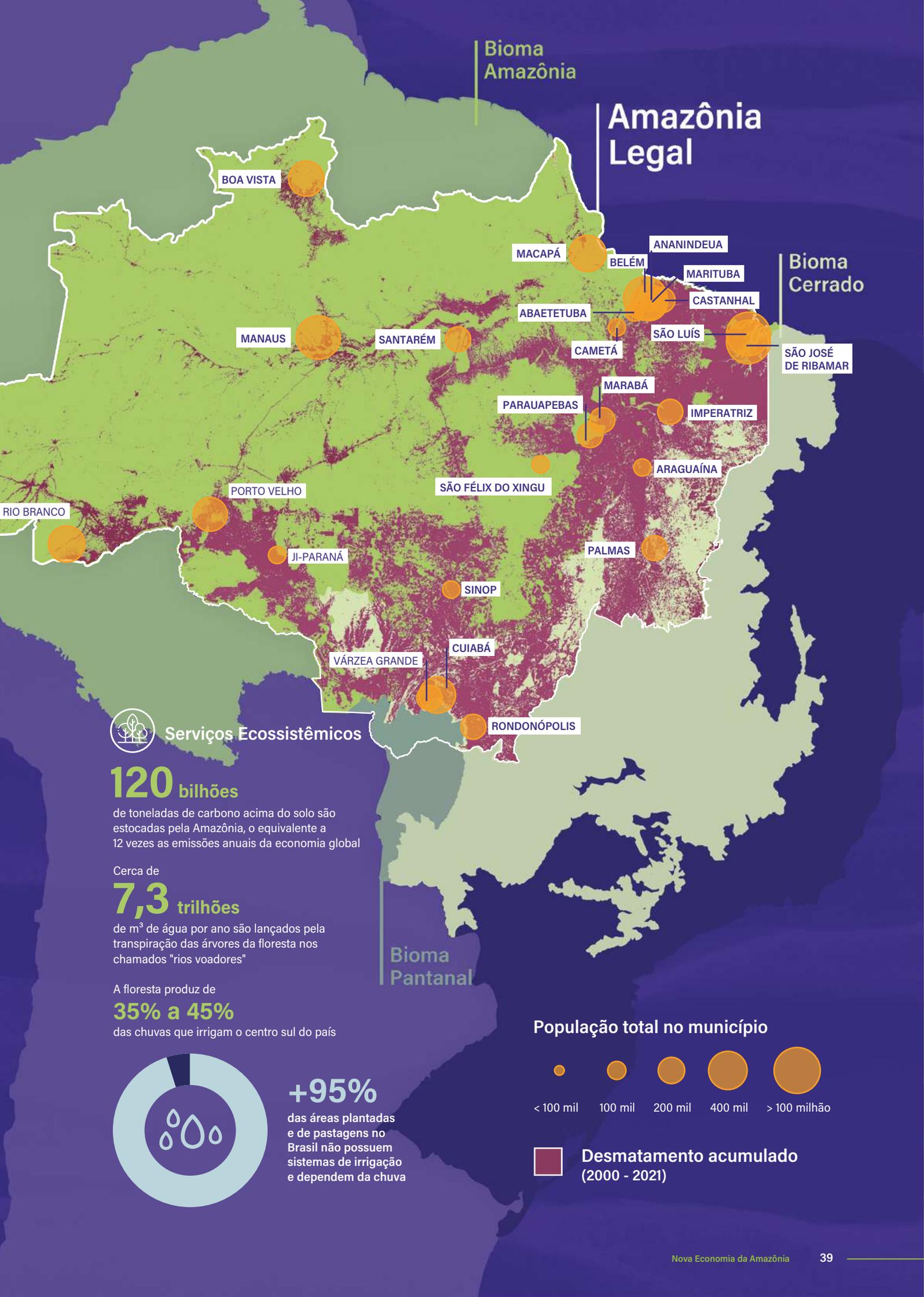
Evolução das pastagens degradadas



Evolução do desmatamento e das emissões de CO₂



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Baker, et al. (2021), IBGE (2019), Ipeadata (2022), ISA (2023), Gatti, et al. (2021), Mapbiomas (2022c), Mapbiomas (2021), Museu Emílio Goeldi (2023), Nobre et al. (2016), Prodes (2022b), SEEG (2022), Valsecchi do Amaral, et al. (2017).



Bioma Amazônia

Amazônia Legal

Bioma Cerrado

Bioma Pantanal

BOA VISTA

MACAPÁ

BELÉM

ANANINDEUA

MARITUBA

CASTANHAL

MANAUS

SANTARÉM

ABAETETUBA

CAMETÁ

SÃO LUÍS

SÃO JOSÉ DE RIBAMAR

PARAUPEBAS

MARABÁ

IMPERATRIZ

PORTO VELHO

SÃO FÉLIX DO XINGU

ARAGUAÍNA

RIO BRANCO

JI-PARANÁ

PALMAS

SINOP

VÁRZEA GRANDE

CUIABÁ

RONDONÓPOLIS



Serviços Ecosistêmicos

120 bilhões

de toneladas de carbono acima do solo são estocadas pela Amazônia, o equivalente a 12 vezes as emissões anuais da economia global

Cerca de

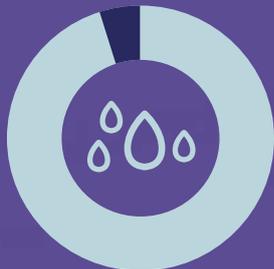
7,3 trilhões

de m³ de água por ano são lançados pela transpiração das árvores da floresta nos chamados "rios voadores"

A floresta produz de

35% a 45%

das chuvas que irrigam o centro sul do país



+95%

das áreas plantadas e de pastagens no Brasil não possuem sistemas de irrigação e dependem da chuva

População total no município



Desmatamento acumulado (2000 - 2021)

A Amazônia Legal como catalisadora da economia de baixo carbono do Brasil

As mudanças climáticas estão aumentando a frequência e a intensidade de eventos agudos, como chuvas torrenciais, ondas de calor e secas, ao mesmo tempo em que vêm elevando a temperatura de forma crônica e sistêmica. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que reúne quase duas centenas de especialistas para determinar o estado do conhecimento sobre a mudança do clima, já considera pouco provável que se consiga frear o aquecimento global abaixo de 1,5 °C, o que em si já determina necessidades de investimento da ordem de 2% do PIB global em descarbonização. Ultrapassar essa marca traz impactos desproporcionalmente maiores, com custos de remediação que poderiam variar de 4% a 9% do PIB global ao ano (Guo, Kubli e Saner, 2021).

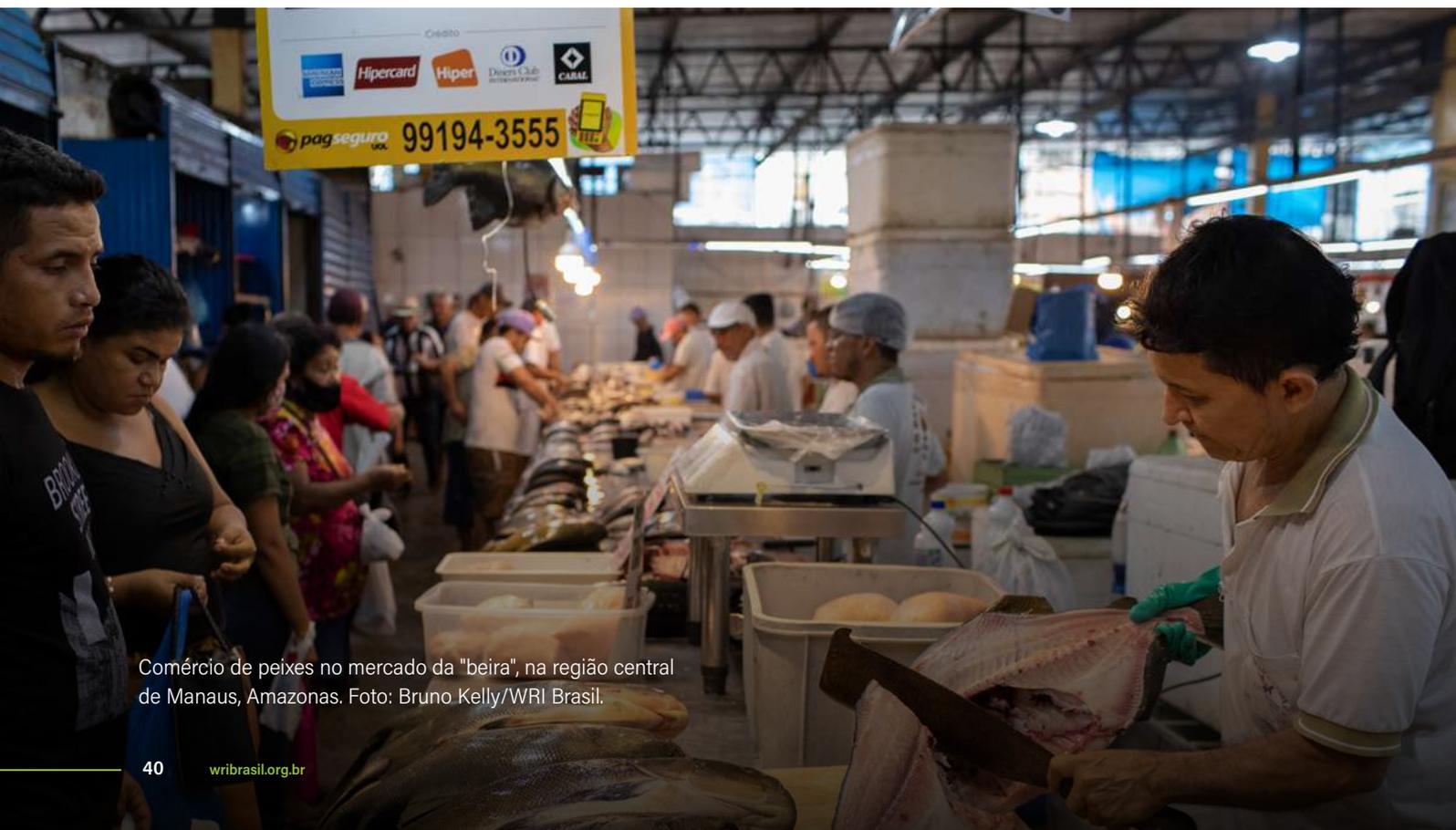
Reconhecendo a importância de se conter o aquecimento global, 196 países, incluindo o Brasil, são signatários do Acordo de Paris, comprometendo-se a reduzir as emissões de GEE que causam as mudanças climáticas. Os países estabelecem suas próprias metas, chamadas Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês), que

devem ser atualizadas periodicamente. O Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de GEE em 50% até 2030, tendo como referência o ano-base 2005.

Estimou-se no presente estudo que as emissões líquidas acumuladas do Brasil (*carbon budget*) para limitar o aquecimento a 1,5 °C e cumprir o Acordo de Paris até 2050 devem ser de 7,7 GtCO₂.

A AML representa atualmente 53% das emissões totais de GEE do Brasil. Ao analisar apenas as emissões nacionais resultantes da agropecuária e do uso da terra, a participação da região sobe para 67%. Desde 1990, a AML já despejou na atmosfera em torno de 38,1 GtCO₂, das quais 32 GtCO₂ decorrentes das mudanças no uso da terra, 4,7 GtCO₂, da agropecuária e 1,1 GtCO₂, do setor energético, incluindo transportes.

Ao longo dos últimos 30 anos, uso do solo e setor energético representaram quase 98% de todas as emissões acumuladas da AML. São, por isso mesmo, o foco deste relatório.



Comércio de peixes no mercado da "beira", na região central de Manaus, Amazonas. Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.

A Nova Economia da Amazônia

A NEA materializa neste estudo o esforço coletivo de diferentes escolas acadêmicas, instituições de pesquisa e pesquisadores de diversas universidades brasileiras para repensar os rumos da economia da Amazônia. O estudo foi organizado em três partes.

A primeira parte busca caracterizar a economia da AML e projetar cenários para 2050. No Capítulo 1, o diagnóstico é feito com apoio da Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para Amazônia Legal (MIIP-AML), desenvolvida em parceria com a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (Fipe-USP), permitindo ampla caracterização da economia da AML, mas focada nos setores intensivos no uso do solo. O Capítulo 2 desenvolve cenários utilizando-se de Modelos de Equilíbrio Geral (GEM) e Modelos de Otimização Dinâmica (DOM) acoplados a Módulos Computáveis de Mudanças de Uso da Terra, desenvolvidos em parceria com o Centro de Economia Energética e Ambiental do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Cenergia-Coppe-UFRJ) e o Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar-UFMG), com o intuito de projetar a economia da AML em diferentes cenários, comparando desempenhos econômico, ambiental e social esperados para 2050.

Na segunda parte, exploram-se mais a fundo os principais setores da transição para a NEA. O Capítulo 3 apresenta ampla discussão sobre a bioeconomia, apontando resultados oriundos da Matriz de Insumo-Produto de Contas Alfa (MIP-Alfa) desenvolvida em parceria com o Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (NAEA-UFPA), além de discutir o papel da restauração florestal e a relevância dos indígenas e sua economia – segundo os próprios indígenas – como condicionantes fundamentais à transição para a NEA. O Capítulo 4 discute o papel da agropecuária de baixa emissão de carbono na nova economia e os principais desafios a serem enfrentados na substituição de terra por mais capital e trabalho. O Capítulo 5 apresenta sucinto debate sobre a

relevância da mineração na transição e os impactos ambientais e sociais que precisam ser sanados para a transição. O Capítulo 6 detalha as mudanças necessárias no setor energético resultante dos modelos utilizados no Capítulo 2, bem como a infraestrutura induzida para alcançar a descarbonização em 2050. O Capítulo 7 traça considerações sobre os principais eixos de financiamento para a transição.

O estudo finaliza com a Parte 3, trazendo as principais conclusões e recomendações. Com esse esforço, espera-se apresentar a tomadores de decisão nacionais e subnacionais, membros da sociedade civil e investidores, um caminho para a transição econômica da região até 2050, delineando alternativas de desenvolvimento viáveis, benéficas e sustentáveis para a Amazônia e sua população.



Variedades de pimentas amazônicas prontas para a venda no mercado Ver-o-Peso em Belém, Pará. Foto: Nayara Jinknss/WRI Brasil.



A economia atual e o futuro da economia na

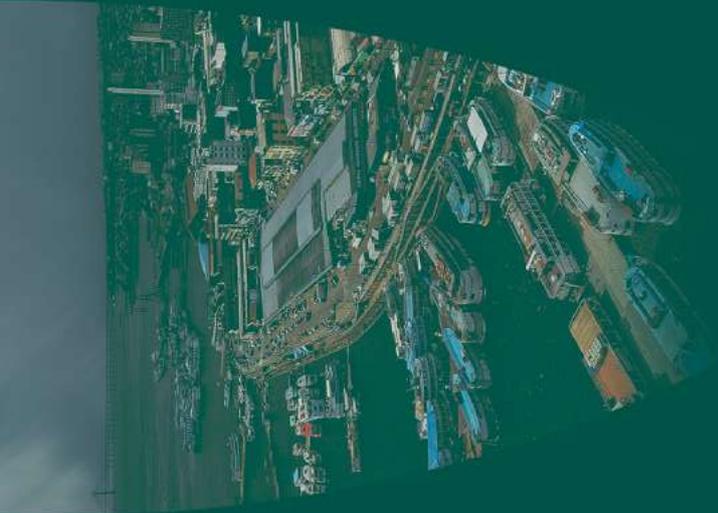
PARTE 1

AMAZÔNIA

AMAZÔNIA







PARTE 1

A primeira parte deste relatório discute as principais características da economia atual da AML. Estabelece um diálogo com a literatura crítica ao modelo de crescimento econômico intensivo em desmatamento e seus efeitos sociais e ambientais.

O Capítulo 1 discute a atual economia da AML a partir da ótica dos resultados obtidos pela elaboração da MIIP-AML. Embora essa matriz permita avaliar 67 setores da economia da região, o relatório enfatiza apenas os setores ou cadeias que atendem simultaneamente a dois critérios: (1) relevância na formação do Valor Bruto da Produção (VBP), do Produto Interno Bruto (PIB) e do Valor Adicionado (VA); e (2) impacto nas emissões de GEE. Os setores que atendem a essas condições foram selecionados a partir dos próprios resultados da MIIP-AML, coincidentes com a literatura especializada.

Foram também introduzidas as discussões sobre o extrativismo vegetal exaustivo (madeireiro, lenha e carvão vegetal) e não exaustivo (produtos não madeireiros) por integrarem cadeias antagônicas na economia atual da AML, cujos papéis na NEA precisam ser mais profundamente debatidos. A MIIP-AML, desenvolvida em parceria com a Fipe-USP e base instrumental do Capítulo 1 está disponibilizada em www.wribrasil.org.br/publicacoes/nova-economia-amazonia-nea.

No Capítulo 2, demonstra-se como crescimento econômico com conservação e expansão dos ativos ambientais pode conduzir à transição para economia de baixa emissão de carbono, gerando PIB e empregos superiores aos que poderiam ser alcançados com a persistência do crescimento com desmatamento.

Utilizando-se GEM e DOM, acoplados a Módulos Computáveis de Mudanças de Uso da Terra, foram projetados PIB, geração de empregos e intensidade de emissões esperadas para o cenário REF (caracterizado pela persistência dos desmatamentos tendenciais). Esse cenário foi comparado com outros dois alternativos: crescimento econômico sem desmatamento, e crescimento econômico sem desmatamento com simultâneo aumento da cobertura vegetal dedicada à bioeconomia, ou cenário NEA. Os GEM foram desenvolvidos pela Cenergia-Coppe-UFRJ e acoplados aos Modelos de Equilíbrio Regional com uso da terra, desenvolvidos pelo Cedeplar-UFMG.



Mercado Ver-o-peso em Belém, Pará.
Foto: Michel Dantas.



CAPÍTULO 1

Os principais setores da **ECONOMIA ATUAL**

Estruturalmente, a economia da AML pode ser caracterizada pela especialização regional da produção, sobretudo de commodities agrícolas e minerais de baixo valor agregado e intensivas em emissões de carbono, alta participação dos serviços da administração pública na formação do PIB, déficit nas transações comerciais com o restante do país, alta informalidade do trabalho, menor qualificação profissional e salários aquém das médias nacionais. A pujante economia local, mediada pelas cidades e calcada em produtos da biodiversidade e tecnologias criativas, tem sua relevância ofuscada pelos setores convencionais e fica escondida na informalidade. Essa economia será explorada na Parte 2 deste relatório.

Pelos dados oficiais, mais de 50% dos empregos atuais na AML não possuem relação formal de trabalho, percentual que está bem acima da média nacional de 35%. Considerando o emprego nas atividades rurais, a informalidade sobe para nada menos do que 80%, contra 60% no restante do Brasil. A região também tem uma menor participação feminina no total de ocupações, com apenas 36% do total, indicador também abaixo da média nacional de 42% (Amazônia 2030, 2020). Por outro lado, a AML apresenta percentual acima da média nacional na participação de pessoas negras e indígenas no total de ocupações, sendo quase 80%, enquanto esse grupo representa 74% na economia nacional.

Embora essas sejam características estruturais marcantes, há evidente heterogeneidade espacial na economia da AML. Essa heterogeneidade passível de ser captada por instrumentos clássicos de economia é analisada por meio da elaboração da MIIP-AML, desenvolvida em parceria com a Fipe-USP.

Elaborados a partir da Matriz de Insumo-Produto nacional de 2015 disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)¹, todos os resultados da MIIP-AML se referem a 2015 e permitem: (1) dimensionar a interligação entre setores e regiões, incluindo exportações, (2) medir impactos setoriais diretos, indiretos e induzidos na formação de VBP, PIB, Valor Adicionado (VA), emprego e renda (Guilhoto, 2011) e (3) mensurar impactos negativos das atividades econômicas, como emissões de GEE e desmatamento (Haddad e Araújo, 2021).

A MIIP-AML desenvolvida exclusivamente para este estudo oferece ainda outras duas importantes contribuições metodológicas para o avanço no entendimento da economia da AML: a regionalização e a segmentação dos produtos oriundos da exploração florestal.

A regionalização retrata a heterogeneidade da AML, além de evidenciar os intercâmbios setoriais e regionais. Foram definidas 27 regiões² distinguíveis por atributos econômicos, demográficos e morfoclimáticos, combinados por método de agregação por variáveis não hierárquicas (Kent, Jensen Kongsted, 2014), com base nas trajetórias tecnológicas de uso e ocupação das terras observadas nos últimos 35 anos (Costa, 2016). Dentre as 27 regiões, foram destacados seis aglomerados urbanos, aqueles formados pela conurbação entre municípios de uma região metropolitana e que levam os nomes de suas respectivas capitais: Belém (PA), Manaus (AM), São Luis (MA), Cuiabá (MT), Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC). A Figura 2 ilustra a regionalização proposta.

A outra inovação é a segmentação dos produtos da exploração florestal, cujas atividades, embora antagonicas e concorrentes, aparecem agregadas e sem distinção nas matrizes originais do IBGE (2018). A MIIP-AML distingue três setores da

Quadro 1 | Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para Amazônia Legal (MIIP-AML): aspectos metodológicos

A MIIP-AML foi gerada a partir do método denominado *Interregional Input-Output Adjustment System* (IIOAS).

O IIOAS é um método híbrido que combina dados disponibilizados por agências oficiais com técnicas não censitárias para estimação de informações indisponíveis. As principais vantagens desse método são sua consistência com as informações da matriz de insumo-produto nacional e a flexibilidade de seu processo de regionalização. Para mais detalhes, ver Haddad, Gonçalves Júnior e Nascimento (2017).

Considere os fluxos econômicos intersetoriais e inter-regionais para duas regiões hipotéticas L e M e dois setores i e j , representados como:

- Z_{ij}^{LL} fluxo monetário do setor i para o setor j na região L ;
- Z_{ij}^{MM} fluxo monetário do setor i para o setor j na região M ;
- Z_{ij}^{LM} fluxo monetário do setor i da região L para o setor j da região M ; e
- Z_{ij}^{ML} fluxo monetário do setor i da região M para o setor j da região L .

Note que Z_{ij}^{LL} e Z_{ij}^{MM} são fluxos intrarregionais e Z_{ij}^{LM} e Z_{ij}^{ML} são fluxos inter-regionais.

Dessa forma, é possível montar a matriz $Z = \begin{bmatrix} Z_{ij}^{LL} & Z_{ij}^{LM} \\ Z_{ij}^{ML} & Z_{ij}^{MM} \end{bmatrix}$

Considerando isso, o modelo inter-regional de insumo-produto pode ser escrito como $X^i = Z_{ij}^{LL} + Z_{ij}^{LM} + Z_{ij}^{ML} + Z_{ij}^{MM} + Y^i$ onde Y^i e X^i representam a demanda final e o produto do setor i na região L .

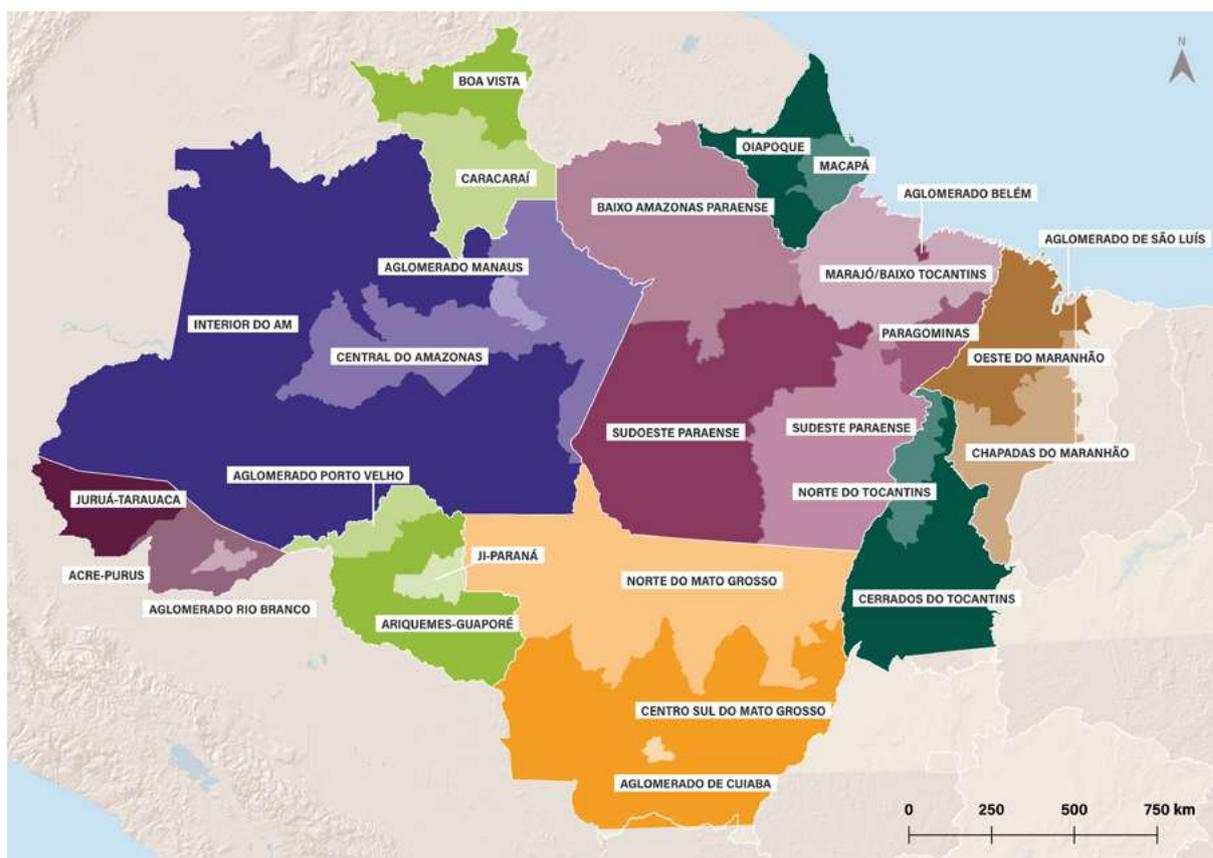
Os coeficientes técnicos de produção podem ser definidos como $A^{LL} = Z^{LL}(X^L)^{-1}$.

O mesmo dever ser feito para encontrar A^{MM} , A^{ML} e A^{LM} .

Finalmente, o sistema de insumo-produto pode ser definido como $X = (I - A)^{-1} Y$ onde B representa a matriz inversa de Leontief.

*Wassily W. Leontief desenvolveu a teoria de Insumo-Produto, tendo sido laureado pelo Prêmio Nobel de Economia em 1973.

Figura 2 | Regionalização da Amazônia Legal para MIIP-AML



Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

exploração florestal: (1) exploração vegetal não exaustiva, composta por produtos não madeireiros, (2) extrativismo vegetal exaustivo, baseado na produção de madeira, lenha ou carvão vegetal nativos não plantados, e (3) silvicultura, constituída pela plantação deliberada de monoculturas florestais.

A fim de garantir que os dois primeiros setores fossem compostos exclusivamente pelo extrativismo³, produtos idênticos, semelhantes ou similares produzidos pela agricultura permanente, a exemplo do açaí plantado ou do cultivo da seringueira, foram alocados na MIIP-AML no setor de agricultura. Todos os demais 66 setores e produtos seguiram as classificações originais do IBGE, resultando em 67 setores, 129 produtos e serviços e 31 regiões, sendo 27 delas na AML, além das outras 4 regiões brasileiras (Nordeste, exceto municípios do Maranhão pertencentes à AML; Centro-Oeste, exceto Mato Grosso; Sul e Sudeste).

1.1 Interdependência produtiva e agregados setoriais revelados pela MIIP-AML

O uso da MIIP-AML identificou que o PIB da AML em 2015 foi de R\$ 497 bilhões correntes, ou R\$ 646 bilhões corrigido a valores de 2020 pelo deflator implícito do PIB (doravante utilizados sempre valores a preços de 2020), o que corresponde a 8,3% do total brasileiro. As exportações internacionais somaram R\$ 96 bilhões ou 11,6% do total do país, equivalente a 15% do PIB da AML. As regiões com maiores taxas de exportações se situam no Mato Grosso e no Pará, com destaque para as regiões centro-sul do Mato Grosso, que lidera a produção de soja, e o sudeste paraense, com a indústria extrativista mineral.

A renda, representada pelo PIB per capita, é próxima à média nacional de R\$ 37,7 mil somente no centro-sul do Mato Grosso e no aglomerado de Manaus, onde é sustentada pela economia industrial e de serviços estimulados pela Zona Franca de Manaus. Nas outras 25 regiões, a renda está abaixo da média do Brasil, sendo que as mais pobres estão situadas no interior do Amazonas, oeste do Maranhão e Marajó-Baixo Tocantins, no Pará. Por outro lado, é justamente nessas três regiões que vigora a economia do setor não exaustivo de produtos não madeireiros,

onde o nível de informalidade é acima da média da AML. Associada a essa economia, é também nessas três regiões que se encontram a maior participação relativa de negros e indígenas nos postos de trabalho.

O tripé que caracteriza a economia da Amazônia – administração pública, bens e serviços não transacionáveis e especialização em commodities de exportação de baixo valor agregado – forja um comércio inter-regional menor do que aquele representado pelas transações exteriores.

Tabela 1 | Valor adicionado incorporado às transações comerciais entre as regiões da Amazônia Legal e o restante do país (em milhões de R\$)

		Destino														
		R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	R13	R14	R15
Origem	R01 Aglomerado Porto Velho	0	121	345	18	24	58	196	80	93	33	14	47	73	28	24
	R02 Ji-Paraná	47	0	224	8	6	13	79	24	33	11	4	17	27	11	9
	R03 Ariquemes-Guaporé	116	188	0	19	12	26	219	46	68	21	8	40	73	24	24
	R04 Aglomerado Rio Branco	32	28	90	0	31	273	106	76	61	14	9	12	38	14	13
	R05 Juruá-Tarauaca	10	6	16	7	0	5	28	33	8	3	1	5	8	2	3
	R06 Acre-Purus	19	14	32	52	4	0	38	10	9	5	1	7	9	3	4
	R07 Aglomerado Manaus	427	172	487	155	75	112	0	342	2.167	427	175	411	404	214	244
	R08 Interior do AM	23	14	34	10	12	5	69	0	17	10	2	22	22	7	10
	R09 Central do Amazonas	43	23	59	15	5	8	1.591	31	0	46	12	52	64	23	25
	R10 Boa Vista	12	10	29	4	5	7	217	27	79	0	135	12	29	11	8
	R11 Caracaráí	3	2	5	1	0	1	51	2	6	40	0	3	3	1	1
	R12 Aglomerado Belém	26	26	83	8	15	20	124	75	108	28	14	0	1.793	88	146
	R13 Marajó/Baixo Tocantins	39	27	76	15	7	10	130	34	53	24	7	823	0	56	128
	R14 Baixo Amazonas Paraense	17	14	40	5	4	6	82	26	61	12	5	45	144	0	84
	R15 Sudoeste Paraense	14	10	30	5	3	4	61	14	25	13	2	118	113	46	0
	R16 Sudeste Paraense	37	25	72	12	8	12	153	32	57	23	6	438	710	82	230
	R17 Paragominas	5	4	11	2	1	2	31	5	13	3	1	97	191	10	25
	R18 Macapá	5	5	17	2	4	5	61	23	40	20	8	37	84	26	18
	R19 Oiapoque	1	1	3	1	1	1	12	3	5	3	1	6	13	5	3
	R20 Norte do Tocantins	7	7	20	2	2	4	48	13	20	5	2	57	116	17	38
	R21 Cerrados do Tocantins	17	18	53	5	6	9	90	29	43	10	5	94	184	31	57
	R22 Aglomerado de São Luís	20	18	58	6	11	14	107	49	74	18	8	187	421	63	77
	R23 Oeste do Maranhão	26	18	53	7	7	9	124	31	48	18	5	317	397	50	119
	R24 Chapadas do Maranhão	18	10	28	4	3	5	88	14	23	8	3	105	148	22	68
	R25 Aglomerado de Cuiaba	44	61	200	14	18	32	285	82	121	27	15	63	171	57	57
	R26 Centro Sul do Mato Grosso	94	117	365	31	25	46	614	109	181	47	21	165	317	90	103
	R27 Norte do Mato Grosso	39	50	151	12	12	20	242	52	83	24	10	105	169	48	54
	R28 Nordeste	966	567	1.664	253	233	324	3.714	1.119	1.619	491	192	2.592	4.645	1.062	1.948
	R29 Sudeste	3.722	2.476	7.513	1.469	1.052	1.579	19.104	4.422	6.794	2.319	842	8.211	12.899	3.660	4.753
	R30 Sul	1.295	932	2.743	533	362	555	5.570	1.525	2.249	823	295	2.676	4.019	1.164	1.504
	R31 Centro Oeste	523	419	1.252	204	154	220	2.047	573	853	356	124	1.104	1.934	463	615
	Importações	6.507	4.395	13.172	2.460	1.802	2.677	30.436	7.639	11.516	3.989	1.454	14.583	23.496	6.348	8.821

Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O uso da MIIP-AML indica que o comércio da AML com o restante do Brasil resultou em exportações de R\$ 355 bilhões e importações de R\$ 469 bilhões com déficit de R\$ 114 bilhões, sendo 75% para com a região Sudeste. A Tabela 1 indica o VA incorporado às transações comerciais entre as regiões da AML e o restante do país.

O tamanho relativamente menor do mercado inter-regional (entre regiões da AML) encontra suporte na literatura, problema geralmente atribuído à

combinação de baixa densidade populacional e nível de renda, à grande lacuna na existência de cidades médias, às longas distâncias entre centros urbanos e à dispersão de núcleos populacionais (Chein e Procópio, 2022). A malha rodoviária desenvolvida a partir dos anos 1960 explica a dinâmica de surgimento e expansão das cidades, criando rotas de vazamento para as bordas da Amazônia, contrariamente ao que antes era desempenhado pelas vias fluviais que favoreciam a penetração dos núcleos populacionais.

	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	EXP	VA (TOTAL)
	52	11	18	5	13	34	21	46	33	37	193	98	1.033	2.692	1.280	575	103	16.280
	18	4	8	2	6	15	15	18	12	28	98	38	415	1.185	583	264	226	6.885
	48	8	19	4	16	37	44	40	25	86	279	97	953	3.222	1.686	729	1354	19166
	23	5	10	3	6	17	16	25	18	12	65	38	467	1.047	527	243	13	9.491
	5	1	4	1	2	4	7	7	4	6	19	8	114	327	151	96	8	3.059
	7	1	4	1	4	7	8	7	4	17	43	14	155	563	344	145	29	3.620
	444	65	290	49	85	239	422	332	192	371	835	422	7.399	14.377	6.376	3.415	1.383	70.285
	16	4	14	2	6	14	18	16	10	26	76	27	363	1.381	706	274	57	8.095
	46	8	40	5	12	32	50	35	25	54	153	59	1.097	3.244	1.509	560	206	16.091
	14	3	22	6	4	10	14	18	11	7	32	18	306	758	373	168	28	10.425
	2	0	4	1	1	2	2	2	1	4	9	3	50	195	110	40	5	1.845
	442	185	91	27	94	179	270	615	256	44	199	132	3.322	4.184	1.764	1.098	590	42.485
	319	92	85	14	75	139	286	370	143	76	248	129	2.499	5.401	2.283	1.333	4.750	35.677
	84	16	34	6	17	35	66	69	40	32	90	53	819	1.827	732	420	1.294	12.392
	106	17	27	4	24	44	51	69	38	35	93	44	949	1.686	821	469	404	10.711
	0	137	78	10	173	247	251	463	197	92	254	158	3.250	6.014	2.581	1.563	12.743	46.009
	111	0	11	2	17	25	73	105	23	12	38	23	467	988	363	202	1.073	6.480
	37	9	0	97	10	22	24	42	24	9	35	22	630	1.340	709	242	472	14.687
	6	1	43	0	1	3	5	6	3	2	6	4	94	259	132	43	31	2.065
	162	24	15	3	0	121	71	109	87	17	56	31	923	1.513	613	442	227	9.225
	223	33	28	7	118	0	101	169	129	44	172	87	2.075	4.102	1.495	1.451	1.564	24.948
	242	65	50	14	58	122	0	792	294	30	159	101	3.850	3.414	1.474	778	1.717	31.227
	333	100	50	9	104	157	575	0	230	59	162	90	3.161	4.498	2.068	990	2.191	30.939
	171	31	23	4	73	96	212	230	0	39	92	51	1.829	2.631	1.127	550	2.333	17.090
	142	26	36	10	30	99	83	116	85	0	1360	345	2.313	5.852	2.250	1.923	606	31.349
	280	41	63	13	63	190	171	186	129	753	0	749	4.531	13.491	5.436	3.973	15.048	67.850
	131	19	33	7	34	84	87	91	60	176	669	0	2062	5.285	2.339	1.353	4.660	27.635
	4.199	665	1.235	256	1.004	2.479	4.587	5.169	3.239	1.634	4.989	2.460	0	131.399	45.557	29.696	29.689	892.957
	13.016	2.127	3.844	803	2.931	9.008	9.033	10.630	7.041	6.902	25.961	11.174	250068	0	339.699	164.905	386.129	3.561.218
	3.888	608	1.367	283	910	2.549	2.715	3.262	2.062	2.350	8.260	3.696	67039	254.189	0	46.200	115.329	1.130.247
	1.815	300	632	135	596	1.933	1.166	1.674	1.105	1.310	4.792	1.747	35052	91.720	30.767	0	22.829	539.555
	22.918	3.701	7.078	1.476	5.442	15.969	17.501	20.736	13.447	12.196	44.002	19.077						

A forte ligação econômica da AML com o restante do país e o mundo, evidenciada pelo papel das exportações e importações (domésticas e internacionais) no fluxo de comércio, tem base na própria geopolítica. Ostensivamente dirigida, como durante a ditadura militar, ou induzida por investimentos públicos em infraestrutura, incentivos fiscais e desoneração de riscos privados no pós-1985,

a mobilização dos fatores terra, trabalho e capital obedeceu à dinâmica de vetores exógenos de desenvolvimento (Loureiro, 1992; 2022; Becker, 2005). A economia local altamente informalizada, geradora de trabalho (não necessariamente emprego) e renda (não necessariamente salário) não é capturada pelos métodos convencionais.

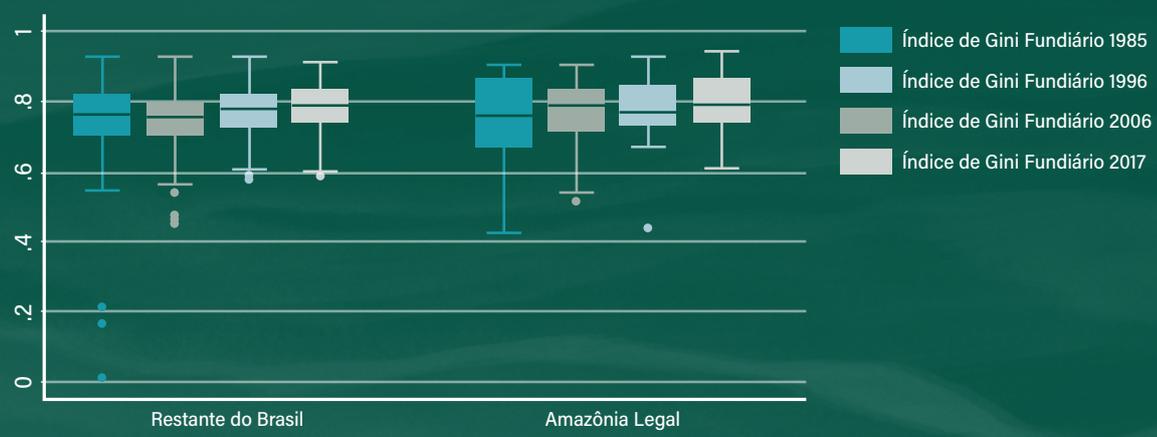
Quadro 2 | O problema estrutural da desigualdade fundiária: distribuição do “fator terra”

A desigualdade fundiária da AML se manteve inalterada nos últimos 40 anos. A partir da composição de Áreas Mínimas Comparáveis no nível municipal e posterior agregação em Mesorregiões Minimamente Comparáveis, e partindo-se de dez classes de grupos de área total de estabelecimentos rurais diretamente comparáveis entre os censos, conclui-se que, segundo os cálculos de índice de Gini fundiário, a desigualdade fundiária permanece: $0,74 \pm 0,13$ em 1985, $0,76 \pm 0,10$ em 1996, $0,78 \pm 0,10$ em 2006 e $0,80 \pm 0,10$. Estatisticamente, não difere da estrutura fundiária do restante do país, que apresentou índices, respectivamente, de $0,75 \pm 0,13$, $0,75 \pm 0,09$, $0,78 \pm 0,07$ e $0,78 \pm 0,07$.

É importante frisar que, com todas as peculiaridades da Amazônia, do nível de ilegalidade à vasta disposição de terras, a desigualdade fundiária apenas reproduziu a dinâmica fundiária do restante do país, o que é indubitavelmente um problema estrutural que extrapola a diversidade regional. O gráfico abaixo denota a distribuição dos índices de Gini fundiários.

A desigualdade resistiu até mesmo à grande diferença nos desmatamentos, contabilizados em 36 Mha na Amazônia e 14 Mha no restante do Brasil, entre 1985 e 2017, o que também refuta a retórica de que o desmatamento seria o mal necessário para o combate à desigualdade fundiária.

Gráfico Q2 | Distribuição dos índices de Gini fundiários na Amazônia Legal e no restante do Brasil

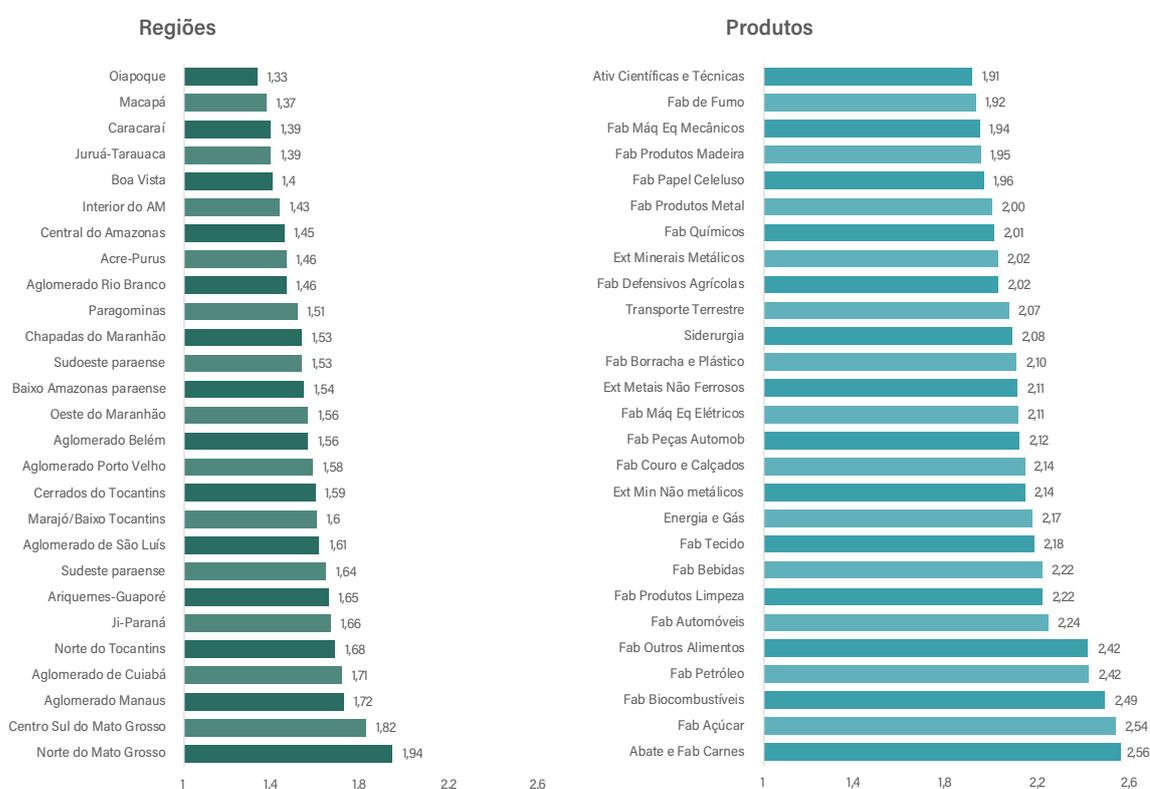


Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O diagnóstico de forte ligação com a economia exterior se repete a partir da perspectiva dos multiplicadores de produção. A MIIP-AML permite calcular o efeito multiplicador ou mensurar respostas da produção regional e setorial aos choques de demandas (incrementos marginais) nacionais. Não coincidentemente, as regiões que apresentaram os maiores multiplicadores foram o centro-sul do Mato Grosso (1,94), norte do Mato Grosso (1,82) e aglomerado de Manaus (1,72), regiões que atuam como as principais portas de entrada e saída dos fluxos econômicos entre a AML e o restante do Brasil e de comércio exterior.

Na dimensão setorial, os maiores efeitos multiplicadores estão na produção de bens de alta demanda externa à AML (doméstica e internacional), com destaque para produção de carnes (2,6), biocombustíveis (2,5) e refino de petróleo (2,4). Na abertura setorial por produtos, considerando aqueles com maior VBP, despontam novamente os itens exportados, como algodão (2,9), carne bovina processada (2,8), milho (2,7), soja (2,3), minerais metálicos (2,0) e pecuária bovina (1,9). O Gráfico 1 apresenta os multiplicadores de produção regional das 27 regiões e dos principais produtos na AML.

Gráfico 1 | Multiplicadores de produção regional das 27 regiões e dos principais produtos na Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pelos autores.

A despeito dos efeitos multiplicadores elevados e da pujança econômica dos setores de exportação, em especial agricultura, pecuária e mineração, as análises baseadas na MIIP-AML permitem avaliar que esses não são setores-chave. Tecnicamente, setor-chave é aquele capaz de impulsionar o crescimento da economia por estimular simultaneamente as cadeias a montante e jusante, atuando como centro setorial tanto na compra quanto na venda de insumos e produtos (Guilhoto, 2011).

No caso da AML, verificou-se a peculiar condição de que, além de não serem setores-chave, agricultura, pecuária e mineração assumem posições similares, tanto em relação à estrutura produtiva da própria AML quanto em relação às suas ligações com a estrutura nacional, o que reforça uma economia fortemente forjada pelos estímulos exógenos.

A agricultura (soja e demais culturas temporárias e permanentes) é relevante na oferta de produtos, mas não como demandante de insumos de outros setores internos. A produção é alta, mas o setor não apresenta encadeamento na estrutura econômica por não fomentar as cadeias a montante – haja vista seu papel exportador de commodities primárias. Em posição oposta, a produção de carne, a extração mineral metálica e a siderurgia são dependentes de oferta intersetorial, ou seja, são grandes compradores de produtos, mas não ofertantes de insumos para as cadeias a jusante. Já a pecuária bovina, a extração mineral de não metálicos e a extração mineral de ferrosos caracterizam-se pela independência setorial, com ligações mais fracas em seus respectivos elos a montante e jusante.

1.2 Cadeias de valor e origem da demanda

A visão setorial, como apresentada anteriormente, é valiosa no planejamento econômico por sua capacidade de quantificar os fluxos monetários de insumos e produtos na estrutura produtiva e mensurar os encadeamentos intersetoriais com seus efeitos diretos e indiretos. Politicamente, é uma ferramenta importante de negociação para ponderação de expectativas concorrentes que podem emergir entre grandes segmentos ou diferentes setores dentro de uma mesma cadeia, por exemplo, nas negociações entre produtores, indústria de transformação e varejo (Delgado e Mills, 2020).

Alternativamente, a perspectiva de cadeia de valor é mais intuitiva e oferece uma visão que transcende a setorização, tratando de forma agregada os fluxos dos setores primário (produtores) e secundário (indústria de transformação) e de seus encadeamentos com o terciário (comércio e serviços na demanda doméstica e exportações). Para atender à necessidade de se olhar para as grandes geradoras de riqueza e impactos ambientais na economia atual da AML, setores foram agregados e analisados desde a perspectiva de cadeias, como se segue.

1.2.1 Cadeia do complexo grãos-algodão

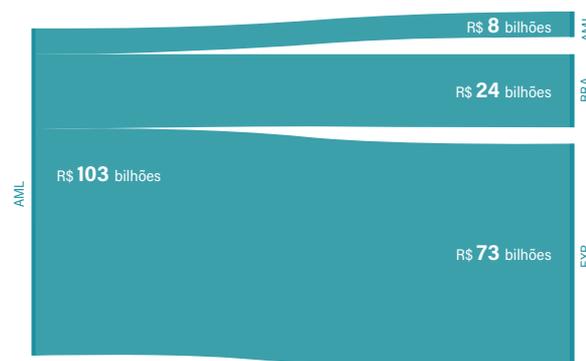
O complexo grãos-algodão é uma cadeia de uso intensivo de terra e considerada neste trabalho como o conjunto dos produtos de soja, milho, algodão e óleos semimanufaturados e manufaturados (na MIIP-AML, cerca de 11% dos óleos têm origem animal, porém, estão incluídos nessa cadeia).

Esse complexo teve crescimento vertiginoso na AML a partir dos anos 1980 (Abiove, 2022a). Somente na área colhida, a participação da AML no total do país cresceu de 9% para 34%, entre 1980 e 2021 (IBGE, 2021c). A AML detém atualmente 23% da capacidade instalada nacional do processamento, refino e envase de óleos vegetais (Abiove, 2022a).

Resultados da MIIP-AML apontam que, em 2015, a cadeia empregava em torno de 690 mil pessoas na região, das quais 260 mil (37,7%) com vínculos formais. O VBP, considerando os fluxos econômicos entre setores e regiões, totalizou R\$ 103,4 bilhões, com PIB da ordem de R\$ 43,6 bilhões.

Do total de VBP, apenas R\$ 8 bilhões (8%) tiveram origem na demanda local (demandas intermediária e final), R\$ 24 bilhões (23%) no restante do Brasil e R\$ 73 bilhões (69%) respondendo à demanda internacional, conforme ilustrado no gráfico a seguir.

Gráfico 2 | Origem da demanda pelos produtos do complexo grãos-algodão produzidos na Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pelos autores.

O VA incorporado ao comércio dessa cadeia na AML foi estimado em R\$ 23,7 bilhões, sendo 9,7% originados na demanda regional, 33% na demanda do restante do Brasil e 57% na demanda internacional.

O acoplamento da MIIP-AML com vetores matemáticos de informações de desmatamento, conforme descrito no Quadro 8, permitiu estimar o VA incorporado às transações vis-à-vis a desmatamentos e emissões atreladas, lançando luz sobre a intensidade-desmatamento e intensidade-carbono da economia, seguindo os fluxos de origem da demanda.

Estimou-se que, em 2015, as transações econômicas da cadeia do complexo grãos-algodão na AML induziram à emissão de aproximadamente 58 MtCO₂, com desmatamento direto de 86 mil hectares. As emissões e desmatamentos induzidos pela demanda externa e incorporados às exportações internacionais foram de cerca de 33 MtCO₂ e 49 mil hectares desmatados, representando cerca de 57% do total.

Os desmatamentos e emissões da cadeia podem estar subestimados, visto que os dados utilizados na MIIP-AML se referem a 2015, quando a Moratória da Soja ainda funcionava com certo vigor. De fato, a Moratória da Soja, que consignou financiamento e aquisição de soja somente de produtores cujas áreas foram desmatadas até 2008, permitiu uma drástica reversão de tendência de desmatamento na década passada: enquanto em anos anteriores à moratória cerca de 30% da expansão da soja ocorria via desmatamentos, nos anos posteriores caiu para menos de 6%, com o complexo grãos se expandindo essencialmente sobre pastagens abertas até 2008 (Abiove, 2022b; Gibbs et al., 2015).

Entretanto, o relatório oficial do próprio Grupo de Trabalho da Soja mostra que a moratória tem perdido aderência, com área em desacordo subindo de 12 mil hectares, em 2012, para 147 mil hectares, em 2020. Enquanto o desmatamento na AML cresceu 135% no período, a expansão da soja em desacordo com a moratória aumentou 1.100% (Grupo de Trabalho da Soja - GTS, 2018; Abiove, 2022b).

Quadro 3 | Ilegalidade na cadeia do complexo de grãos

O uso e ocupação do solo na AML é significativamente suscetível a interferências de atividades ilegais, que são contaminantes da cadeia do complexo de grãos, tendo em vista que essas irregularidades são sistêmicas na região.

A irregularidade que atinge a cadeia é ligada à titulação da propriedade rural, já que a agricultura é a última etapa no ciclo do desmatamento⁴. Nesse ponto, destaca-se a relevância das disputas fundiárias, em razão das incertezas sobre a situação de grande parte das propriedades rurais na Amazônia. Isso ocorre em razão do complexo histórico de leis, por vezes contraditórias, que regulamentam a questão⁵, mas, sobretudo, em decorrência da prática da grilagem (BNDES, 2022). Esta é definida como legalização da terra através de mecanismos de falsificação de documentos. Esse processo, em muitos casos, ocorre a partir da apropriação ilícita de terras públicas, por meio da expulsão de posseiros ou comunidades tradicionais⁶.

Para que a NEA seja exitosa, é importante que a questão do ordenamento territorial seja devidamente endereçada e resolvida. A contínua existência disseminada da grilagem, fomentada pelas sucessivas edições de novos marcos legais para regularização e incertezas sobre a propriedade da terra impedem o desenvolvimento da região ao gerar insegurança para investidores e produtores.

Atualmente, há iniciativas de governos subnacionais que parecem promissoras, tais como o plano Amazônia Agora⁷, além de ações de outras instituições, como o Amazônia Protege, do Ministério Público Federal⁸. Contudo, o Governo Federal precisa investir na fiscalização das autodeclarações no âmbito do Cadastro Ambiental Rural (CAR)⁹ e no Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal a fim de que novas áreas não sejam adicionadas ao ciclo do desmatamento.

1.2.2 Cadeia pecuária bovina (carne e laticínios)

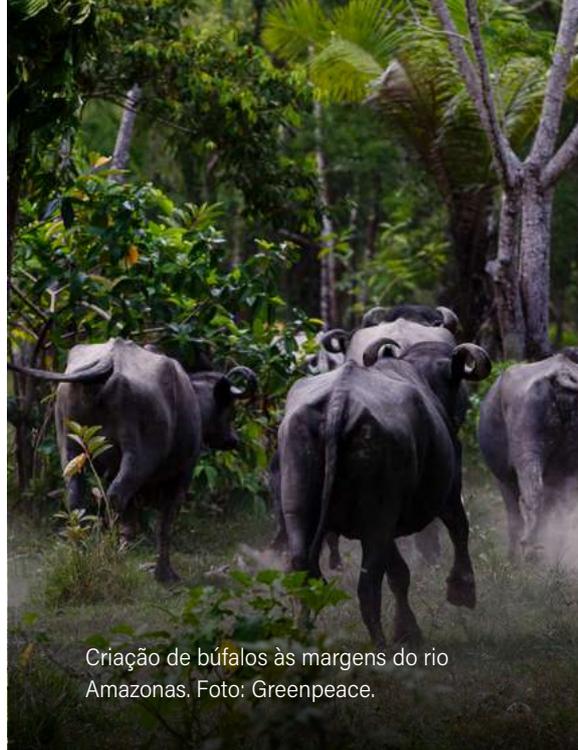
A pecuária é a atividade histórica de abertura de fronteira na AML (Valverde, 1967; Fearnside, 1986; Shukla, Nobre e Sellers, 1990; Skidmore et al., 2021). De 1985 a 2021, a região absorveu 54% do crescimento líquido do rebanho nacional. Enquanto no restante do Brasil o rebanho bovino cresceu de 116 para 160 milhões, na AML saltou de 12 para 64 milhões no mesmo período, com VBP aumentando quase 1000%. Somente nos últimos 20 anos, o abate de bovinos aumentou 140%, com acréscimo de 1,9 milhão de toneladas em carcaças preparadas, paralelamente ao aumento de 1,4 bilhão de litros na produção de leite (IBGE, 2021a; 2021b; 2022).

Resultados da MIIP-AML indicam que, em 2015, a cadeia de valor da pecuária. A cadeia de valor da pecuária (setores de pecuária bovina, laticínios e carne) foi estimada em R\$ 104 bilhões, PIB da ordem de R\$ 44,5 bilhões, empregando 2 milhões de pessoas, das quais 600 mil com vínculos formais.

Sob a ótica da decomposição da produção por origem da demanda (veja o Gráfico 3), a MIIP-AML revela um cenário muito diferente daquele traçado para o complexo grãos-algodão: 25% da produção da cadeia da pecuária da AML tem como destino a própria AML, 60% o restante do Brasil e somente 15% o comércio exterior.

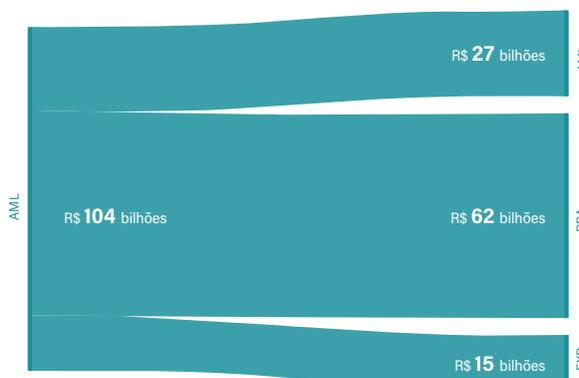
O VA incorporado a esse comércio foi estimado em R\$ 27,6 bilhões, dos quais 17,8% originados pela demanda regional, 59,5% na demanda do restante do país e 17,4% na demanda internacional. As análises vetoriais de desmatamento dão conta de que, em 2015, as transações econômicas da cadeia do complexo induziram à emissão de 783 MtCO₂, com desmatamento direto de 1,4 Mha entre vegetações primária e secundária.

As emissões e desmatamentos incorporados às transações comerciais com o restante do Brasil foram de cerca de 483 MtCO₂ e 886 mil hectares, representando 61,6%.



Os resultados indicam necessidade de mudança na interpretação usual sobre o papel dos mercados consumidores na expansão da pecuária na AML e sobre impactos negativos no desmatamento. Dimensionam, pela primeira vez, o tamanho dos diferentes mercados, revelando a escala dos esforços a serem empregados em cada um deles. O foco se desloca para as demandas locais e regionais, mas principalmente para a demanda nacional, diferentemente do que ocorre com o complexo grãos-algodão. Apesar da demanda para exportação não ser a principal impulsionadora da pecuária na região, ela ainda tem um papel significativo, pois pode ser compreendida como uma influenciadora de tendências e práticas setoriais, como a rastreabilidade em toda a cadeia de valor, por exemplo.

Gráfico 3 | Origem da demanda pelos produtos da cadeia da pecuária bovina na Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4 | Ilegalidade na cadeia da pecuária bovina

A pecuária é o setor da economia mais exposto à ilegalidade. Desde 1985, do total de quase 59 Mha desmatados na AML, entre vegetação florestal e savânica primária e secundária, cerca de 83% foram convertidos em pastos. Apenas em 2020, 75% da área desmatada em florestas públicas foi transformada em pastagem, totalizando 2,6 Mha de desmatamento ilegal (Salomão et al., 2021). Considerando os anos de 2019, 2020 e 2021, quase 95% dos pastos formados tiveram origem ilegal (Mapbiomas, 2020; 2021b; 2022a).

A dinâmica do desmatamento e substituição de florestas por pastagens é observada em imagens de satélite, sendo uma consequência da lógica de incorporação das novas áreas ao processo produtivo. O desmatamento e a conversão em pastos podem ser interpretados como uma estratégia racionalizada na formação de estoques de piquetes para acomodação do manejo rotacionado do rebanho ou, em outros casos, uma poupança de proteção inflacionária com maior liquidez do que a própria floresta (Furtado, 2005; Costa, 2010; Brito et al., 2019). A especulação fundiária, como estratégia de valorização de ativos, é também um importante vetor de desmatamento.

Portanto, o ordenamento territorial é de suma importância para o combate ao desmatamento associado à pecuária na região. Nesse sentido, o Cadastro Ambiental Rural (CAR), implementado pela Lei nº 12.651/2022 (Código Florestal), apresenta-se como uma ferramenta essencial para a gestão territorial e combate ao desmatamento ilegal. Contudo, esse instrumento é falho. Atualmente, há registros de CAR em áreas públicas e sobreposição de registros. Isso ocorre porque apenas 100 mil cadastros foram finalizados, representando somente 1,5% dos CAR no Brasil (Coalizão, 2022; Soares, Pereira e Pucci, 2021; Waisbich et al., 2022).

Para que os setores da pecuária e agricultura cumpram a legislação ambiental, as políticas de comando e controle devem ser fortalecidas, a fim de prover um suporte maior para a fiscalização e aplicação de sanções para eventuais infratores.

Apesar dos avanços na regularização voluntária para combater a contaminação da ilegalidade na cadeia da carne, estudos recentes apontam que grandes frigoríficos e redes de varejo ainda têm experimentado falhas na rastreabilidade

de fornecedores, muitos localizados em áreas protegidas e/ou desmatadas (Wasley e Heal, 2019; Phillips et al., 2019; Phillips, 2020a; 2020b; Campos, 2019; Bourscheit et al., 2021; Amazon Watch, 2019; Neves, 2020; The Economist, 2020; Amnesty International, 2020; Global Witness, 2020).

Nesse sentido, a complexidade da cadeia produtiva da carne e a ausência de um sistema eficiente de rastreamento do gado convergem para compor um cenário de vulnerabilidade do setor, o qual tem dificuldade em estabelecer monitoramento, especialmente dos fornecedores indiretos – cria e recria –, tornando o mercado da carne suscetível à entrada de animais de origem ilegal ou irregular.

Apesar de ser considerada a forma mais eficaz de controlar o rebanho, o rastreamento individual não costuma ser aplicado no Brasil. Ele só é exigido para a produção destinada à exportação.

No mercado nacional, a Guia de Trânsito Animal (GTA) é o documento de controle e fiscalização da atividade. Todavia, as informações constantes nessa guia não são públicas, o que dificulta a fiscalização. No mais, o fornecedor direto não necessita apresentar as guias dos elos anteriores, facilitando a ocultação da proveniência do animal (Garcia-Drigo, Souza e Piatto, 2021). Esse arcabouço mostrou-se permissivo ao processo de "lavagem" do gado, permitindo que animais de diferentes origens (legais e ilegais) sejam transportados para uma mesma fazenda e, posteriormente, adquiridos por frigoríficos, sem informação sobre a origem irregular.

Destaca-se que a importância do mercado brasileiro para a demanda de produtos da pecuária bovina e a vulnerabilidade do setor à contaminação por insumos de origem ilegal reforçam a necessidade de sistemas de rastreabilidade sanitária, fiscal e ambiental (Coalizão Brasil, 2020), mas com especificidades, particularmente, para os níveis estaduais e interestaduais, porque a principal origem da demanda está no mercado doméstico.

Nesse ponto, importante destacar iniciativas estaduais de rastreamento, como a plataforma Selo Verde do Estado do Pará, cujo objetivo é monitorar e avaliar as políticas de desenvolvimento agropecuário sustentável e combater o desmatamento ilegal no estado.



Toras de madeira ilegal como samaúma, cedro, mogno, itaúba e assaçu apreendidas na Comunidade Santo Antônio, em Manacapuru, Amazonas. Foto: Ricardo Oliveira.

1.2.3 Cadeias do extrativismo vegetal exaustivo e não-exaustivo

Em 2015 o VBP do extrativismo não-exaustivo (produtos não madeireiros) na AML foi de aproximadamente R\$ 1,28 bilhão, o que representa 83% do total nacional. A cadeia de valor, contabilizada pelos insumos e produtos movimentados pelo setor – e impactos diretos e indiretos – gerou VBP de R\$ 1,49 bilhão, PIB de R\$ 1,17 bilhão, VA de R\$ 935 milhões e efeito multiplicador de produção de 1,52.

Apesar dos números modestos em comparação com atividades convencionais, a cadeia já apresenta VBP não tão distante da economia do desmatamento de extrativismo exaustivo, estimado em R\$ 1,97 bilhão, mas com efeito multiplicador líquido interno ligeiramente menor. A MIIP-AML permitiu analisar que, para cada R\$ 1 milhão em produtos não madeireiros, são gerados R\$ 165 mil adicionais na AML por meio da cadeia de suprimentos e, ainda, R\$ 354 mil por indução no restante do Brasil. Assim, 32% dos impactos diretos e indiretos dessa atividade são internalizados pela AML. Já na economia do desmatamento, representada pelos produtos madeireiros, a internalização é ligeiramente inferior, de 31%, com R\$ 220 mil adicionados à AML e

R\$ 492 mil ao restante do Brasil para cada R\$ 1 milhão de produtos madeireiros produzidos na AML.

A cadeia de valor do extrativismo não madeireiro gera dentro da AML (descontados os vazamentos produtivos para o restante do Brasil) 52 mil empregos diretos e indiretos, dos quais 92% são ocupados por negros ou indígenas¹⁰, ligeiramente diverso dos 57 mil empregos da economia exaustiva, com 90% de empregados dessas raças.

A MIIP-AML revela também que apenas 7% do VBP da cadeia de produtos não madeireiros na AML advém de demanda local. Esse resultado contraintuitivo pode ser explicado por inconsistências de registro. Enquanto para setores convencionais, como pecuária, soja e mineração, os dados oficiais alcançam altos níveis de detalhamento na descrição e caracterização das atividades e produtos, com dezenas de classes e subclasses específicas, no extrativismo limitam-se a 79 atividades correlatas (nos três setores) e mesmo assim com descrições genéricas e dúbias (IBGE, 2023).

Sem a rastreabilidade necessária para o encadeamento dos fluxos na construção das matrizes, muitas atividades foram excluídas das análises. A MIIP-AML também excluiu produtos oriundos do

agroextrativismo, sistemas agroflorestais e policultura consorciada, bem como os múltiplos arranjos que deles derivam da produção manufaturada – artesanal ou industrial. A falta de registro estatístico pode levar ao subdimensionamento do setor, especialmente dos produtos consumidos localmente e nos mercados informais. Como uma pequena parte da bioeconomia – assunto que será tratado mais amplamente no Capítulo 3 – o extrativismo não exaustivo tem sido, ainda assim, negligenciado pelas próprias estatísticas oficiais.

Pesquisa atenta ao Anuário Estatístico do Brasil, desde 1936, evidencia como, de fato, os produtos da biodiversidade na AML vão sendo paulatinamente omitidos – por agregação ou substituição – dos registros de produção e comércio, enquanto crescem vertiginosamente os produtos substitutos ou similares, especialmente óleos e fibras vegetais de soja e algodão.

Os dados dos anuários permitem estimar que, em 1940, a Amazônia produziu R\$ 1,3 bilhão em produtos florestais não exaustivos, R\$ 143 milhões em óleos vegetais nativos localmente manufaturados e R\$ 784 milhões em exportações de produtos

vegetais não madeireiros, época em que a produção de carne bovina na Amazônia não superava os R\$ 358 milhões (AEB, 1947). Já em 2021, a produção florestal não exaustiva da AML foi de R\$ 2,1 bilhões, sendo R\$ 909 milhões em exportações (Secex, 2022), enquanto o rebanho bovino atingiu 64 milhões de cabeças, contra 2,8 milhões em 1940. Nesse ano, não havia registro de soja na AML, hoje são 13,9 Mha, 35% do total brasileiro.

Em que pese a explosão de pecuária e sojicultura na AML justificar o registro detalhado de seus produtos e atividades, pelos dados oficiais, a economia florestal não madeireira se manteve praticamente constante ao longo dos últimos 80 anos, a despeito da população da AML, maior consumidora desses produtos, ter crescido nada menos do que 10 vezes nesse mesmo período.

Paralelamente, os produtos madeireiros são ainda mais difíceis de rastrear, já que para além dos problemas de registro apontados, há ainda duas peculiaridades: a generalização de nomes de madeiras, em especial as provenientes da Mata Atlântica, e o alto índice de ilegalidade, prática comum na AML (Sassine, 2022a; 2022b; Toledo, 2022).

Quadro 5 | Ilegalidade na extração de produtos madeireiros

A extração madeireira ilegal é o primeiro e importante componente do "ciclo do desmatamento". A prática consiste na retirada de determinadas árvores de uma floresta pública ou privada – nativa e formações sucessoras – sem autorização para exploração emitida por órgão ambiental competente, como a Autorização para Exploração Florestal (Autex, em nível federal, ou Autef, nos estados de Mato Grosso e Pará) (Imazon, 2021h; Brasil, 2012).

Entre agosto de 2019 e julho de 2020, a extração madeireira chegou a 464 mil hectares (Imazon, 2021a). Desse total, mais da metade (234 mil hectares) ocorreu no Mato Grosso, onde 38% da exploração detectada não

possuía a autorização, ou seja, tratava-se de atividade ilegal (Imazon, 2021f). Já no Pará e em Roraima, a extração ilegal chegou a 55% da área total (Imazon, 2021b) (Imazon, 2021g). Em outros estados, essa cifra também é significativa, 13% do total no Amapá (Imazon, 2021c); 8% em Rondônia (Imazon, 2021e) e 26% no Amazonas (Imazon, 2021d).

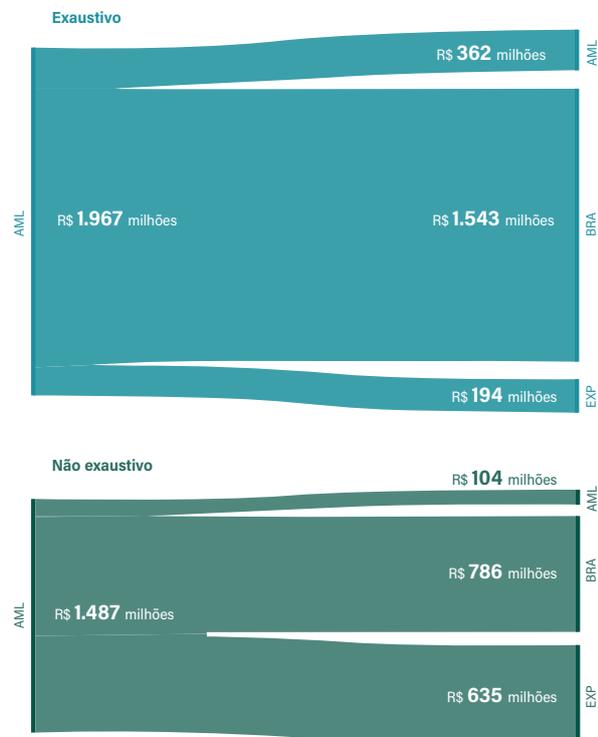
O combate à prática criminosa da extração ilegal de madeira deve envolver o fortalecimento da atuação estatal, por meio de destinação de terras públicas, fiscalização eficiente dos órgãos ambientais, aplicação de sanções rigorosas e efetividade no recolhimento de multas (Soares, Pereira e Pucci, 2021; Waisbich et al., 2022; MPF, 2015; Angelo et al., 2014).

Mesmo com todas as limitações metodológicas, o esforço de desagregação do setor de exploração florestal em madeireiros (exaustivos) e não madeireiros (não exaustivos) se mostrou valioso, não apenas por dimensionar o tamanho desses mercados tão antagônicos, mas por verificar que produtos não exaustivos têm repartição muito semelhante entre mercados doméstico e internacional, basicamente dentro da porção formalizada e captada pela MIIP-AML, como demonstra o Gráfico 4.



Embarcações com a marcante letra decorativa amazônica, atracadas no mercado Ver-o-Peso em Belém, Pará. Foto: Nayara Jinkns/WRI Brasil.

Gráfico 4 | Origem da demanda pelos produtos das cadeias do extrativismo vegetal exaustivo (madeireiro) e não exaustivo (não madeireiro) na Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pelos autores.

As análises vetoriais de desmatamento não foram aplicadas ao extrativismo. No caso de produtos não madeireiros fica evidente que são atividades que prescindem da floresta em pé, desconsiderando o impacto de desmatamento direto. Impactos indiretos e induzidos pelo consumo de insumos de outros setores não foram significativos, tanto em relação ao desmatamento quanto às emissões.

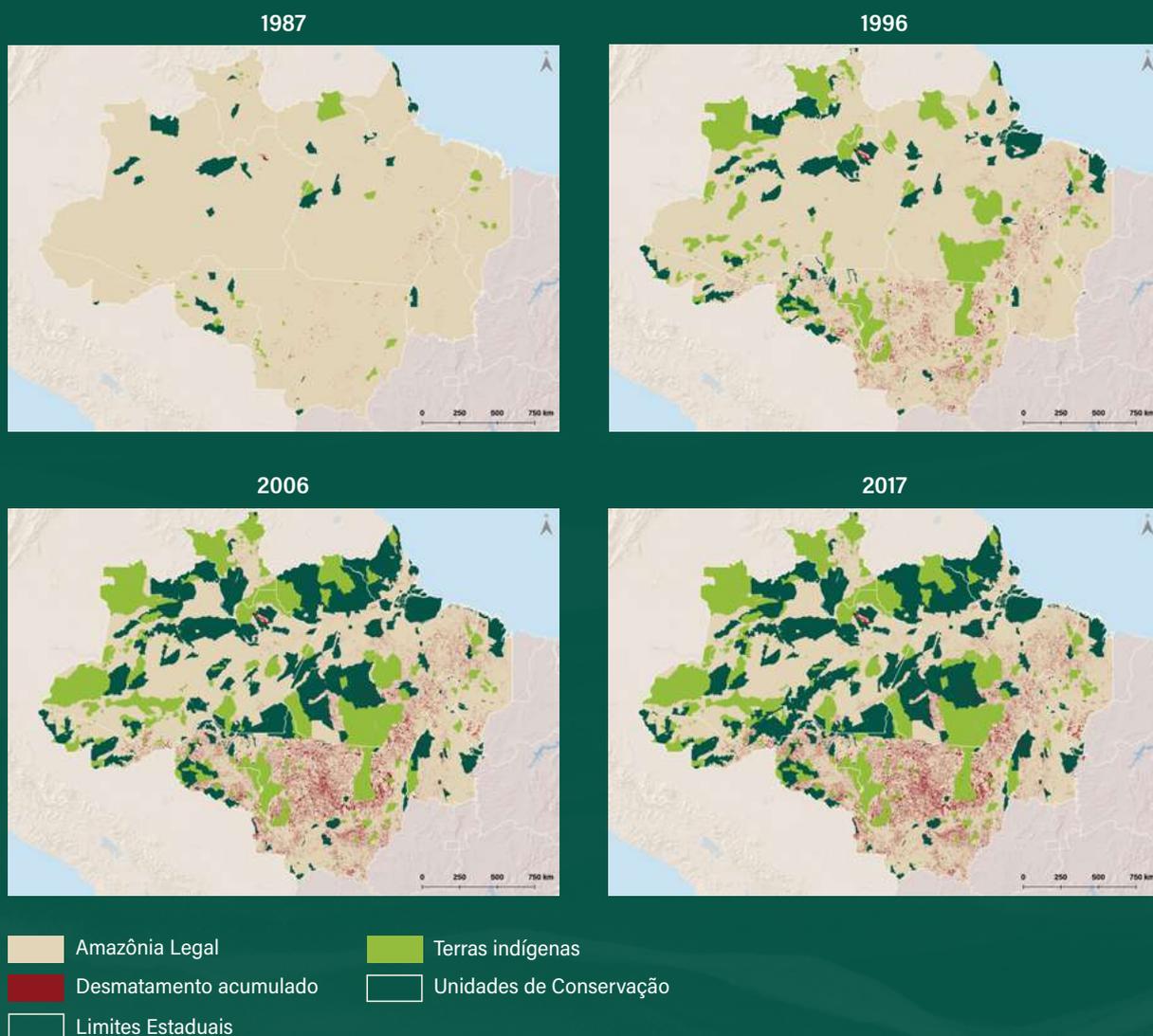
Já para o caso do extrativismo madeireiro não foram calculados os impactos nos desmatamentos e emissões porque, mesmo sabendo que se trata de atividade explicitamente dependente do desmatamento, as bases vetoriais do Mapbiomas (2022b) não permitem identificar a área diretamente convertida pela exclusiva extração de madeira, condição fundamental para vincular a classe de uso do solo ao setor de atividade econômica. Estimativas alternativas de extração de madeira induzidas ou associadas à pecuária, por exemplo, não foram utilizadas por redundarem em resultados não comparáveis com os demais setores (Boekhout van Solinge, 2014; Condé, Higuchi e Lima, 2019).

Quadro 6 | O papel das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no combate ao desmatamento

A criação de áreas protegidas, especialmente Terras Indígenas e Unidades de Conservação, é resultado da luta dos povos originários e do reconhecimento da necessidade de proteção dos recursos naturais, com grande impulso depois da Constituição de 1988. Em 1985, as Terras Indígenas na AML somavam 7,5 Mha, enquanto que em 2017, somavam 111 Mha. As Unidades de Conservação tiveram trajetória parecida, com áreas multiplicadas por 10 entre 1985 e 2017, saltando, na AML, de 13 Mha, em 1985, para 127 Mha em 2017.

Essas áreas protegidas têm efetivamente cumprido seu papel, tanto no reconhecimento dos direitos indígenas como na conservação da biodiversidade e na contenção do desmatamento. De 1985 a 2017, a AML teve um desmatamento total de 36 Mha e o desmatamento ocorrido em áreas protegidas somou 351 mil hectares, 1% do total.

Figura Q6 | Evolução da homologação das áreas protegidas e desmatamentos acumulados



Fonte: Elaborado pelos autores.

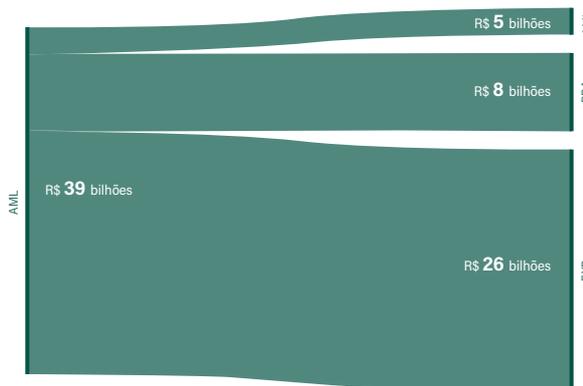
1.2.4 Cadeia da exploração mineral

A cadeia da mineração é aqui tomada pelo conjunto das atividades de exploração mineral, exceto extração de carvão, petróleo, refino de petróleo e biocombustíveis, mas incluindo minerais não metálicos, minerais metálicos não ferrosos e minério de ferro. Como no caso da pecuária, é uma cadeia que merece atenção pela susceptibilidade à informalização do trabalho e à ilegalidade. Os resultados da MIIP-AML refletem essencialmente a exploração industrial em larga escala, em especial a de minerais metálicos e não metálicos utilizados como insumos nas indústrias siderúrgica e química. O garimpo focado em metais preciosos, diamante, legal ou ilegal, não é considerado na MIIP-AML, embora ocupe área maior que a própria mineração industrial na região (Mapbiomas, 2021a; 2022b). O garimpo ilegal, permeado por violência, evasão de divisas e sonegação de impostos (Wagner et al., 2019), apesar de não ser objeto do estudo, constitui um impedimento importante para a implementação da NEA ao gerar um panorama de insegurança e instabilidade na região.

A mineração industrial é uma cadeia geradora de aproximadamente R\$ 38,7 bilhões, PIB de R\$ 19,6 bilhões, com geração de pouco mais de 113 mil empregos. O VA incorporado às transações comerciais foi estimado em R\$ 14,5 bilhões, dos quais apenas 5,4% com origem na demanda regional, 17,9% na demanda do restante do Brasil e 76,7% na demanda externa.

Quatro regiões são responsáveis por mais de 92% do VBP dessa cadeia de exploração mineral, sendo o sudeste paraense com 69%, seguido do Baixo Amazonas paraense com 9%, Paragominas (PA) com 7% e o oeste do Maranhão com 7%. Nessas regiões, a cadeia responde por 47%, 33%, 23% e 6% dos respectivos PIB e por 61%, 37%, 18% e 3% de suas exportações.

Gráfico 5 | Origem da demanda da cadeia da mineração na Amazônia Legal em 2015



Fonte: Elaborado pelos autores.

Setores relevantes para a AML, as minerações metálica e não metálica têm também papel de ligação com os aglomerados urbanos, seja por meio dos fluxos de produtos ou pela circulação de bens e serviços necessários à produção. Apesar disso, estudos indicam que potenciais benefícios são contidos por perdas na arrecadação. Em toda a AML, concede-se renúncia fiscal de 75% do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica para grandes empresas, além da redução de 25% a 32% no frete para importação de máquinas, equipamentos e insumos (Sudam, 2016; Maurício, Morlin e Callegari, 2022).

As análises vetoriais de desmatamento dão conta de que, em 2015, as transações econômicas da cadeia da mineração induziram à emissão de 0,7 MtCO₂, com desmatamento direto de 3,5 mil hectares entre vegetações primária e secundária. As emissões e desmatamentos incorporados às transações comerciais internacionais foram de 0,57 MtCO₂ e 3,2 mil hectares, representando 89% do total.

O efeito multiplicador da produção é de 2,5. Apesar do crescimento significativo, a mineração proporcionou um aumento discreto do emprego no estado do Pará, aumentando de 1,6%, em 2000, para 1,9% os empregos formais em 2020 (MTE, 2020).



Copa de árvores durante o período de cheia no rio Urubu, em Silves, Amazonas. Foto: Karoline Barros/WRI Brasil.

Quadro 7 | Ilegalidade na cadeia de mineração

A atividade de extração ilegal de minérios escalou significativamente na AML, calcada especialmente na extração de ouro, pedras preciosas e cassiterita. Sonter et al. (2017)¹¹ concluíram que entre os anos de 2005 e 2015, a mineração causou 11.670 km² de desmatamento, representando 9% de toda a perda florestal da Amazônia. Manzolli et al. (2021) estimam que, entre 2019 e 2020, foram comercializadas 174 toneladas de ouro no Brasil e, desse total, 38% eram de origem desconhecida, 28% com indícios de irregularidades e somente 34% aparentemente de origem legal.

De acordo com o Mapbiomas (2021a; 2022b), o garimpo já responde por 68% de toda a área ocupada pela mineração na Amazônia. Entre 2010 e 2020, o crescimento do garimpo em Terras Indígenas foi de 495% e de 300% em Unidades de Conservação. Segundo o Ministério Público Federal (MPF), o garimpo tem progressivamente deixado de ser caracterizado pelo pequeno explorador autônomo e se tornado uma atividade com investimentos de médio a grande porte. De fato, conforme o Foreign Trade Association (FTA), o investimento inicial para lavra varia entre R\$ 60 mil e R\$ 2 milhões, configurando verdadeiro crime organizado (MPF, 2020).

Embora seja difícil desbaratar as organizações e rastrear os recursos financeiros, a localização do garimpo é detectável por imagens de satélite. O maior problema, de acordo com o MPF (2020), é que a Agência Nacional

de Mineração (ANM) não fiscaliza as permissões de lavra, não havendo uma base de dados confiável sobre a quantidade de ouro extraída de determinada jazida, sobre o comprador final ou sobre o destino do ouro.

Neves e Folly (2021) listam ainda fatores que contribuem para a permanência do garimpo ilegal: a inexistência de sistema informatizado de fiscalização, o preenchimento das notas fiscais relativas à comercialização desses produtos à caneta e papel carbono e o armazenamento físico dessas notas pelos compradores. A falta de controle eletrônico impossibilita o cruzamento de dados ou controle sobre o uso das permissões de exploração.

Já o Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) afirma que o principal prejuízo causado pelo garimpo e pela mineração ilegal é reputacional, pois afeta negativamente a imagem da parcela do setor que cumpre a legislação, além do dano à competitividade, já que a atividade ilegal não arca com custos ambientais, trabalhistas e fiscais inerentes ao cumprimento da lei.

A fim de coibir a prática ilegal de extração minerária, o Estado, Federal e/ou subnacional, deve investir na fiscalização in loco, além de considerar alterações que busquem dar mais transparência à cadeia de produção do minério e responsabilização das instituições financeiras (Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários - DTVM) pela compra de minérios provenientes de áreas irregulares.

1.3 Cadeias de valor e pressão sobre desmatamentos

O comércio com outras regiões do Brasil e com outros países gera riqueza e empregos, mas também desmatamento e emissões de GEE. Na visão clássica da economia, os efeitos colaterais do desenvolvimento, chamados de externalidades, podem ser precificados e incorporados ao sistema produtivo através de medidas pecuniárias, como cobranças de taxas ao agente causador do impacto ambiental (Pigou, 2017).

Porém, a cobrança é controversa e economicamente ineficiente. Diante da crise climática atual, o princípio do poluidor pagador é submetido ao princípio da precaução, em que cabe de antemão identificar externalidades para corrigi-las na esfera da produção e não da circulação pela mera cobrança de taxas (Baumol, 1988; Wibisana, 2006). Como bem argumenta Castalani (2013), o desmatamento na Amazônia tem sido tratado pela teoria econômica como um problema essencialmente de oferta, subestimando-se o papel da demanda na dinâmica produtiva. Conhecer as forças de demanda que impulsionam os desmatamentos é crucial à transição para a NEA.



Vista da área portuária de Manaus, Amazonas. Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.

Quadro 8 | Acoplamento da MIIP-AML e vetores de desmatamento e emissões

O valor adicionado e desmatamento incorporados aos fluxos de comércio são baseados na extração hipotética proposta por Los, Timmer e de Vries (2016) e adaptada ao contexto inter-regional por Haddad, Gonçalves Junior e Nascimento (2017). Essa abordagem mede a quantidade doméstica de valor adicionado e desmatamento incluída nas exportações de uma região, acoplando-se a matriz insumo-produto a vetores de desmatamento inicialmente atribuídos aos setores intensivos em terra (Mapbiomas, 2022b). Emissões são obtidas a partir dos grandes setores disponíveis no SEEG (2022). Nessa técnica, V é um vetor contendo a variável de interesse (valor adicionado ou desmatamento) e v o coeficiente calculado, como a razão entre a variável de interesse e o valor da produção regional e setorial. Define-se \tilde{v}_i como os coeficientes setoriais para a região i (v_i) e zero para as demais: $\tilde{v}_i = [v_i, 0, \dots, 0]$.

Para estimar a quantidade de valor adicionado ou desmatamento gerado pela produção doméstica atribuída às exportações (para o restante do Brasil e internacionais), considera-se a situação hipotética na qual a região s , nesse caso a região 1 , pare de exportar para a região r , mantendo o restante da sua estrutura econômica inalterada. Ou seja, os respectivos blocos A_{rs} e y_{rs} nas matrizes de coeficientes técnicos e demanda final, respectivamente, são definidos como zero:

$$A^* = \begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1n-1} & 0 \\ A_{21} & \dots & A_{2n-1} & A_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ A_{n1} & \dots & A_{nn-1} & A_{nn} \end{bmatrix}$$

$$Y^* = \begin{bmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n-1} & 0 & e_1 \\ y_{21} & \dots & y_{2n-1} & y_{2n} & e_2 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & \dots & y_{nn-1} & y_{nn} & e_n \end{bmatrix}$$

A variável de interesse (valor adicionado ou desmatamento) gerada pela produção doméstica na região 1 , incorporada aos fluxos de comércio com a região r , V_{1r} , é definida por:

$$V_{1r} = v_1 - \tilde{v}_1 \cdot (I - A^*)^{-1} \cdot Y^* \cdot i$$

Onde i é um vetor somatório.

A mesma estratégia pode ser usada para medir a produção doméstica induzida pelas exportações estrangeiras em cada região doméstica. Nesse caso, a demanda final hipotética (Y^{**}) é especificada como se não houvesse demanda por exportações (e):

$$Y^{**} = \begin{bmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n-1} & y_{1n} & 0 \\ y_{21} & \dots & y_{2n-1} & y_{2n} & e_2 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & \dots & y_{nn-1} & y_{nn} & e_n \end{bmatrix}$$

Para calcular $V_{1r,e}$, deve-se extrair apenas uma parte da matriz de demanda final, preservando a matriz original de coeficientes técnicos intermediários:

$$V_{1r,e} = V_1 - \tilde{v}_1 \cdot (I - A)^{-1} \cdot Y^{**} \cdot i$$

$V_{1r,e}$ é a variável de interesse (valor adicionado ou desmatamento) associada à produção doméstica induzida pelas exportações externas. Para regiões que operam principalmente em seguimentos a montante das cadeias de produção, como exportadores de recursos naturais, $V_{1r,e}$ tende a representar uma parcela importante do total regional.

O vetor v de desmatamento foi inicialmente calculado como toda área de vegetação natural que no nível do pixel (30m x 30m) permaneceu classificada como vegetação natural entre 2012 e 2014, mas reclassificada para uma mesma classe de uso agropecuário ou de mineração entre 2015 e 2017, utilizando-se a base do Mapbiomas coleção 6. Toda reclassificação de vegetação nativa para pastagem foi considerada desmatamento atribuído ao setor pecuário, assim como as reclassificações para soja, cana, arroz, laranja e café foram atribuídos a esses respectivos setores. As classes "outras culturas temporárias" e "outras culturas permanentes" foram atribuídas ao setor agricultura. Desmatamentos da mineração foram distribuídos proporcionalmente segundo o volume de produção (em peso de material bruto) para os setores metálicos ferrosos, não ferrosos e não metálicos. Para determinar a produção por peso de material bruto, tipo de minério e localização, foi feito um levantamento bibliográfico e estatístico. Ele se aplica ao vetor Emissões (E).

Cumprir destacar, em termos gerais, que as transações da AML, tanto com o restante do Brasil como com o comércio internacional, são concentradas em produtos intensivos em desmatamento, como denotados nas cadeias analisadas.

Em termos absolutos, de todo o desmatamento da AML em 2015, a demanda pela produção da região originada no restante do Brasil respondeu por 919 mil hectares (58%), enquanto a demanda internacional por 362 mil hectares (25%) e a demanda regional por outros 245 mil hectares (17%).

Os desmatamentos consideraram perda de vegetação florestal e não florestal, primárias e secundárias (Mapbiomas, 2022b).

Apesar de responder por desmatamento absoluto menor, a demanda internacional apresentou a maior intensidade-desmatamento das transações. Para cada R\$ 1 milhão exportado pela AML foram desmatados na própria AML 4,90 hectares em 2015, intensidade 45% superior às transações da AML com o restante do Brasil, que foi de 3,37 ha/R\$ milhão. A intensidade-desmatamento no comércio entre regiões da AML foi estimada em 3,40 ha/R\$ milhão. Ao considerar o VA incorporado às transações em vez do VBP, a intensidade-desmatamento das exportações internacionais foi estimado em 4,60 ha/R\$ milhão contra 4,90 ha/R\$ milhão para o restante do Brasil e somente 0,8 ha/R\$ milhão nas transações entre as regiões da AML.

A cadeia da pecuária tem peso fundamental nas emissões e desmatamentos. Pelo fato da pecuária ser responsável por mais de 93% dos desmatamentos na AML e mais de 85% da demanda pela pecuária postar-se no mercado doméstico, a intensidade-desmatamento e a intensidade-carbono nas transações dentro das regiões da AML e entre elas e o restante do Brasil são muito superiores aos efeitos da demanda internacional.

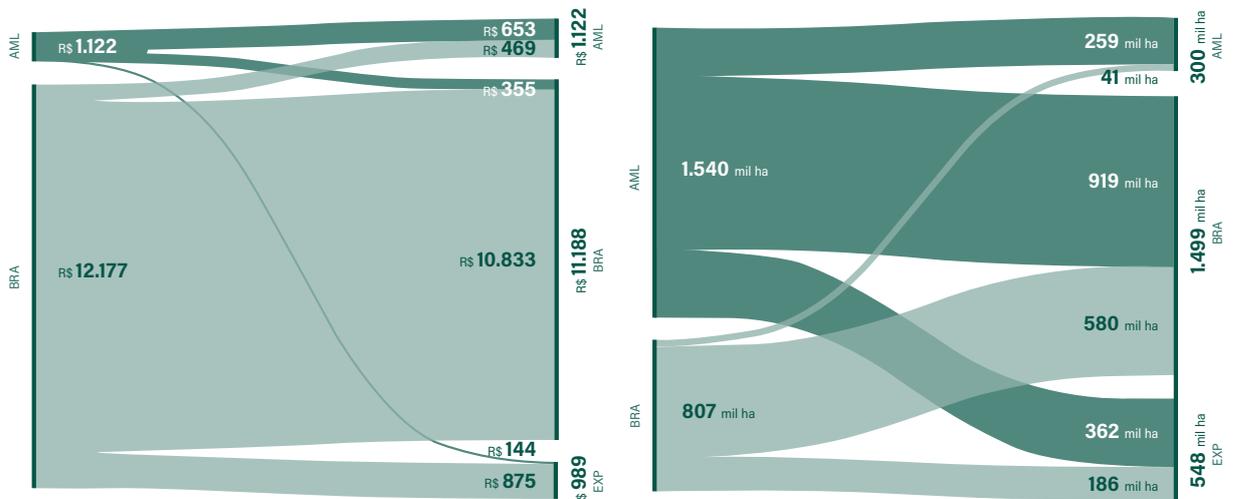
Nesse contexto, em decorrência dos encadeamentos setoriais da cadeia de valor, a MIIP-AML permitiu estimar que para cada R\$ 1 milhão adicional na demanda total pelos setores ligados à pecuária na AML, são gerados 58 hectares de desmatamento para formação de novas pastagens. Levando-se em conta os efeitos encadeados pela demanda no setor de carne bovina processada, há geração de outros 8 hectares desmatados como efeito indireto da pecuária e dos insumos por ela requeridos.

Já o impacto do setor grãos-algodão é bem menos pronunciado, uma vez que gera desmatamento de aproximadamente 2 hectares por cada R\$ 1 milhão adicionado à demanda final, nesse caso com participação importante do mercado internacional. Vale ressaltar que a MIIP-AML deste relatório utiliza o ano-base 2015, época em que a Moratória da Soja apresentava vigor e o desmatamento estava nos mais baixos níveis históricos. Nessa época, menos de 6% da expansão da soja ocorria em áreas desmatadas após o marco temporal de 2008. Atualmente, porém, com o enfraquecimento do acordo – aumento de 11 vezes da área em desacordo com o marco temporal (Abiove, 2022b) – o impacto setorial é presumivelmente muito maior (Gibbs et al., 2015). Análise dos dados do Mapbiomas sugere que o desmatamento já representa 10% da expansão líquida da sojicultura na Amazônia e até 45% nos Cerrados do Matopiba (Mapbiomas, 2019).

Já na mineração, há menos de 0,1 hectare de desmatamento por cada R\$ 1 milhão adicional, embora o impacto ambiental seja muito mais crítico em relação à exposição a poluentes e violência em terras indígenas.

Ao fim, considerando o agregado da economia da AML, com todos os 67 setores, esperando-se uma alta concentração de bens e serviços não transacionáveis (como administração pública e serviços de educação e saúde), a intensidade-desmatamento das transações comerciais da AML é de 3 hectares desmatados para cada R\$ 1 milhão transacionado, como ilustrado no Gráfico 6.

Gráfico 6 | Valor transacionado a preços básicos por origem da demanda (em bilhões de R\$) e desmatamento (em mil ha)

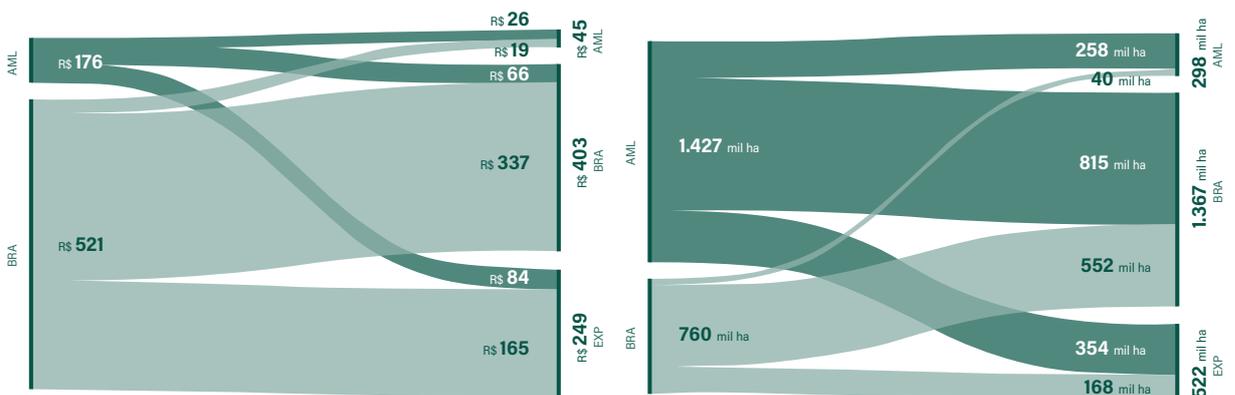


Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando apenas as grandes cadeias exploradas nesta seção (complexo grãos-algodão, pecuária e mineração), a intensidade salta para

15 hectares desmatados para cada R\$ 1 milhão transacionado, corroborando o alto índice, em especial nas cadeias de commodities.

Gráfico 7 | Valor transacionado a preços básicos por origem da demanda (em bilhões de R\$) e desmatamento (em mil ha) nas cadeias Complexo Grãos-Algodão, Pecuária e Mineração

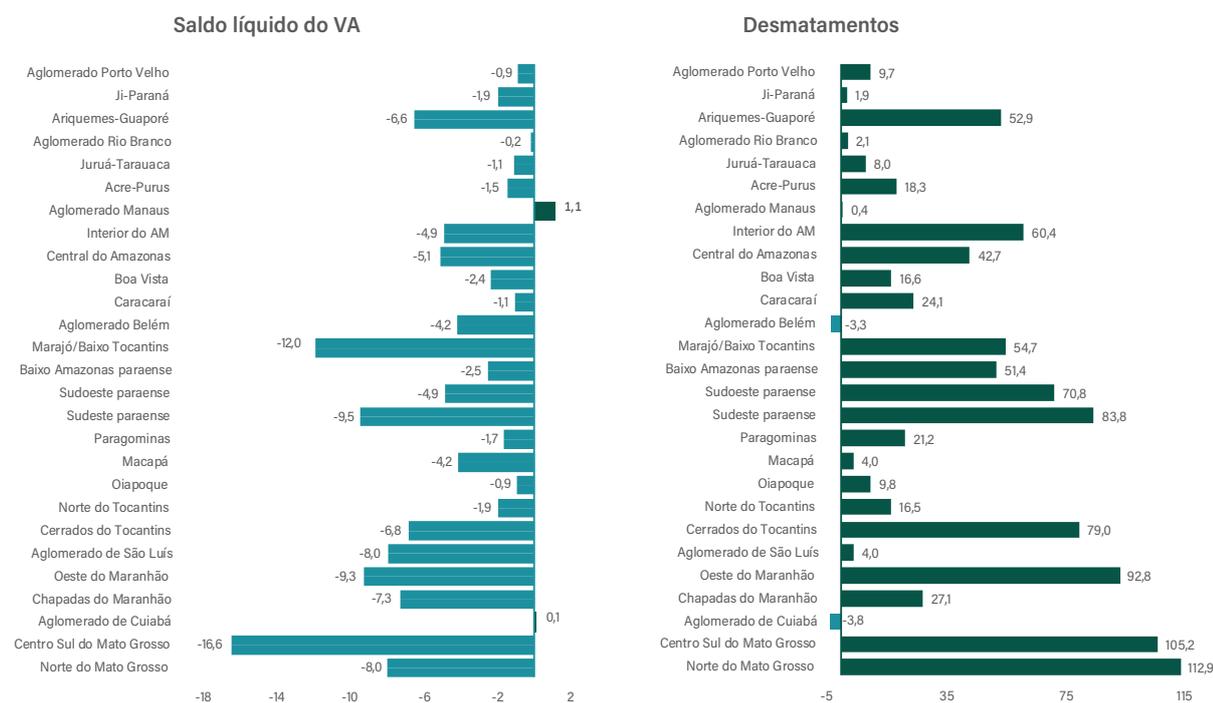


Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora a intensidade-desmatamento varie entre regiões e a pauta de transações comerciais seja diferente entre elas, o fenômeno que combina déficit nas transações em VA e superávit em

desmatamentos incorporados ao comércio é generalizado na AML e presente em praticamente todas as regiões, à exceção dos aglomerados urbanos de Manaus e Cuiabá. O Gráfico 8 ilustra o caso.

Gráfico 8 | Saldo líquido do VA (em bilhões de R\$) e desmatamentos (em ha por milhões de R\$ de VA) incorporados ao comércio da Amazônia Legal com restante do Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores.

De fato, os aglomerados urbanos têm dinâmicas características da economia fortemente pautada no setor terciário e, por isso mesmo, relativamente menos intensiva em desmatamentos. Os resultados da MIIP-AML dão conta de que, além disso, os maiores fluxos de comércio interno na AML ocorrem justamente entre esses aglomerados e suas regiões de entorno.

O maior fluxo ocorre entre o aglomerado de Manaus com sua vizinha região central do Amazonas, com fluxo de R\$ 6,5 bilhões em 2015 e R\$ 2,2 bilhões de VA incorporado às transações comerciais. Belém e a contígua região do Marajó-Baixo Tocantins, com cerca de R\$ 3,9 bilhões transacionados em 2015 e R\$ 2,6 bilhões de VA incorporados nas transações comerciais bilaterais formam o segundo maior fluxo de comércio regional, enquanto o aglomerado de Cuiabá e a região centro-sul do Mato Grosso trocaram entre si também R\$ 3,9 bilhões, com R\$ 2 bilhões em VA incorporado em 2015, o terceiro maior fluxo interno da Amazônia.

Como se verá com mais detalhes no Capítulo 3, as cidades, em especial os grandes centros urbanos, têm papel crucial no desenvolvimento da bioeconomia. Como polos consumidores dos produtos regionais, são também os grandes indutores

da indústria naval de pequeno porte, de toda sorte de inovações técnicas e criativas de maquinários utilizados na preparação das manufaturas locais, dos milhares de pontos de venda dos produtos baseados na biodiversidade. As grandes cidades são as principais mobilizadoras e realizadoras da economia de proximidade e circular, presumivelmente de maior robustez com seu próprio entorno.

A despeito, porém, da forte ligação existente entre os aglomerados e seus vizinhos, a MIIP-AML indicou um fenômeno menos comum na economia, mas não surpreendente para AML. Com exceção de Manaus, os aglomerados urbanos possuem estrutura produtiva pouco integrada ao restante da AML e mesmo com o restante do país, com fluxos de comércio inter-regional e nacional menos intensos que outras regiões da própria Amazônia, como o norte do Mato Grosso e o sudeste paraense.

Pelo método de extração hipotética, foi possível estimar que apesar dos seis aglomerados somarem 28% da população, 31% dos empregos e 37% do PIB da AML, seus impactos em muitos setores não superam os 10%, especialmente nos setores intensivos em desmatamento.

Quadro 9 | Identificação de setores, cadeias ou regiões por meio da extração hipotética

O método de extração hipotética consiste na exclusão dos fluxos de comércio de uma determinada região ou setor na estrutura de insumo-produto (Dietzenbacher, Linden e Steenge, 1993).

O objetivo do método é quantificar quanto a produção total de uma economia com n setores (ou m regiões) poderia ser alterada se um setor ou região, digamos que o j -ésimo setor, fosse removido dessa economia. A extração indica tanto as perdas diretas quanto as indiretas relativas à extração do setor ou região e é modelada em uma matriz de insumo-produto substituindo-se os fluxos de comércio por "zero" tanto a linha quanto a coluna da matriz A do respectivo setor ou região que será extraído do modelo, o que dá origem à matriz $\bar{A}_{(j)}$. O mesmo procedimento é realizado para o vetor de demanda final, gerando um novo vetor $\bar{f}_{(j)}$ para a demanda final reduzida (ou seja, sem o setor j). A produção na economia reduzida (ou seja, sem o setor j) será dada por $x_{(j)} = (I - \bar{A}_{(j)})^{-1} \bar{f}_{(j)}$.

No modelo completo, com a produção e o consumo de todos os n setores, a demanda total da economia é dada por: $x = (I - A)^{-1} f$.

Portanto, após realizar a extração, o impacto sobre a economia é mensurado por $T_j = i'x - i'\bar{x}_{(j)}$, onde i é um vetor somatório e T_j é a medida agregada de perda na economia – diminuição da produção total se o setor j "desaparecer". Em outras palavras, é uma medida da importância relativa do setor j ou dos leakages totais desse setor.

A análise de impacto mensura a perda de produção na qual no primeiro termo do lado direito da equação, $T_j - i'x$, não esteja incluído na produção original de x . Se x_j for omitido, temos que $(i'x - x_j) - i'x$ seria uma medida da importância do setor j para os demais setores da economia. Em ambos os casos, a normalização por meio da divisão dos resultados pela produção total, $i'x$, e a multiplicação por 100 produz representa uma estimativa de diminuição percentual na atividade econômica total da ordem de: $\bar{T}_j = 100[i'x - i'\bar{x}_{(j)}] / (i'x)$.

Para mais detalhes, ver Miller e Blair (2009).



Produção de farinha de mandioca por famílias associadas à Central das Associações Agroextrativistas do rio Manicoré, Amazonas. Foto: Nilmar Lage/Greenpeace.

Tabela 2 | Impactos econômicos dos aglomerados urbanos sobre a economia da AML

Setor	Descrição	Impactos nos próprios aglomerados				Impactos no restante da AML			
		Valor adicionado (milhões de R\$ 2020)	Impostos indiretos (Milhões R\$ 2020)	Postos de trabalho (mil)	Desmata-mento (ha)	Valor adicionado (milhões de R\$ 2020)	Impostos indiretos (Milhões R\$ 2020)	Postos de trabalho (mil)	Desmata-mento (ha)
1	Agricultura	311	-6	15	310	719	17	21	1.423
2	Pecuária	880	40	52	42.182	458	44	36	35.401
3	Florest Pesca	509	10	16	0	198	4	10	1
4	Extr Carv Min	189	18	2	0	77	6	1	0
5	Extr Petróleo	266	26	0	0	521	50	1	0
6	Ext Minério Ferr	12	1	0	0	52	3	0	3
7	Ext Min Met	42	8	0	17	135	22	0	64
8	Prod Carne	891	187	13	0	55	12	1	0
9	Ref Açúcar	0	0	0	0	1	0	0	0
10	Outros Alimentos	1.407	213	50	0	73	12	2	0
11	Bebidas	4.648	643	20	0	19	3	0	0
12	Fab Fumo	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Têxtil	30	6	3	0	5	1	0	0
14	Confecção	154	24	19	0	1	0	0	0
15	Couro e Calç	155	19	1	0	4	1	0	0
16	Pr Madeira	328	41	17	0	132	17	6	0
17	Papel Cel	265	39	4	0	5	1	0	0
18	Imp Repr Grav	557	53	8	0	6	1	0	0
19	Refino Ptr	1.864	1.872	1	0	0	0	0	0
20	Biocombust	22	3	0	0	44	6	0	0
21	Químicos	563	131	2	0	33	9	0	0
22	Defensivos	93	22	1	0	3	1	0	0
23	Prod Limp	164	37	4	0	1	0	0	0
24	Farmacêuticos	183	16	1	0	0	0	0	0
25	Borracha Plást	1.253	239	17	0	18	3	0	0
26	Minerais Ñ Met	733	90	19	0	203	25	5	0
27	Siderurgia	291	40	2	0	81	12	0	0
28	Metais Ñ Ferrosos	1.251	182	3	0	134	26	1	0
29	Prod Metal	1.996	231	19	0	56	6	1	0
30	Eq Infor Eletron	5.469	2.011	38	0	6	2	0	0
31	Máq Eq Elétr	736	148	12	0	0	0	0	0
32	Máq Eq Mecânico	1.590	245	8	0	3	0	0	0
33	Automóveis	7	3	0	0	0	0	0	0
34	Peças Automob	154	28	4	0	0	0	0	0
35	Equip Transp	3.478	683	24	0	39	8	0	0
36	Móveis	1.762	162	27	0	7	1	0	0
37	Manut Equip	436	51	20	0	25	3	1	0
38	Energia Gás	5.095	769	10	0	220	22	0	0
39	Água Esgoto	1.587	134	19	0	33	2	0	0
40	Construção	18.765	2.725	630	0	207	30	6	0
41	Comércio	26.598	1.520	678	0	1.144	68	28	0
42	Transp Terrest	7.147	863	198	0	227	33	4	0
43	Transp Aqua	1.856	316	13	0	23	4	0	0
44	Transp Aéreo	317	315	3	0	2	2	0	0
45	Armaz Correio	2.335	209	36	0	64	5	1	0
46	Alojamento	655	45	15	0	13	1	0	0
47	Alimentação	5.512	502	304	0	8	1	0	0
48	Edição Impressão	229	47	6	0	2	0	0	0
49	TV Rádio Cine	959	150	10	0	30	5	0	0
50	Telecom	1.386	224	6	0	19	3	0	0
51	Desenv Sistemas	1.549	123	17	0	8	1	0	0
52	Fin Seg Prev	5.542	364	27	0	177	11	1	0
53	Imobiliárias	28.891	380	15	0	53	1	0	0
54	Juríd Cont	2.749	155	46	0	270	15	4	0
55	Arq Eng P&D	1.485	75	26	0	32	2	0	0
56	At Prof Cient Tec	735	81	14	0	34	4	1	0
57	Aluguéis Ñ-Imob	1.081	58	15	0	43	2	1	0
58	Outras At Administ	5.201	322	193	0	16	1	1	0
59	Segurança	1.547	68	52	0	28	1	1	0
60	Adm Pública	23.798	422	230	0	114	2	1	0
61	Edu Pública	8.633	71	128	0	23	0	0	0
62	Edu Privada	2.855	194	110	0	7	0	0	0
63	Saúde Pública	2.103	47	39	0	0	0	0	0
64	Saúde Privada	4.280	394	115	0	2	0	0	0
65	Artes e Espet	536	35	39	0	4	0	0	0
66	Assoc Serv Pes	2.506	278	171	0	18	2	1	0
67	Serv Doméstico	2.561	0	306	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses resultados lançam luz sobre como os aglomerados urbanos têm limitada capacidade indutora da economia do restante da AML nos setores convencionais, seja porque, por um lado, concentram os setores de tecnologia e valor adicionado sem propagar seus benefícios para a região, seja também, por outro, porque pouco atuam como demandante dos produtos do restante da AML, caracterizados pela especialização em commodities de baixo valor agregado. A Tabela 2 apresenta os impactos estimados dos 6 aglomerados sobre a economia da AML, divididos entre impactos na economia dos próprios aglomerados (100%) e das demais regiões da AML (<10%, em média).

Os aglomerados urbanos têm também seus próprios desafios enquanto polos deficitários de bens e serviços básicos não transacionáveis que precisam ser urgentemente sanados na transição para a NEA. As grandes cidades amazônicas detêm os piores índices de desenvolvimento humano (IDH médio 0,61) e de renda per capita do Brasil (R\$ 23 mil) (Firjan, 2020). Os Índices de Vulnerabilidade Social das regiões metropolitanas da AML variam de baixo, em Cuiabá (MT), a alto, como em Manaus (AM), com

Índice de Progresso Social municipal 14% menor que o nacional (Santos et al., 2021). Em 2020, 10,8 milhões de pessoas na AML estavam abaixo da linha da pobreza (Neri, 2022), dos quais 2,2 milhões somente nas capitais. As cidades amazônicas figuram entre as mais violentas do país, com 21% dos 45 mil homicídios registrados em 2019 em todo o Brasil, e índices por morte de jovens ultrapassando em quatro vezes a média nacional (90 por cem mil habitantes em Belém e 80 em Manaus) (Ipea, 2019a).

Péssimas condições sanitárias são enfrentadas no dia a dia pela população. Menos de 15% dos residentes têm esgoto coletado e menos de 10%, acesso a esgoto tratado, o que implica despejo de poluentes da ordem de 19 bilhões de litros de esgoto por ano, poluindo muitas vezes a própria fonte de água e alimentos das populações, além de causar prejuízos à saúde por volta de R\$ 100 milhões anuais. Na maior bacia hidrográfica do mundo, 10,4 milhões de pessoas sofrem com déficit de água tratada (Instituto Trata Brasil, 2022).



Grandes centros urbanos da região, como Manaus (foto), têm papel crucial no desenvolvimento da bioeconomia. Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.

Tabela 3 | Principais indicadores estimados pela MIIP-AML para os aglomerados e demais regiões da Amazônia Legal

Região	Descrição	PIB 2015 (milhões de R\$)	Saldo líquido do VA incorporado ao comércio (milhões de R\$)	Multiplicador de produção	Estoque de carbono (Pg)	Saldo líquido do dematamento associado ao comércio (ha/ milhão de R\$)	Empregos (mil pessoas)	Negros e Indígenas (% empregos)
R01	Aglomerado de Porto Velho	14.370	-714	1,58	2,39	9,68	302	75,4
R02	Ji-Paraná	5.933	-1.498	1,66	0,26	1,92	141	67,3
R03	Ariquemes-Guaporé	16.261	-5.065	1,65	0,68	52,91	429	66,6
R04	Aglomerado de Rio Branco	8.258	-135	1,46	1,21	2,07	188	78,8
R05	Juruá-Tarauaca	2.458	-858	1,39	1,63	8,04	63	82,6
R06	Acre-Purus	2.907	-1.131	1,46	0,14	18,27	103	85,0
R07	Aglomerado de Manaus	67.346	871	1,72	5,77	0,40	1.171	79,1
R08	Interior do AM	6.375	-3.782	1,43	22,28	60,41	193	91,0
R09	Central do Amazonas	12.847	-3.929	1,45	0,20	42,66	377	91,7
R10	Boa Vista	8.726	-1.834	1,4	1,35	16,59	204	84,9
R11	Caracaraí	1.517	-815	1,39	2,18	24,05	35	86,8
R12	Aglomerado de Belém	38.233	-3.243	1,56	2,09	-3,31	981	80,1
R13	Marajó/Baixo Tocantins	29.945	-9.219	1,6	0,61	54,74	979	88,6
R14	Baixo Amazonas paraense	10.180	-1.962	1,54	3,19	51,40	345	88,5
R15	Sudoeste paraense	9.073	-3.767	1,53	5,88	70,83	349	81,5
R16	Sudeste paraense	38.164	-7.318	1,64	7,51	83,83	991	82,2
R17	Paragominas	5.305	-1.293	1,51	0,01	21,20	200	84,0
R18	Macapá	12.186	-3.199	1,37	1,85	3,96	279	80,8
R19	Oiapoque	1.675	-729	1,33	0,54	9,81	38	88,0
R20	Norte do Tocantins	7.799	-1.502	1,68	1,54	16,46	200	80,0
R21	Cerrados do Tocantins	21.131	-5.268	1,59	0,30	79,04	515	80,5
R22	Aglomerado de São Luís	29.405	-6.144	1,61	1,39	-4,02	824	77,7
R23	Oeste do Maranhão	25.554	-7.709	1,56	0,98	92,82	1.161	85,3
R24	Chapadas do Maranhão	14.062	-5.626	1,53	0,01	27,20	781	82,7
R25	Aglomerado de Cuiabá	27.495	109	1,71	3,92	-3,77	425	73,2
R26	Centro Sul do Mato Grosso	56.752	-12.751	1,94	6,30	105,16	900	67,4
R27	Norte do Mato Grosso	23.171	-6.185	1,82	0,03	112,93	384	60,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os investimentos em saneamento necessários para universalização de água e esgoto na AML são de cerca de R\$ 33 bilhões para aplicação nos próximos 20 anos (Instituto Trata Brasil, 2022) ou R\$ 1,7 bilhão por ano, equivalente a menos de 0,3% do PIB da região, porém, tais investimentos têm sido 25 vezes menores. Caso extremo é o de Porto Velho, que investiu em saneamento menos de 0,1% do PIB, ou R\$ 4,5 por habitante em 2020, com média de investimentos das últimas duas décadas em torno de 52 vezes menor que o necessário.

Mesmo com tantos problemas tipicamente urbanos a serem resolvidos e ainda com potencial limitado por essas necessidades iminentes, os aglomerados têm papel importante a desempenhar numa nova economia, na medida em que são centros de excelência de conhecimento científico e tradicional exclusivo da Amazônia, temas que serão objetos de análise detalhada em capítulos posteriores deste relatório. As cidades são fundamentais como grandes polos de produção, consumo e inovação baseados nos produtos locais, ainda altamente informalizados.

Soluções baseadas na natureza como infraestrutura natural – conservação, manejo e restauração de ecossistemas – poderiam amenizar enchentes e desconforto térmico aos quais os pobres estão mais expostos, além de promover a economia de proximidade com cinturões de produtos da biodiversidade tão arraigados às culturas amazônicas. Também nas transações de produtos convencionais o papel dos aglomerados pode ser decisivo.

Embora exerçam baixíssima capacidade de dinamizar a AML na sua totalidade, sem dúvida os aglomerados mobilizam suas áreas contíguas. Resultados da MIIP-AML permitem avaliar, por exemplo, que 29% do VBP transacionado entre Cuiabá e sua região próxima do centro-sul do Mato Grosso corresponde à cadeia da carne e laticínios (agropecuária, semimanufaturados e manufaturados da pecuária bovina), o mesmo observado entre o aglomerado de Porto Velho e sua contígua Ariquemes-Guaporé, com a mesma cadeia representando 16% das transações.

Isso abre nova perspectiva de entendimento do quanto políticas públicas estaduais são cruciais no fomento da rastreabilidade sanitária, fiscal e ambiental a fim de garantir produtos seguros, de qualidade e legalizados para a própria população local, garantias essas que escapam das barreiras fiscalizatórias interestaduais e mesmo para o comércio exterior.

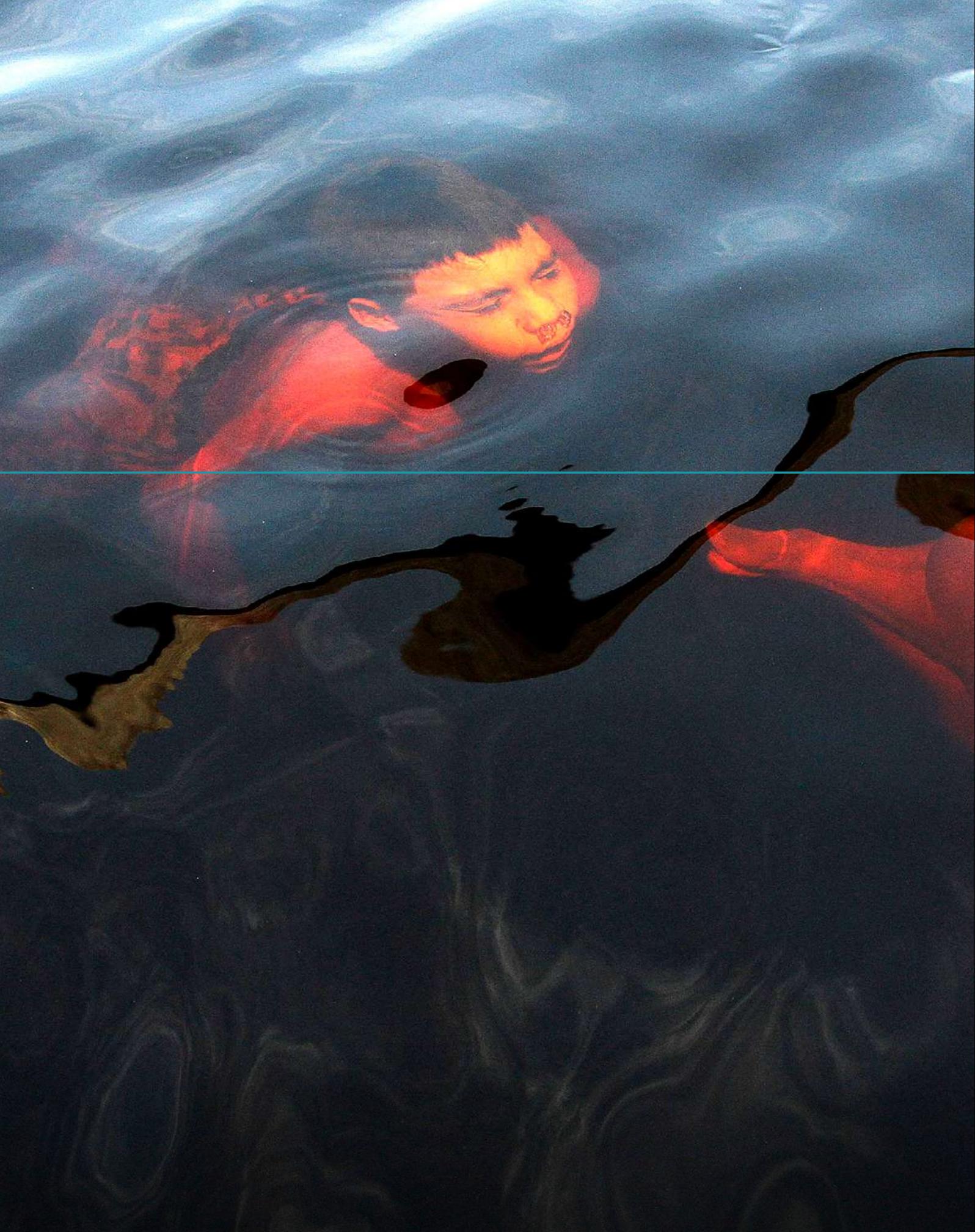
1.4 Conclusões

A transição para a NEA exige que os parâmetros convencionais de desempenho setorial e regional sejam avaliados à luz de indicadores capazes de capturar intensidade de carbono, desmatamento e inclusão na formação de valor e geração de oportunidades. Instrumentos como a MIIP-AML, com a segmentação proposta, oferecem uma alternativa tecnicamente robusta e sensível à heterogeneidade da AML e, quando acoplados a vetores indicadores de desmatamento e emissões, permitem evidenciar a intensidade-carbono e a intensidade-desmatamento das transações econômicas.

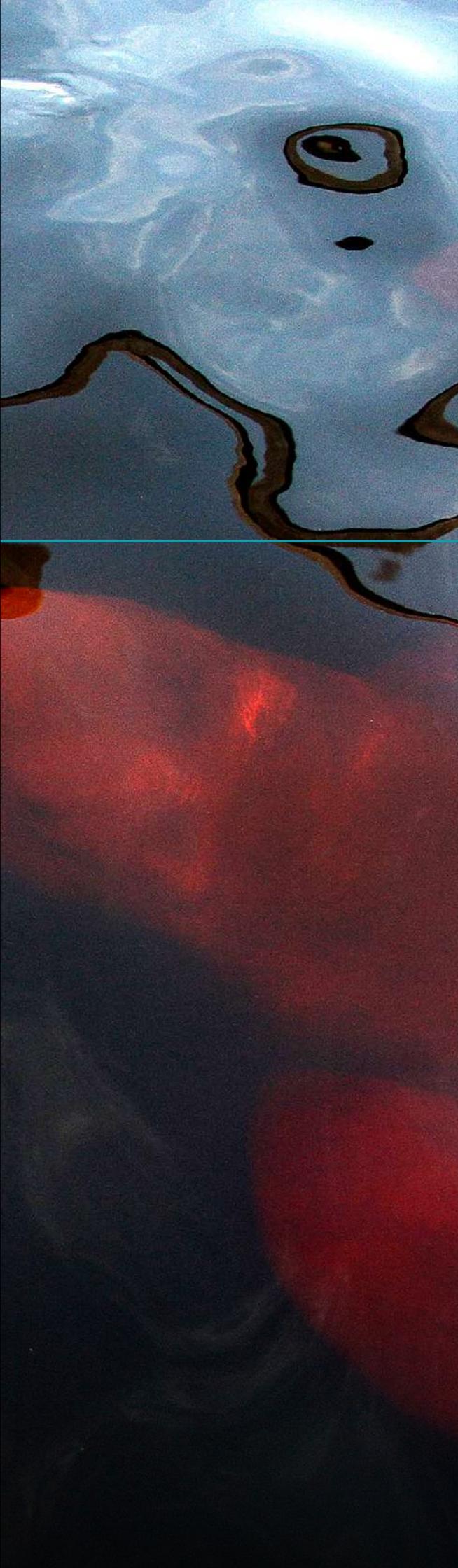
Os resultados evidenciam que as principais cadeias na AML têm diferentes intensidade-carbono e intensidade-desmatamento e, também, que a origem das demandas ora advém do restante do Brasil, como no caso da pecuária, ora da demanda externa, como no complexo grãos-algodão e na mineração. Isso sugere que esforços de rastreabilidade fiscal, sanitária e ambiental das cadeias, assim como a indução de descarbonização, exigem medidas específicas para que se tornem efetivas.

A adoção de segmentação dos produtos extrativistas florestais, como proposto na MIIP-AML, é imprescindível para o planejamento da transição na medida em que permite identificar e mensurar atividades concorrentes, como extração exaustiva e não exaustiva. Isso é fundamental para impulsionar a economia da floresta em pé em detrimento da economia do desmatamento.

A despeito do avanço que a segmentação alcança, ela é insuficiente para capturar toda a bioeconomia desenvolvida na AML. A combinação de análises clássicas como a MIIP e com alternativas igualmente robustas como a MIIP-Alfa (discutida mais à frente) abre caminho para interpretar a complexidade da economia da AML e melhor planejar a transição econômica. O papel dos aglomerados urbanos ilustra essa necessidade. Enquanto a MIIP revela que tais aglomerados têm pouca capacidade de dinamizar as demais regiões da AML – um dos achados mais importantes deste capítulo –, eles são, por outro lado, os grandes mobilizadores da bioeconomia, como será explorado no Capítulo 3.



Criança nadando ao lado de boto no rio Negro, Amazonas.
Foto: Raimundo Pacco.



CAPÍTULO 2

Economia da Amazônia em 2050: JANELA PARA **O FUTURO** O ENTUNDO

Geração inclusiva de riqueza e conservação e expansão de ativos ambientais é a chave para a NEA. O desenvolvimento da região não pode prescindir da garantia dos direitos dos povos originários e tradicionais, da conservação da biodiversidade, da preservação dos grandes maciços florestais, da recuperação de áreas degradadas, da provisão de serviços básicos de saneamento e da valorização dos serviços ecossistêmicos essenciais ao progresso material. A sustentação de uma economia que faça da restrição das emissões sua vantagem comparativa dependerá da capacidade de competir com o modelo atual naquilo que lhe é mais caro e que tem justificado, equivocadamente, o desmatamento até agora: crescimento do PIB e geração de empregos.

A fim de estimar o desempenho da economia da AML sob condições de restrição de emissões de GEE e lançar luz sobre como alçar à transição para NEA, foram elaborados e comparados cenários que combinassem diferentes restrições de emissões e desmatamentos, e respectivas tecnologias de produção, permitindo dimensionar o impacto de cada um deles no PIB e no emprego, além de evidenciar as interações macroeconômicas sistêmicas e fluxos energético, financeiro, de uso do solo e emissões.

A fim de avaliar como poderia ser a economia da AML em 2050, cenários foram projetados para retornar indicadores econômicos, de emprego, desmatamento e emissões esperadas ao longo de 30 anos, com ano-base 2020, e para o ano específico de 2050. A combinação das restrições de emissões e desmatamentos permitiu a elaboração de quatro cenários:

1. Cenário Referencial (REF) – as emissões decorrentes da atividade econômica não sofrem limitações *a priori*, e o desmatamento não é controlado, o que permite livre alocação das terras para atividades agropecuárias, conforme requisitadas diretamente pelo setor primário ou indiretamente pelos demais setores. As tecnologias e a matriz energética na produção da economia seguem tendências atuais (últimos 10 anos).

2. Cenário de Sustentação Tecnológica (STE)

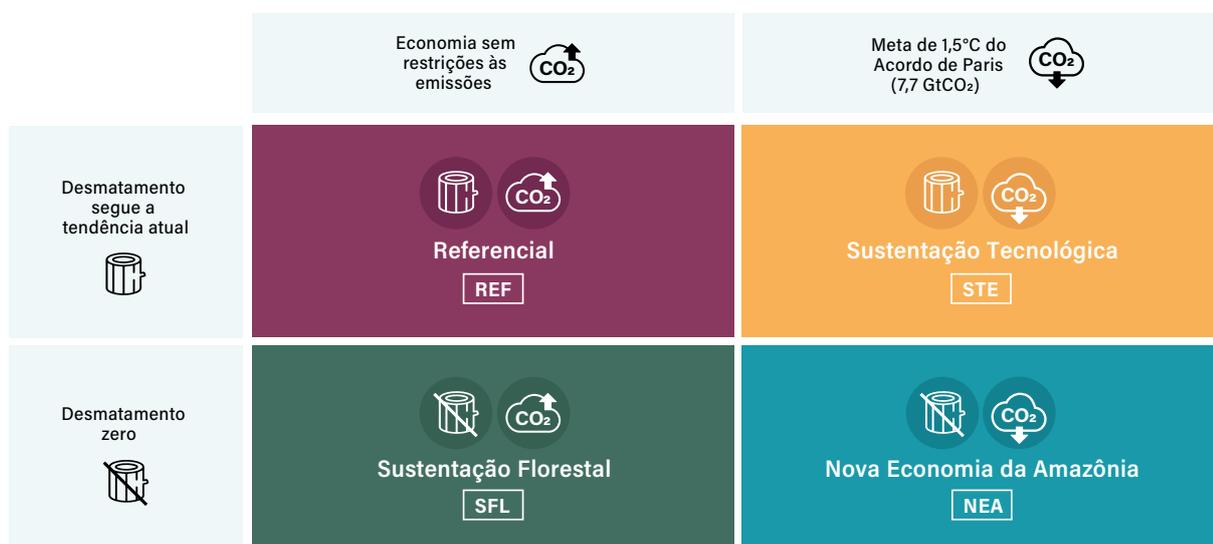
– as emissões líquidas decorrentes da atividade econômica não podem terminar o ano de 2050 com saldo superior a 7,7 GtCO₂, em linha com a necessidade de frear o aquecimento global a 1,5 °C, seguindo o cenário SSP1-1.9 do IPCC. Apesar dessa restrição, desmatamentos não são controlados, permitindo livre alocação das terras como no cenário Referencial. As tecnologias e a matriz energética na produção da economia sofrem ganhos marginais de eficiência. São incorporadas variações de uso de insumos energéticos em linha com os pressupostos de uma nova infraestrutura que incorpore novas oportunidades para geração, armazenamento e uso de energia na região.

3. Cenário de Sustentação Florestal (SFL) – oposto ao anterior, neste cenário, as emissões decorrentes da atividade econômica não sofrem limitações *a priori*, mas o desmatamento é zerado logo no primeiro quinquênio, induzindo alocação somente de terras já desmatadas, conforme requisitadas diretamente pelo setor primário ou indiretamente pelos demais setores. As tecnologias e a matriz energética na produção da economia seguem tendências atuais como no cenário Referencial, mas podem requisitar mix de tecnologias diferentes em resposta à restrição imposta pelo desmatamento zero.

4. Cenário da Nova Economia da Amazônia (NEA)

– neste cenário, perseguem-se as metas de emissões líquidas de 7,7 GtCO₂ em 2050 (cenário SSP1-1.9 do IPCC), ao mesmo tempo em que o desmatamento é zerado logo no primeiro quinquênio, induzindo alocação somente de terras já desmatadas. As tecnologias e matriz energética na produção da economia sofrem ganhos marginais de eficiência e priorizam expansão da bioeconomia. São incorporadas variações de uso de insumos energéticos em linha com os pressupostos de uma nova infraestrutura que incorpore novas oportunidades para geração, armazenamento e uso de energia na região. Há expansão dos setores de extrativismo vegetal não exaustivo e sistemas agroflorestais, conforme resultados da MIP-Alfa detalhadamente descrita no Capítulo 3, para produção de açaí fruto e palmito, babaçu coco e óleo, cacau, castanha-do-pará, cupuaçu, borracha, urucum, buriti, copaíba, andiroba, pupunha e mel. Ver apêndice para detalhes.

Figura 3 | Cenários projetados



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 10 | Inclusão do “Fator Terra” nos modelos utilizados

A “terra” é um dos fatores primários do modelo RÉGIA-NEA, mas diferentemente do capital e do trabalho não têm mobilidade inter-regional. A terra é dividida em quatro classes e imputada aos setores econômicos: agricultura (14 classes), pastagem (5 classes), floresta plantada (2 classes) e vegetação nativa (2 classes). A conversão de terra é guiada por dois níveis de substituição. No primeiro, cada classe é alocada aos diferentes setores de acordo com o uso especificamente atribuído pela classificação por satélite (exemplo: soja) ou por diferencial de remuneração entre outros usos não definidos pelo primeiro. A demanda por terra responde às mudanças na remuneração para cada setor. Pressupõe-se que a variação da demanda por terra é igual à variação da oferta de terra. No segundo nível, tem-se a oferta de terra segundo os diferentes usos, que representa o ajuste dinâmico no mercado de terra. Essa estrutura vai permitir que o fator terra se mova entre as diferentes categorias e entre o ano t e o ano $t + 1$, controlado por meio de uma matriz de mobilidade da terra entre usos.

No REGIA-NEA, a matriz de transição foi construída baseada na metodologia de Ferreira Filho e Horridge (Ferreira Filho e Mark, 2014). A oferta de terra em cada categoria para cada região aumenta de acordo com a taxa anual de crescimento percentual de cada uso dado pela matriz de transição:

$$N_{k,t+1} = 100 * \Delta N_{k,(t+1,t)} / N_{k,t}$$

Além dessa taxa de crescimento anual, para ajustar a matriz de transição para o próximo período, o estoque corrente de terra em t é distribuído para o próximo ano $t + 1$, respondendo às variações da remuneração da terra. As matrizes de transição são expressas na forma de probabilidades de um determinado uso da terra ser convertido em outro no ano seguinte, modeladas como uma função da variação da rentabilidade de cada uso:

$$S_{pkr} = \mu_{pr} \cdot L_{pkr} \cdot P_{kr}^{bind} \cdot M_{kr}$$

Ou alternativamente:

$$S_{pkr} = L_{pkr} \cdot P_{kr}^{bind} \cdot M_{kr} / \sum_k L_{pkr} \cdot P_{kr}^{bind} \cdot M_{kr}$$

em que o subscrito r denota região. S_{pkr} é a participação da terra do tipo p que se transforma em k na região r .

μ_{pr} é uma variável de ajuste para assegurar que $\sum_k S_{pkr} = 1$.

L_{pkr} é uma constante de calibração que representa o valor inicial de S_{pkr} (dado pela matriz de transição).

P_{kr}^{bind} é a remuneração unitária média do tipo de terra k .

$bind$ é um parâmetro de sensibilidade que mede a resposta da oferta de terra em relação às variações da remuneração.

M_{kr} é uma variável de deslocamento de valor inicial igual a 1.

Retirando o subscrito r , tem-se:

$$S_{pk} = \mu_p \cdot L_{pk} \cdot P_k^{bind} \cdot M_k$$

Em que S_{pk} é a participação do tipo de terra p que se transforma em k . Seja $N_{k,t}$ a área de terra do tipo k no ano t . Então, a área de terra do tipo k no ano $t + 1$ será:

$$N_{k,t+1} = \sum_k S_{pk} N_{kt}$$

Para modelar a taxa de conversão de florestas naturais, foi necessário considerar uma remuneração fictícia, no caso, o Índice de Preços ao Usuário Final. Desse modo, a matriz de transição é ajustada anualmente, assim como a oferta de terra.

Quadro 11 | Orçamento de carbono do Brasil: limite de emissões até 2050

O orçamento de carbono (*carbon budget*) representa a quantia de CO₂ que o mundo ainda pode emitir se quiser ficar abaixo de uma dada temperatura. O cálculo de orçamento de carbono é complexo e utiliza uma série de modelos que relaciona a emissão de GEE ao aumento de temperatura da Terra. Devido a essa grande complexidade, o IPCC utiliza alguns valores para o orçamento de carbono e os associa a diferentes níveis de incerteza. Dentre os valores mais comuns estão aqueles entre 50% e 66% de probabilidade de o mundo ficar abaixo de 1,5 °C, que resultam em orçamentos de carbono, entre 2020 e 2100, iguais a 500 bilhões e 400 bilhões de toneladas de carbono (GtCO₂), respectivamente.

A partir desse orçamento, diversos modelos globais de avaliação integrada desenvolvem cenários de longo prazo que utilizam o orçamento de carbono como sua

principal restrição, ou seja, garantindo que todos os resultados estejam emitindo menos do que aquele valor, e observam o que o mundo precisa fazer para se manter dentro desse orçamento, portanto, limitado ao aumento de temperatura referido (1,5 °C). A partir dos resultados desses modelos globais, é possível entender qual seria a parcela do orçamento de carbono global que poderia ser emitida pelo Brasil, chegando ao orçamento de carbono nacional. Nos modelos utilizados pela NEA estimou-se que as emissões líquidas do Brasil no período de 2010 a 2065 não pode ultrapassar -1,3GtCO₂ para cumprir com o compromisso de tentar frear o aquecimento a 1,50C. Nessa trajetória, as emissões líquidas brasileiras em 2050 não devem ultrapassar 7,7 GtCO₂, e 1,4 GtCO₂ na AML, sendo essas emissões utilizadas como parâmetros para os cenários deste estudo.

Para mais informações sobre *carbon budget*, ver Rogelj (2021).

As estimativas dos cenários foram feitas em quatro blocos, expressos em sentido horário na Figura 4. Primeiro, foram computados os fluxos comerciais e financeiros e as tendências globais de longo prazo na intensidade energética, uso da terra, crescimento da economia, alocação de fatores e emissões, garantindo consistência com as metas climáticas e tendências econômicas globais, estimando a participação esperada do Brasil nesses fluxos e estoques até 2050 e usando o modelo de Equilíbrio Geral TEA (Cunha, 2019; Cunha, Garrafa e Gurgel, 2020) e o modelo de Otimização Dinâmica COFFEE (Rochedo, 2016; IAMC, 2023).

Em seguida, os resultados para o Brasil foram mais bem detalhados, desagregados em regiões e reagrupados para a AML, utilizando-se o modelo de BLUES (Rochedo et al., 2018; Koberle, 2018). No terceiro bloco, foram estimados os serviços ecossistêmicos de armazenamento de carbono, disponibilidade hídrica (escoamento superficial) e retenção de sedimentos e nutrientes no solo com uso do modelo InVest (Natural Capital Project 2021), bem como produção

potencial da bioeconomia, segundo método de Insumo-Produto das contas Alfa (MIP-Alfa).

No último bloco, essas informações foram usadas como dados de entrada para o modelo GEM Regional REGIA-NEA, juntamente com os demais parâmetros macroeconômicos e regionais, como coeficientes técnicos e multiplicadores setoriais obtidos na MIIP-AML. O acoplamento dos modelos, com interações e iterações é ilustrado na Figura 4.

As condicionantes fundamentais, como ganhos de produtividade dos fatores capital e trabalho, dinâmica prevista dos mercados externos, crescimento populacional e crescimento da oferta de trabalho, foram consideradas constantes e idênticas em todos os cenários. Condicionantes e atributos específicos variaram conforme os cenários, tais como:

1. Áreas de ocupação de agricultura, pastagens e florestas (BLUES-REGIA NEA);
2. Expansão adicional de produtos da bioeconomia (Insumo-Produto Contas Alfa);

Esse resultado evidencia que nenhuma combinação de pacotes tecnológicos e energéticos dos demais setores da economia seria capaz de neutralizar as emissões advindas do desmatamento requisitado pela expansão agropecuária sob livre expansão de incorporação de novas áreas.

Mesmo considerando tecnologias promissoras ainda não implementadas – para as quais já se têm estimados coeficientes técnicos e eficiência econômica utilizadas nos modelos –, o Brasil não conseguiria cumprir suas metas climáticas nem contribuir para a frenagem do aquecimento global a 1,5 °C se os desmatamentos persistirem na magnitude atual.

Para os cenários viáveis, os principais parâmetros resultantes das etapas intermediárias e que serviram de dados de entrada para as projeções finais são indicados nas Tabelas de 4 a 8.

Tabela 4 | Estrutura produtiva da AML no nível dos grandes setores (participação relativa no PIB %) no ano-base 2020, e projetadas para 2050 segundo os cenários REF, SFL e NEA

Setores - grandes agregados										
UF	Cenário	Agricultura	Pecuária	Bioeconomia*	Indústria Extrativa	Indústria de Alimentos	Indústria de Transformação	Eletricidade, Gás e Saneamento	Adm. Pública e serviços	Demais serviços
AC	2020	2,1	4,1	0,4	0,0	5,4	1,8	7,4	13,0	65,7
	REF	1,9	4,2	0,4	0,0	5,9	2,1	7,1	12,5	65,9
	SFL	2,4	4,3	0,4	0,0	5,8	2,1	7,0	12,4	65,7
	NEA	2,2	4,8	0,3	0,0	5,8	2,0	7,1	12,4	65,4
AM	2020	1,0	1,6	1,3	2,5	3,4	31,2	3,5	7,1	48,3
	REF	1,1	1,4	1,4	2,4	3,4	31,5	3,3	6,8	48,7
	SFL	1,1	1,4	1,4	2,4	3,4	31,5	3,3	6,8	48,7
	NEA	1,0	1,3	1,4	2,4	3,4	31,1	3,6	6,8	49,0
AP	2020	0,8	4,7	1,1	2,8	1,0	1,4	11,8	7,8	68,8
	REF	0,8	4,5	1,1	2,9	1,0	1,5	11,3	7,6	0,0
	SFL	0,8	4,4	1,1	2,9	1,0	1,5	11,3	7,6	69,3
	NEA	0,8	4,2	1,3	2,9	1,0	1,5	11,5	7,6	69,2
MA	2020	3,7	3,3	0,6	0,2	3,8	8,3	4,4	8,5	67,2
	REF	4,4	3,5	0,6	0,2	3,7	8,8	4,2	8,1	66,5
	SFL	4,0	3,3	0,6	0,2	3,7	8,8	4,3	8,2	66,8
	NEA	4,1	3,3	0,6	0,2	3,7	8,6	4,5	8,2	66,8
MT	2020	23,8	5,2	0,4	0,4	18,5	5,3	2,5	5,5	38,5
	REF	24,2	5,2	0,3	0,4	18,5	5,5	2,3	5,2	38,3
	SFL	24,3	5,2	0,3	0,4	18,5	5,5	2,3	5,2	38,3
	NEA	25,1	5,3	0,3	0,4	17,9	5,3	2,5	5,2	38,0
PA	2020	2,0	3,6	2,7	9,4	8,7	7,2	3,4	8,7	54,4
	REF	2,1	3,8	2,8	8,8	9,1	7,5	3,3	8,3	54,3
	SFL	2,2	3,6	2,8	8,8	9,1	7,5	3,3	8,3	54,3
	NEA	2,0	3,1	4,9	8,6	8,7	7,2	3,4	8,2	53,8
RO	2020	2,5	6,8	0,3	0,4	20,1	3,6	8,1	7,2	51,0
	REF	2,4	7,2	0,2	0,4	21,2	3,8	7,5	6,8	50,5
	SFL	2,6	6,9	0,2	0,4	21,1	3,8	7,5	6,9	50,6
	NEA	2,4	9,3	0,3	0,3	19,8	3,4	7,7	6,8	50,0
RR	2020	2,4	4,9	0,6	0,0	1,8	1,6	13,9	10,6	64,1
	REF	2,5	5,1	0,6	0,0	2,0	1,8	13,3	10,3	64,4
	SFL	2,6	5,0	0,6	0,0	2,0	1,8	13,3	10,3	64,4
	NEA	2,5	4,8	0,6	0,0	2,0	1,8	13,5	10,3	64,5
TO	2020	8,8	5,5	0,2	0,7	11,4	4,0	4,1	9,3	56,0
	REF	9,0	6,3	0,1	0,7	11,8	4,5	3,8	8,8	55,0
	SFL	9,2	5,8	0,1	0,7	11,8	4,6	3,8	8,9	55,2
	NEA	8,8	6,3	0,1	0,7	11,5	4,4	4,0	8,9	55,3

Fonte: Elaborado pelos autores.

* Bioeconomia apenas no setor primário. Considerando indústria de alimentos, de transformação e demais serviços, a participação da bioeconomia varia de 1,1% a 7,9% do PIB.

Tabela 5 | Variações quinquenais (%) estimadas na produtividade da terra e no uso de fertilizantes em relação ao ano-base 2020, segundo os cenários REF, SFL e NEA

UF	REF		SFL		NEA	
	Terra	Uso de fertilizantes	Terra	Uso de fertilizantes	Terra	Uso de fertilizantes
Acre (AC)	-3,78	-14,66	-4,29	-0,91	0,14	0,08
Amapá (AP)	-1,24	-1,62	-1,33	-0,33	4,21	1,59
Amazonas (AM)	-4,06	-2,58	-1,79	-0,40	0,42	0,24
Maranhão (MA)	-2,22	-1,82	-3,05	-0,55	0,67	0,08
Mato Grosso (MT)	-5,33	-4,63	-2,54	-0,73	0,43	0,08
Pará (PA)	0,66	7,44	-1,06	-0,39	1,47	0,73
Rondônia (RO)	-3,32	-1,70	-1,63	-0,31	0,65	0,26
Roraima (RR)	-4,48	-1,91	-1,56	-0,40	1,25	0,88
Tocantins (TO)	-0,07	-0,54	0,02	-0,03	1,58	2,38

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do modelo da NCE.

Tabela 6 | Variações quinquenais (%) no coeficiente de uso de energia na produção em relação ao ano-base 2020, segundo o cenário NEA

UF	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AC	0,53	1,24	2,39	3,71	6,42	11,66
AP	0,03	0,08	0,15	0,3	0,44	1,13
AM	0,23	1,02	2,63	6,9	12,57	31,2
MA	0,02	0,19	0,6	1,57	3,35	5,83
MT	-0,01	0,13	1,22	2,66	4,54	6,92
PA	-0,02	0,29	1,04	2,9	5,85	13,38
RO	0,09	1,25	3,26	9,36	16,39	39,11
RR	0,21	0,39	0,71	0,95	1,25	3,08
TO	-0,01	0,1	0,83	1,77	2,98	4,54

Nota: Mudanças não aplicáveis aos demais cenários.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7 | Variações anuais (%) na produção e produtividade dos fatores na agricultura entre 2020 e 2050 no cenário NEA

UF	Variação anual da produção (%)	Variação anual da produtividade (%)		
		Terra	Capital	Trabalho
AC	3,6	3,9	3,3	2,7
AP	2,5	2,8	2,1	1,9
AM	2,6	3,0	2,3	1,7
MA	2,8	3,1	2,4	2,0
MT	2,7	2,6	2,4	1,7
PA	2,8	2,6	2,3	1,6
RO	2,4	2,8	2,0	1,7
RR	2,5	2,9	2,1	1,6
TO	2,5	2,9	2,0	1,4
AML	2,7	3,0	2,3	1,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 8 | Área ocupada (em Mha) pelas principais classes de uso e cobertura do solo, em quinquênios, nos cenários REF, SFL e NEA

Cenário	Mha	Vegetação nativa	Agricultura	Florestas plantadas	Pastagens degradadas	Pastagens não degradadas	Sistemas integrados	Sistemas agroflorestais
REF	2020	410	18	1	42	25	1	0
	2025	403	19	0	48	27	1	0
	2030	394	20	0	52	30	1	0
	2035	384	22	0	57	34	1	0
	2040	374	22	0	61	38	1	0
	2045	363	23	0	66	43	1	0
	2050	353	25	0	71	47	1	0
SFL	2020	410	18	1	42	25	1	0
	2025	409	19	0	40	27	2	0
	2030	409	21	0	35	30	2	0
	2035	409	23	0	32	31	2	0
	2040	409	24	0	27	34	2	0
	2045	409	26	0	24	35	2	0
	2050	409	28	0	21	37	2	0
NEA	2020	410	18	1	42	25	1	0
	2025	409	18	1	42	25	2	1
	2030	410	18	1	38	28	2	1
	2035	413	17	1	33	30	2	1
	2040	418	17	1	25	32	2	1
	2045	426	16	1	16	33	3	2
	2050	434	16	1	7	34	3	2

Nota: A mesma classe pode apresentar composição e produtividade distintas entre os cenários em função das diferentes funções de produção e pacotes tecnológicos específicos. Soma pode apresentar pequenas diferenças em função de arredondamentos.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.1 Previsões dos agregados econômicos

Se o cenário de Sustentação Tecnológica (STE) não retornou resultados viáveis, o cenário de Sustentação Florestal (SFL) indicou que zerar desmatamentos na AML sem combater desmatamentos nas outras regiões, e sem descarbonizar a matriz energética, seria também insuficiente para atingir as metas climáticas, gerando emissões líquidas de 21,1 GtCO₂ até 2050, quase o triplo do orçamento de carbono para o Brasil.

Comparando-se os cenários Referencial (REF) e Nova Economia da Amazônia (NEA), o PIB da AML em 2050 foi estimado em R\$ 1,301 trilhão no REF, R\$ 1,340 trilhão no NEA. Ao longo de 30 anos o PIB adicional acumulado no NEA seria R\$ 731 bilhões superior ao do REF.

Tais resultados denotam que o desmatamento não apenas é dispensável para o crescimento da economia da AML, como sua persistência reduz o potencial de eficiência do uso dos fatores e, portanto, a produtividade, resultando em crescimento econômico inferior a qualquer outro cenário sem desmatamento.

Outro ponto importante é que as diferenças nas transações econômicas entre os cenários têm impacto residual na economia do restante do Brasil. Isso permite avaliar que, embora o principal indutor de desmatamentos da AML seja as demandas dos mercados fora da Amazônia – através da importação de commodities de baixo valor agregado, mas intensivas em carbono –, a eliminação dos desmatamentos não afetaria o desempenho da economia brasileira, substituindo processos intensivos em desmatamento por poupadores de carbono. As Tabelas 7 a 9 indicam os PIBs quinquenais por estado nos diferentes cenários.

Nos modelos utilizados, o investimento não é determinado previamente, mas resulta das soluções de otimização da própria alocação dos

Tabela 9 | PIB quinzenal na AML e no Brasil estimados nos cenários REF e NEA (em bilhões de R\$)

REF	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AC	18,18	20,30	22,50	24,68	27,15	29,94
AP	20,27	22,57	25,00	27,45	30,26	33,46
AM	122,00	137,05	153,06	168,99	186,88	206,39
MA	112,50	126,81	142,13	157,63	175,17	192,84
MT	163,05	185,56	209,61	233,72	260,49	289,82
PA	205,74	230,82	257,57	284,31	314,33	347,64
RO	54,12	61,14	68,59	75,98	84,23	93,34
RR	16,74	18,66	20,71	22,77	25,13	27,82
TO	45,78	51,86	58,35	64,83	72,11	80,11
AML	758,39	854,76	957,53	1.060,36	1.175,75	1.301,36
Brasil	8.363,60	9.433,90	10.577,15	11.720,08	13.004,97	14.431,99

NEA	2025	2030	2035	2040	2045	2050
AC	18,60	20,89	23,32	25,68	28,20	31,44
AP	20,69	23,12	25,71	28,22	30,91	34,38
AM	124,50	140,43	157,45	173,86	191,00	212,03
MA	114,55	129,32	145,15	160,53	176,65	196,93
MT	166,54	190,49	216,31	241,62	268,01	300,60
PA	210,02	236,57	264,99	292,55	321,39	357,71
RO	55,27	62,68	70,60	78,25	86,25	96,28
RR	17,08	19,13	21,31	23,44	25,72	28,65
TO	46,68	53,03	59,82	66,41	73,35	82,05
AML	773,94	875,67	984,67	1.090,56	1.201,47	1.340,07
Brasil	8.498,12	9.586,86	10.749,68	11.907,88	13.202,24	14.657,88

Fonte: Elaborado pelos autores.

recursos, incluindo as diferenças de produtividade das tecnologias e restrições de emissões.

Estimou-se que os investimentos necessários para a transição da NEA sejam da ordem de R\$ 2,56 trilhões até 2050 (adicionais ao cenário REF).

Desse total, R\$ 659 bilhões seriam empregados nos setores direta e indiretamente relacionados ao uso estratégico do solo, através de mudanças técnicas de intensificação de produção agropecuária e dos setores ligados a agricultura, pecuária, bioeconomia e restauração. Outros R\$ 1,9 trilhão seriam empregados nas mudanças em matriz energética e infraestruturas induzidas, sendo R\$ 410 bilhões no setor de energia e R\$ 1,49 trilhão na indústria e no restante do setor energético, residencial e serviços. Exemplos de infraestruturas induzidas são a ampliação de modos hidroviários, adaptação de portos, aeroportos e postos de abastecimento para recarga de veículos elétricos, novos dutos para transporte de biocombustíveis,

adaptação das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica, implantação e adaptação residencial e industrial para produção de energia solar, entre outras.

Importante frisar que os modelos utilizados não permitem fazer a repartição dos investimentos entre gastos do governo e setor privado, e tampouco distinguir o montante de investimentos a serem empregados dentro e fora da AML, dados os fluxos de insumos e produtos entre as regiões, reforçando a necessidade de padronização técnica, harmonização legal e compromissos nacionais que possam garantir convergência estrutural para a transição. Os investimentos também são caracterizados por custos externos e não privados, não incluindo, por exemplo, aquisição de máquinas, equipamentos e projetos de investimento a serem desembolsados por proprietários rurais ou compra de veículos elétricos e eletrificados por empresas. A Tabela 10 apresenta os investimentos estimados em uso do solo e demais setores nos diferentes cenários avaliados. Tais investimentos indicam valores adicionais ao ano-base 2020.

Tabela 10 | Investimentos acumulados em 30 anos (em bilhões de R\$)

	REF	NEA	
USO ESTRATÉGICO DO SOLO	992,7	1.651,4	
Agricultura	613,0	765,0	
Pecuária	345,0	635,0	
Bioeconomia	13,0	40,2	
Restauração	21,7	211,2	
ENERGIA E INFRAESTRUTURA	2.366,6	4.266,4	
Energia elétrica	942,8	1.337,4	
Sistema Interligado Nacional	Geração eólica	195,7	199,1
	Geração solar	73,8	75,1
	Biomassa	77,1	359,9
	Outras fontes	433,2	432,9
Sistemas locais	Geração solar	163,1	268,9
	Resíduos	0,0	1,5
Biocombustíveis	17,2	33,0	
Transporte rodoviário de passageiros	4,0	11,7	
Transporte rodoviário de cargas	6,9	15,4	
Transporte hidroviário misto	4,9	1,7	
Transporte aeroflúvia	1,3	4,1	
Infraestrutura induzida	1.406,6	2.896,0	
TOTAL	3.359,3	5.917,8	

Nota: Investimentos em restauração e biocombustíveis foram estimados ex post, a partir dos resultados dos modelos GEM e OD em demanda por aumento de vegetação e biocombustíveis para atender às restrições de emissões.
Fonte: Elaborado pelos autores.

2.1.1 Geração de empregos

A geração de empregos acompanha o crescimento diferencial da economia na comparação entre os cenários, porém com elasticidade superior, o que vale dizer que capacidade de geração adicional de empregos na transição é proporcionalmente ainda maior que no incremento de PIB. No NEA, seriam gerados 312 mil postos de trabalho a mais que no cenário REF.

Para a bioeconomia, os postos de trabalho adicionais no cenário NEA foram estimados em 623 mil comparando com o ano-base 2020, saltando de

334 mil em 2020 para 957 mil em 2050. Quase um terço desse incremento se daria em substituição de trabalho empregado em áreas atualmente destinadas à pecuária de baixa produtividade em pastagens degradadas, enquanto os outros dois terços seriam distribuídos pelos demais setores, substituindo cadeias direta ou indiretamente relacionadas com o desmatamento, como a própria pecuária e produção de carne, ou extrativismo vegetal exaustivo e indústria mobiliária. A tabela a seguir ilustra empregos totais estimados para 2050 sob os diferentes cenários e compara os empregos na bioeconomia esperados na transição em relação ao ano-base 2020.

Tabela 11 | Empregos totais em 2050, segundo os cenários, e empregos na bioeconomia

UF	Empregos totais (mil)			Empregos na bioeconomia		
	Ano-base 2020	REF	NEA	Ano-base 2020	REF	NEA
AC	395	669	700	2.882	3.548	5.146
AP	357	622	634	7.225	12.610	13.714
AM	1.860	3.130	3.147	2.3215	37.223	37.365
MA	2.850	4.011	4.034	20.504	32.159	32.416
MT	1.845	4.938	4.980	10.294	8.018	17.982
PA	4.081	5.681	5.778	259.704	483.496	834.027
RO	887	1.858	1.928	2.813	4.367	4.649
RR	299	514	520	5.803	8.882	9.515
TO	751	1.465	1.479	1.317	1.949	2.231
AML	13.323	22.889	23.200	333.757	592.252	957.045

Nota: Ano-base foi considerado dados da MIIP-AML 2015 acrescidos das taxas regionais de crescimento populacional segundo estimativas de "população residente em 1º de julho" do IPEA para o período 2015-2020.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados superiores do cenário de transição da NEA se assentam na dinâmica do setor primário, com crescimento importante da produtividade dos fatores, notadamente na substituição de terra por trabalho e capital (isto é, máquinas e equipamentos e infraestrutura sustentável), simultaneamente ao ganho de serviços ecossistêmicos de fertilidade do solo. Esses efeitos produtivos sinalizam maior competitividade do setor primário, trazendo além do ganho econômico ao setor, um duplo benefício ambiental: retirar CO₂ da atmosfera e zerar o desmatamento de forma a manter a estabilidade da floresta. Os investimentos em infraestrutura no cenário de transição reverberam sobre investimentos industriais associados ao setor primário, intensificando as cadeias de valor nas regiões.

Considerando toda a AML, o PIB estimado em 2050 para a bioeconomia seria da ordem de R\$ 38,5 bilhões, 73% superior ao REF e quase três vezes maior que o ano-base 2020. Ainda, tomando-se em conta que atualmente 80% das ocupações na AML são preenchidas por negros e indígenas, participação que sobe para 91% nos setores do extrativismo vegetal não exaustivo (conforme MIIP-AML), o crescimento da bioeconomia (descontadas as perdas em outras atividades) conduziria a um emprego adicional de quase 345 mil postos de trabalho para

esse perfil de trabalhador e trabalhadora na NEA em relação ao REF. Enquanto no cenário NEA negros e indígenas ocupam 18,7 milhões de postos de trabalho em 2050, no REF seriam 18,3 milhões.

2.2 Previsões em emissões, desmatamentos e mudanças no uso da terra

A AML não só é a maior região emissora de GEE do país como sua participação tem crescido nas últimas três décadas. Enquanto em 2021 cerca de 53% do total das emissões brasileiras foram provenientes da AML, em 1990, essa participação era de 47%. Considerando apenas as emissões oriundas das mudanças de uso do solo e agricultura, a AML contribui com 67% do total brasileiro, tendo sido 54% em 1990.

Entre 2020 e 2050, as emissões líquidas acumuladas de CO₂ no cenário REF somariam 43,6 GtCO₂, enquanto no cenário SFL totalizariam 21,1 GtCO₂, revelando que a diferença de 22,5 GtCO₂ poderia ser atribuída às atividades intensivas em desmatamento e seus efeitos diretos, indiretos e induzidos em toda a economia da AML. Apesar da grande redução

de emissões alcançadas com desmatamento zero no cenário SFL, seriam quase o triplo da meta de emissões para frear o aquecimento a 1,5°C se atingir a meta de 1,5 °C. A adequação da economia à restrição de expansão de terras não eliminaria o desafio de intensificar medidas de descarbonização em outros setores e regiões para alcançar as metas climáticas.

Na direção correta, no cenário NEA as emissões líquidas acumuladas no período ficariam no limite da meta de 1,5 °C, definido pela restrição de 7,7 GtCO₂. Na transição para a NEA, os setores intensivos em

carbono diminuem drasticamente suas emissões simultaneamente ao aumento da vegetação nativa via restauração e sistemas agroflorestais dedicados à bioeconomia, promovendo remoção líquida de carbono.

Por outro lado, a transição acarretaria aumento de 13,2% nas emissões de óxido nitroso (N₂O) em função da aceleração dos processos de desnitrificação dos solos. O Gráfico 9 ilustra a evolução das emissões de GEE ao longo dos próximos 30 anos e a comparação ao fim de 2050 nos diferentes cenários.

Gráfico 9 | Evolução e total de emissões estimadas até 2050, segundo os cenários



Fonte: Elaborado pelos autores.

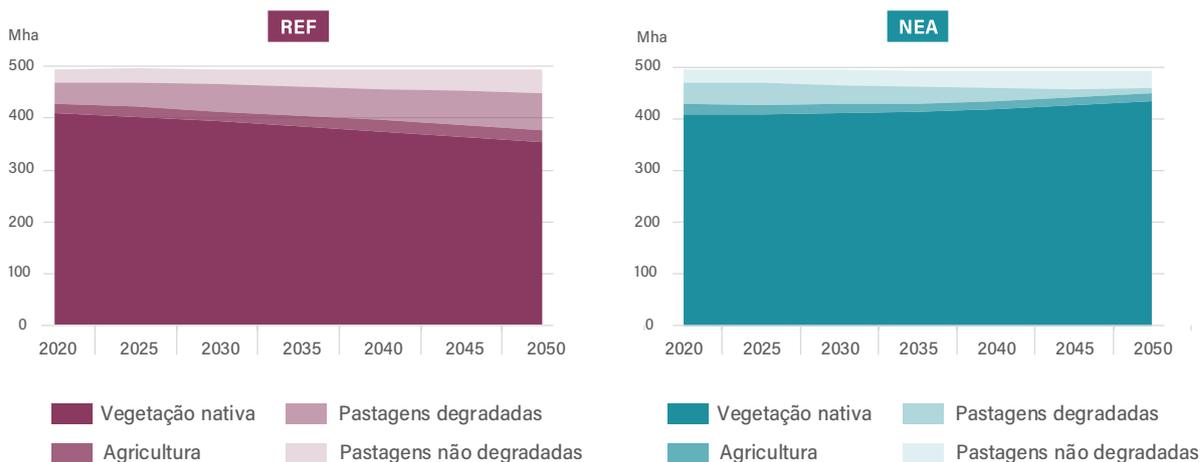
Sem estratégias de mitigação (como desmatamento zero), de adaptação (como restauração florestal) e de sistemas integrados e sistemas agroflorestais intensivos em trabalho, as metas climáticas brasileiras não podem ser alcançadas. O fato de o cenário STE não ter solução matematicamente viável é em si claro alerta à impossibilidade conciliatória de alocação adicional de terras via desmatamento e contenção eficiente de emissões nos demais setores e regiões.

A continuar a tendência referencial de disponibilização de terras incorporadas via desmatamento, deve-se esperar, segundo o cenário REF, uma área adicional de pastagens na AML da ordem de 51 Mha em 2050, crescimento de cerca de 2,9% ao ano, com redução na produtividade por simultânea degradação das pastagens e redução dos serviços ecossistêmicos, especialmente por perda estrutural e de nutrientes do solo. A área com agricultura se elevaria para 25 Mha

com crescimento desproporcionalmente alto dos grãos em substituição de florestas, mas especialmente de pastagens e outras culturas. O desmatamento esperado para esse período seria de 59 Mha entre vegetação florestal e não florestal, primária e secundária, e desmatamento líquido de 57 Mha, considerando a restauração de pouco mais de 2 Mha.

No cenário NEA, além de zerado o desmatamento, estimou-se que haveria a necessidade de serem restaurados 24 Mha de vegetação nativa para sequestro de carbono. O Gráfico 10 compara as principais classes de uso da terra nos cenários.

Gráfico 10 | Evolução da área ocupada pelas principais classes de uso da terra na AML, entre 2020 a 2050, em cada um dos cenários



Nota: Vegetação nativa inclui formações florestais e não florestais; e agricultura inclui sistemas integrados e agroflorestais.
Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 Previsões na matriz energética

Atualmente, o Brasil possui uma matriz energética com 48% de fontes renováveis, frente à média global de apenas 14% (EPE, 2021b). A partir dos dados de demanda energética e crescimento populacional e do PIB estimados nos modelos GEM e DOM, estimou-se que no cenário NEA a demanda energética total é de 211 TWh contra 255 TWh no cenário REF e 169 TWh no ano-base 2020 (todos os tipos de energia, inclusive combustíveis, convertidos em TWh). Considerado apenas a energia elétrica para consumo doméstico, industrial, rural, serviços e transportes, no cenário NEA seriam necessários 131 TWh enquanto no REF 74 TWh, partindo-se de 52 TWh em 2020. No cenário NEA a matriz energética elétrica chega a 57% de energia renovável em 2050 (Gráfico 11). Destacam-se as usinas hidrelétricas e solares para produção de eletricidade, e a cana-de-açúcar utilizada

tanto para a produção de etanol de segunda geração quanto eletricidade a partir do bagaço da cana e resíduos, fora da AML, mas usufruindo do Sistema Interligado Nacional (SIN).

O cenário de transição para NEA requer, porém, transformações significativas nos sistemas energéticos, com impacto nas emissões e no uso do solo. A utilização dos combustíveis fósseis sofreria uma queda significativa, representado menos de 20% da energia primária em 2050, em linha com o relatório *Net Zero by 2050*, da Agência Internacional de Energia (IEA, 2021). Em paralelo, haveria um aumento significativo do uso de biomassa, abrangendo resíduos lenhosos (eucalipto e pinus), resíduos agrícolas e, em especial, resíduos da bioeconomia, principalmente coqueiros de açaí, cujo descarte atinge atualmente cerca de 1 milhão de toneladas ao ano.

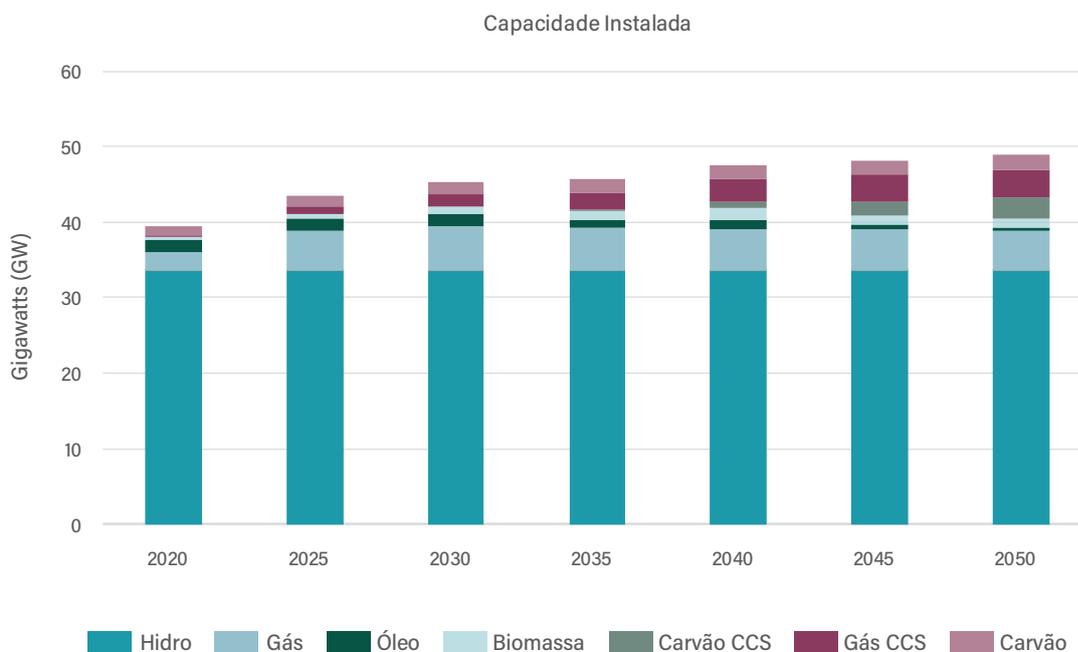
A produção de biocombustíveis celulósicos, gerados a partir de biomassa de resíduos locais (açaí e cacau),

começaria em 2035 com plantas de pequena escala aumentando continuamente até 2050, quando plantas de grande escala poderiam substituir até 90% dos combustíveis fósseis da AML. Seriam necessários apenas 370 mil hectares de florestas energéticas, o que corresponde a 1,5% da área atual de pastagens degradadas, sem necessidade de expansão de área para cana-de-açúcar dedicada à produção de etanol.

Hidrelétricas, hoje responsáveis por 85% da capacidade instalada na AML, não se expandem no cenário NEA. Belo Monte teria sido o último grande

projeto hidrelétrico na região. Fontes alternativas ganhariam relevância, especialmente a energia solar na geração distribuída em áreas residenciais e unidades industriais de alto consumo elétrico, como frigoríficos e setores alimentícios de congelados. A ampliação das linhas de transmissão do SIN atingiria 35% para acomodar o aumento do fluxo de energia elétrica. Sistemas flutuantes de energia solar seriam instalados nas represas hidrelétricas existentes na AML, aproveitando a infraestrutura de transmissão e distribuição, assim como sistemas de solo em pastagens altamente degradadas. A capacidade instalada nesse cenário é indicada no Gráfico 11.

Gráfico 11 | Evolução da capacidade instalada de energia elétrica na Amazônia Legal, entre 2020 e 2050, segundo o cenário NEA



Fonte: Elaborado pelos autores.

Detalhes são apresentados no Capítulo 6, dedicado ao aprofundamento dos resultados na matriz energética.

No transporte rodoviário de passageiros, os resultados dos modelos apontaram que, em função da necessidade de drástica redução de emissões imposta pelas metas do Acordo de Paris, a eletrificação precisaria atingir 75% da frota de veículos leves, 95% das motocicletas e 94% da frota de transporte público até 2050, com concomitante aumento de 30% no uso de transporte coletivo. Tais mudanças

resultariam em diminuição da demanda energética em 2,3 M TJ e 177 MtCO₂, respectivamente, quando comparadas com o cenário REF.

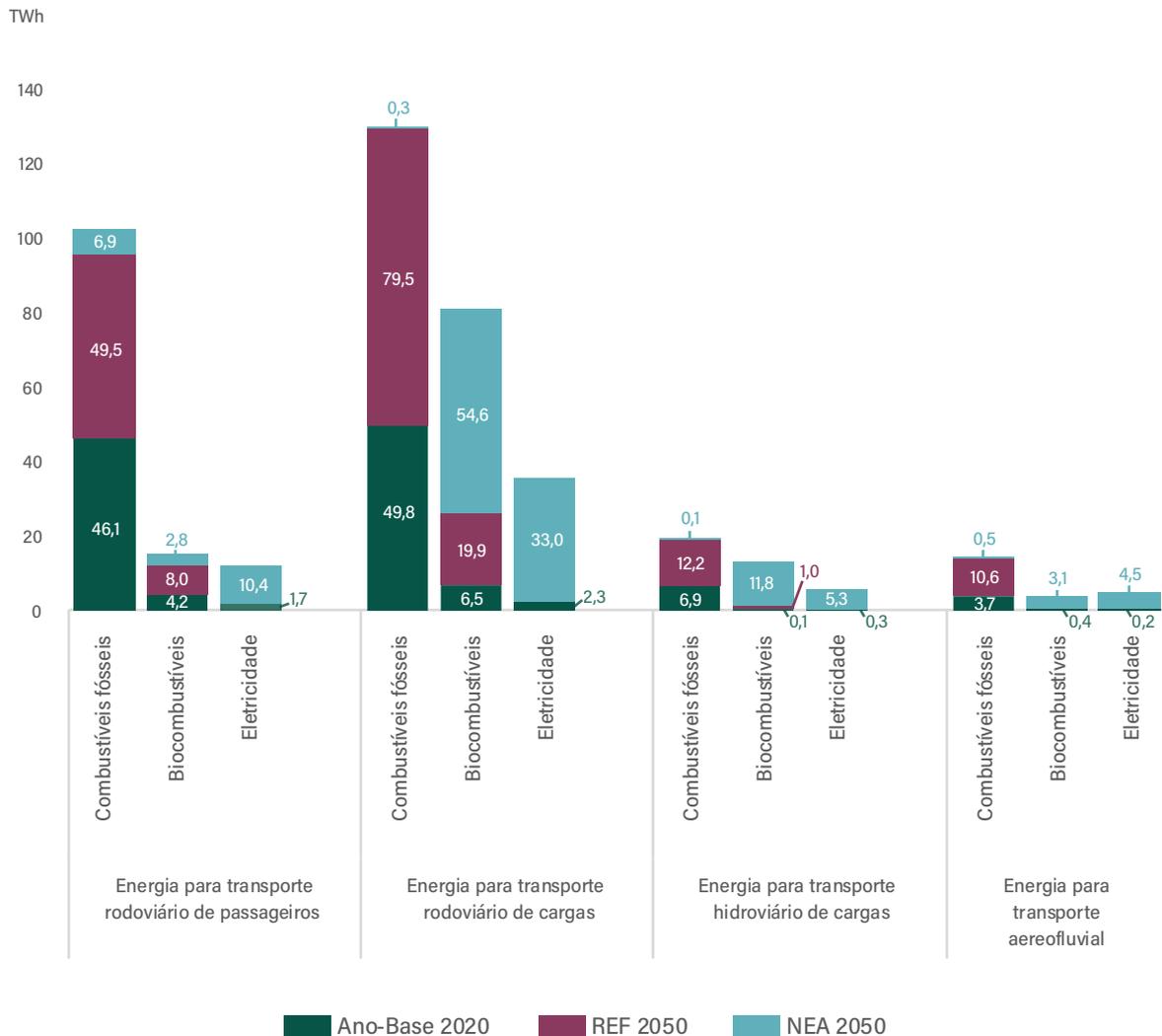
A transição para a NEA propõe que a fração de biocombustíveis (biodiesel e Óleo Vegetal Hidrotratado) no diesel usado para o transporte rodoviário de carga de longas distâncias suba dos atuais 10% para 100% em 2050, enquanto no transporte rodoviário de curta distância seria progressivamente preenchido por frota elétrica, em

ritmo no qual caminhões eletrificados pudessem representar 100% dos novos licenciamentos em 2050. O cenário de transição desenha um transporte rodoviário de cargas requerendo 197 mil TJ de biocombustível e 119 mil TJ de eletricidade, enquanto o cenário referencial requer 366 mil TJ de fontes fósseis, sendo poupadas emissões da ordem da 214 MtCO₂ no cenário NEA em comparação com o REF.

O transporte hidroviário misto, já favorecido pela extensa rede fluvial e por ser o modal com a maior eficiência por tonelada transportada (Trancossi, 2016), seria expandido e mais intensamente utilizado, absorvendo 20% do transporte de carga

rodoviário atual. Enquanto o cenário REF projeta uma demanda de 49 mil TJ para o transporte fluvial misto (passageiros e cargas), com 7,5% sendo biocombustíveis e o restante fóssil, o cenário de transição aumentaria a demanda em 26% (62 mil TJ) com 70% de biocombustíveis e 30% de eletrificação. No período 2020-2050, emissões de 6,92 MtCO₂ seriam poupadas no cenário NEA comparado ao REF. O Transporte aerofluvial, destinado a transporte de passageiros em linhas restritas e de valores poupariam no cenário NEA 8,3 MtCO₂. O Gráfico 12 ilustra a demanda energética por tipo de combustível, em cada modo simulado nos diferentes cenários e ano-base 2020. Mais detalhes no Capítulo 6.

Gráfico 12 | Demanda energética (TWh) por tipo de combustível, em cada modo simulado nos diferentes cenários e ano-base 2020



Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.4 Previsões no fornecimento dos serviços ecossistêmicos

Serviços ecossistêmicos são essenciais ao desenvolvimento econômico, em especial do setor agropecuário, altamente dependente das condições climáticas. Atualmente, 96% das áreas plantadas e 99% das pastagens no Brasil não possuem sistemas de irrigação.

Entre os serviços de maior impacto estão o sequestro de carbono, que afeta diretamente a temperatura, a ciclagem hídrica, especialmente na oferta de irrigação pluvial e disponibilidade de água no solo (escoamento superficial), e a retenção de sedimentos, pela capacidade de diminuir erosão, perda do solo e consequente degradação estrutural e queda de fertilidade.

A despeito do consenso científico e do reconhecimento setorial, serviços ecossistêmicos continuam a ser negligenciados nos processos de tomada de decisão e mesmo na contabilização de sua contribuição à economia. Em sua maioria, serviços ecossistêmicos não são geradores de caixa, mas poupadores de custo (mensurados pelo custo de substituição por tecnologia ou insumos), o que torna seus benefícios invisíveis em modelos econômicos convencionais.

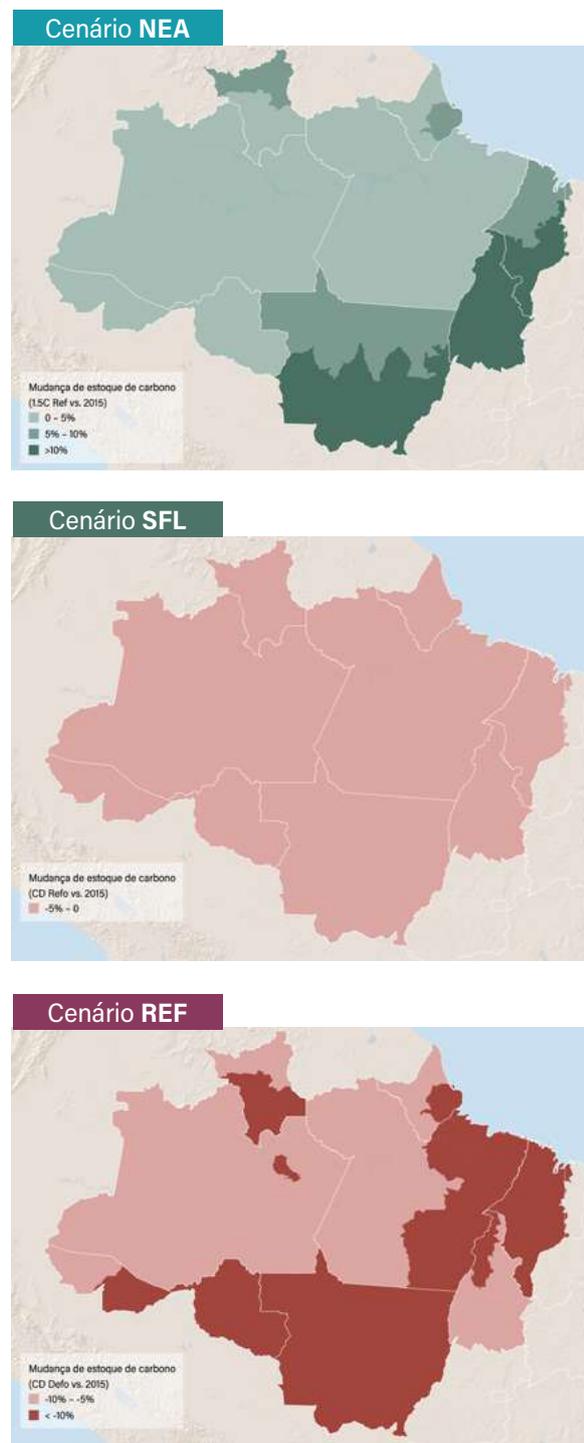
No caso da conformação dos cenários, serviços ecossistêmicos selecionados foram estimados com o uso do InVest e utilizados como dados de entrada nos modelos GEM, impactando os agregados econômicos como vetores que alteram a produtividade da terra, induzem alterações compensatórias em trabalho e capital e custos de substituição.

2.4.1 Armazenamento de carbono

No cenário REF, perde-se quase 12% da capacidade de armazenamento de carbono entre 2015 e 2050 (como a MIIP-AML, resultados referem-se a 2015 por limitação metodológica), enquanto na transição a restauração intensiva dos sistemas florestais levaria a um aumento de quase 5%. As diferenças obtidas nos cenários não foram monetizadas, mas serviram de dados de entrada para alocação de terras e restrições

de emissões. A Figura 5 ilustra as mudanças no armazenamento de carbono nas diferentes regiões e cenários, enquanto a Tabela 12 resume os agregados.

Figura 5 | Mudança do armazenamento de carbono em comparação com 2015



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 12 | Mudança do armazenamento de carbono em toda a área do estudo

Cenário	Estoque de carbono	Varição em relação a 2015
2015	74,22	
REF	65,34	-11,97%
SFL	73,11	-1,49%
NEA	77,84	4,88%

Fonte: Elaborado pelos autores.

No cenário NEA o estoque de carbono em 2050 seria 19% superior ao REF, constituindo-se apreciação do ativo ambiental com formação de poupança de carbono florestal, potencialmente utilizada para lastro de créditos de carbono correntes ou captações com promessas de mercados futuros.

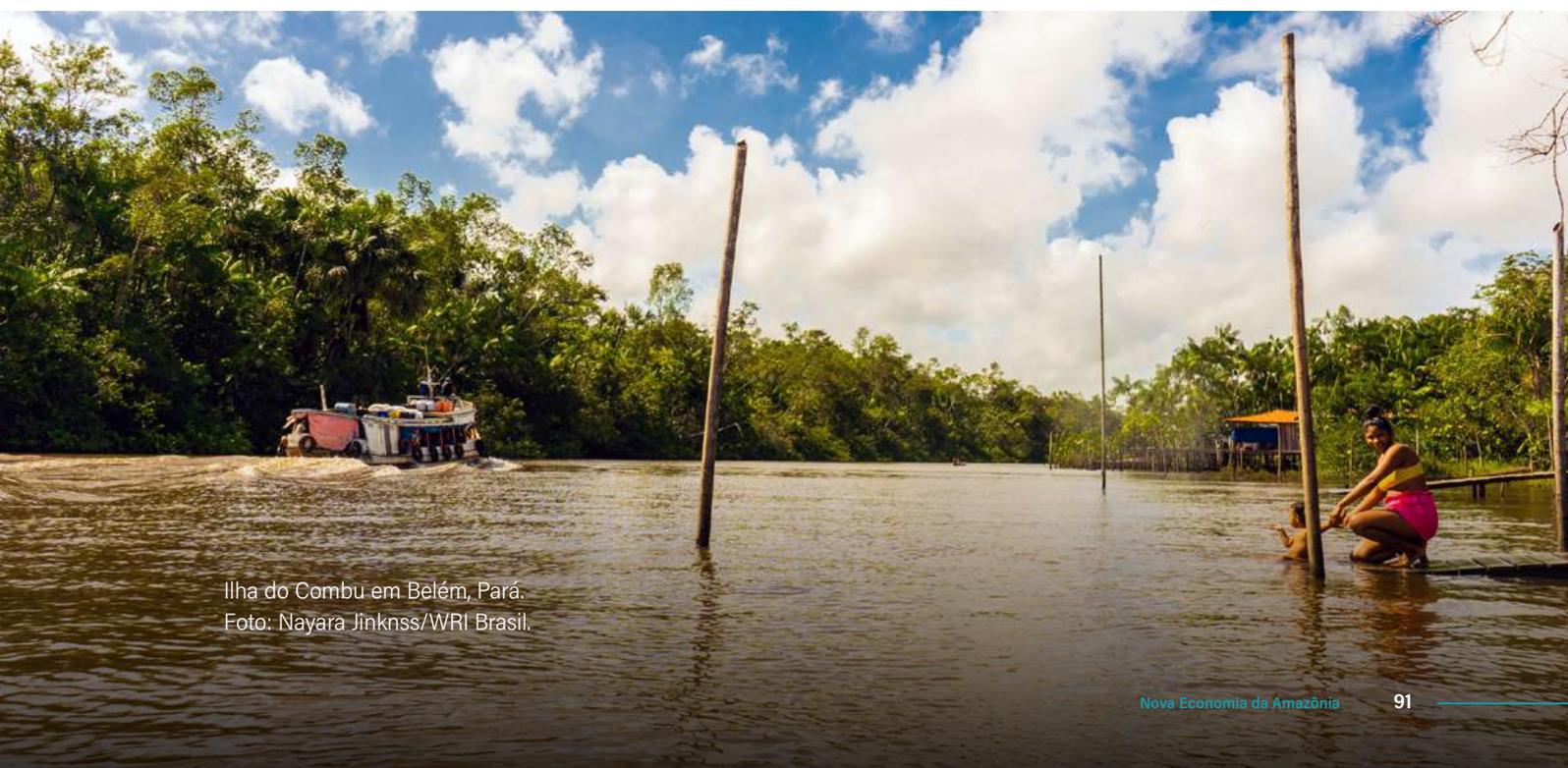
2.4.2 Disponibilidade de água (escoamento superficial)

O saldo entre o total de precipitação e o total de evapotranspiração no período de um ano determina o escoamento de água. Maior disponibilidade de água associa-se a maior escoamento de água superficial, e, conseqüentemente, maior erosão do solo, menor infiltração e armazenamento de água subterrânea, e maior risco de enchente. Importante frisar que, entre 1995 e 2019, a AML foi palco de 8,2% de todos os danos e prejuízos climáticos

ocorridos no país, dos quais 66% devidos a enchentes e inundações e 34% a secas e estiagens, totalizando R\$ 23 bilhões (constantes de 2021). Danos e prejuízos na agricultura somaram R\$ 11,4 bilhões, sendo R\$ 3 bilhões na pecuária e R\$ 7,7 bilhões na infraestrutura e energia da região (Banco Mundial, 2020).

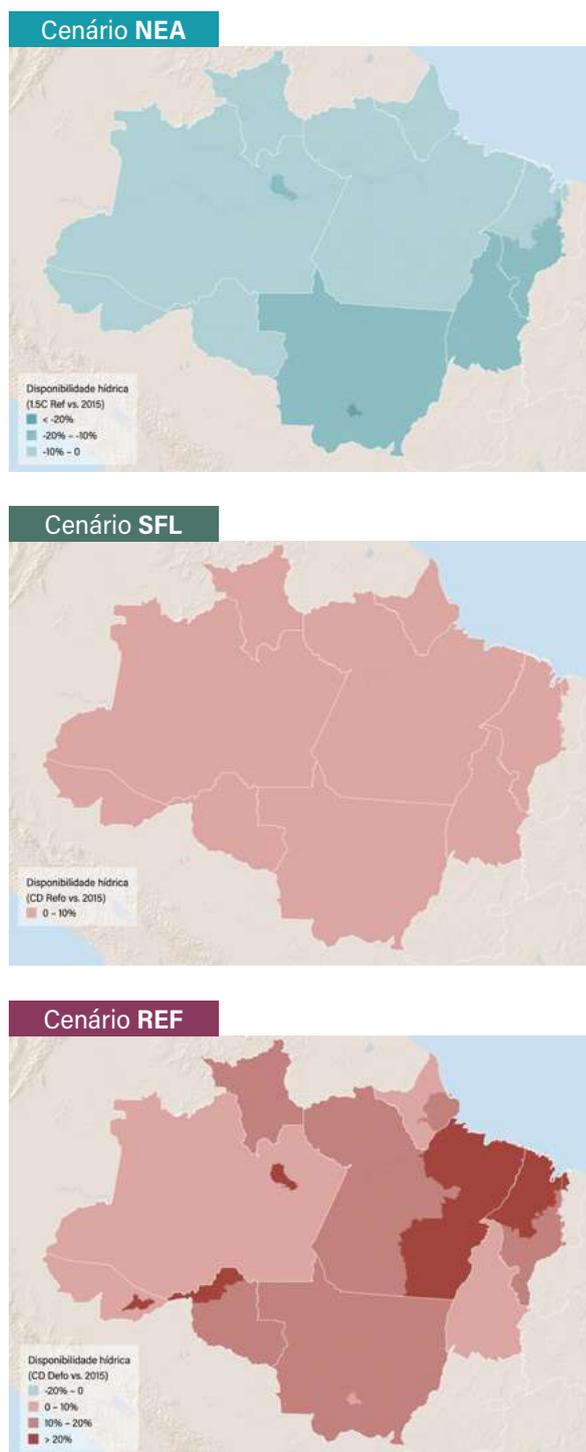
No cenário REF, o escoamento de água aumentaria em todas as regiões da AML, em média 11% no ano de 2050 comparado a 2015. Esses índices indicam aumento de probabilidade de maior vazão superficial com menor penetração de água no solo, essencial para a agropecuária. No cenário NEA, o escoamento cai em média 4% se comparado ao ano-base, o que significa afirmar que, em 2050, se poderia esperar uma diferença de 13% na disponibilidade hídrica na AML entre os cenários REF e NEA.

Considerando que o combate ao desmatamento e a recuperação florestal ocorressem ao longo dos 30 anos a taxas constantes, a diferença média na disponibilidade hídrica na AML entre os cenários REF e NEA seria de 6%, gerando substancial resiliência ao estresse hídrico para a agropecuária na transição, com impactos proporcionais nos custos de remediação de sinistros. Por outro lado, como aponta o Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2020b), a diminuição da disponibilidade hídrica devido a mudanças climáticas poderia gerar custos adicionais de R\$ 103 bilhões a R\$ 189 bilhões na geração elétrica do país até 2050. A Figura 6 ilustra as mudanças na disponibilidade de água nas diferentes regiões e cenários, enquanto a Tabela 13 resume os agregados.



Ilha do Combú em Belém, Pará.
Foto: Nayara Jinknss/WRI Brasil.

Figura 6 | Mudança na disponibilidade de água em comparação com 2015



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 13 | Mudança na perda de água por escoamento superficial

Cenário	Disponibilidade de água (bilhões de m ³)	Varição em relação a 2015
2015	4.672,0	
REF	5.181,8	10,91%
SFL	4.705,3	0,71%
NEA	4.489,9	-3,90%

Fonte: Elaborado pelos autores.

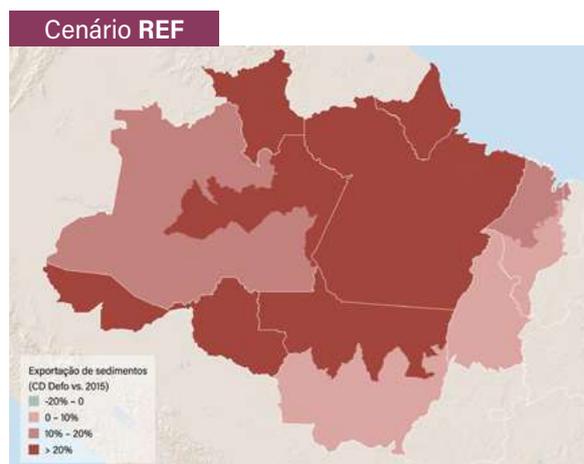
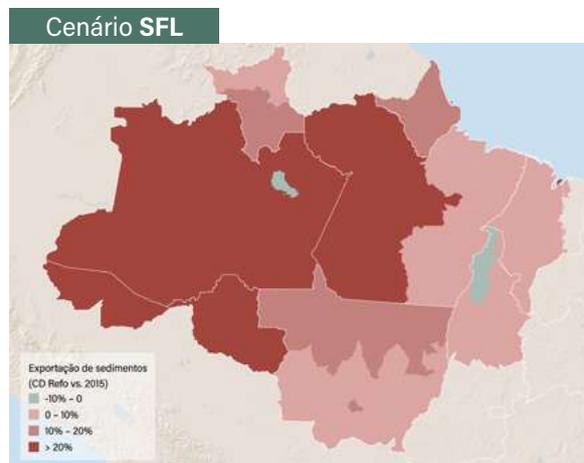
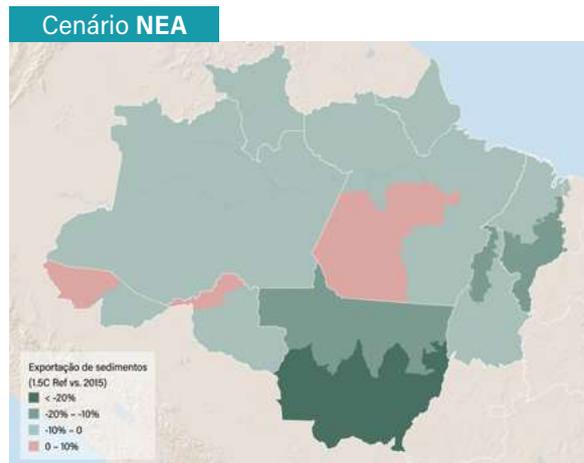
No cenário REF, a biomassa retém menos água porque florestas foram convertidas para outros usos, aumentando o risco de inundações, de doenças transmitidas pela água (Pettersson et al., 2016), de erosão do solo e, ao que é mais caro à agropecuária, redução na capacidade de infiltração de água no solo.

2.4.3 Exportação de sedimentos

Nas bacias hidrográficas, o fluxo da água associado aos potenciais de erosividade e erodibilidade provocam perda de solo através da exportação de sedimentos. Nessas condições, camadas superficiais de solo que retêm nutrientes e fertilizantes são carregados, acarretando perda estrutural e de fertilidade. No cenário REF, as projeções apontam que, em 2050, deveria se esperar aumento de até 14% na exportação de sedimentos comparado com 2015, enquanto no cenário NEA, ao contrário, seria registrada uma redução de quase 15% no mesmo período. A Figura 7 ilustra as mudanças na exportação de sedimentos nas diferentes regiões e cenários.

A exportação de sedimentos implica perda de nutrientes e, portanto, fertilidade do solo. No cenário NEA, a exportação de nitrogênio é reduzida em 4,9% e a de fósforo, em 5%, diminuindo a necessidade de gastos com reposição de fertilidade, tornando as práticas agropecuárias mais eficientes. Na comparação entre os cenários, em 2050 a perda de nitrogênio no cenário NEA seria 16% menor que no REF enquanto a perda de fósforo 18% menor, diminuindo a necessidade de reposição de nutrientes. Se o combate ao desmatamento e a recuperação florestal ocorressem ao longo dos 30 anos a taxas constantes, a diferença média entre os cenários referencial e de transição seria de 9%.

Figura 7 | Mudança na exportação de sedimentos em comparação com 2015



Fonte: Elaborado pelos autores.



Vista aérea da floresta nas proximidades de Manaus, Amazonas. Foto: Nelson Antoine/Shutterstock.

Tabela 14 | Mudança na exportação de sedimentos e nutrientes em toda a área do estudo

Cenário	Exportação de sedimentos (milhões de toneladas)	Exportação de nitrogênio (N) (milhares de toneladas)	Exportação de fósforo (P) (milhares de toneladas)	Varição em relação a perda líquida relativa de nutrientes (N e P)
2015	188,8	429,8	64,0	na
REF	214,9	488,8	74,6	14,1%
NEA	160,2	408,6	60,8	-4,9%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Estudos mostram que no Brasil a exportação de sedimentos varia entre 600 Mt e 820 Mt ao ano, gerando custos de reposição de nutrientes entre R\$ 9 e R\$ 17 por tonelada ao ano, dos quais entre 80% e 92% se referem à reposição de nitrogênio e potássio (Dechen et al., 2015). Com esses valores de referência, os custos evitados em reposição de nutrientes no cenário NEA em relação ao REF seriam da ordem de R\$ 4,6 bilhões a R\$ 8,7 bilhões em 30 anos, que representam cerca de 30% a 56% das despesas totais com adubação na AML em 2017 (Lense et al., 2021; Merten e Minella, 2013).

2.5 Conclusões

A persistência dos desmatamentos e da produção intensiva em carbono deve gerar perdas consistentes na produtividade da terra e no uso de fertilizantes na AML que, além de penalizarem o PIB, alimentariam o ciclo de incorporação de novas terras, elevando ainda mais os níveis de desmatamento.

Nenhuma combinação de pacotes tecnológicos e energéticos testados para os demais setores seria capaz de neutralizar as emissões advindas do desmatamento requisitado pela expansão agropecuária nessas condições. Zerar o desmatamento é indispensável não apenas para atingir as metas domésticas e globais para conter o aquecimento global a 1,5 °C,

como também para estimular uma nova rota de crescimento intensivo em capital e trabalho em detrimento da intensidade-carbono da produção.

Considerando três cenários possíveis para a economia da AML em 2050, o cenário de transição para a Nova Economia da Amazônia, com expansão da bioeconomia, é o que apresenta maior crescimento econômico e geração de empregos. O PIB, por exemplo, apresentaria um ganho acumulado de R\$ 731 bilhões em relação ao cenário REF. Na comparação entre esses cenários, o cenário NEA geraria 312 mil postos de trabalhos adicionais ao REF, com substituição sobretudo de empregos ligados a atividades intensivas em carbono, como extração madeireira e uso extensivo da terra, e pecuária de baixa produtividade.

Os investimentos necessários para financiar a transição para a NEA foram estimados em R\$ 2,56 trilhões (adicionais ao REF), a serem aplicados até 2050, dos quais R\$ 1,9 trilhão em mudanças na matriz energética e infraestruturas induzidas por essas mudanças, além de outros R\$ 659 bilhões em uso estratégico do solo, sobretudo recuperação de pastagens degradadas, sistemas integrados e restauração florestal para expansão da bioeconomia e setores secundário e terciário associados.



Extrativista de açai da comunidade de Arraiol, no arquipélago do Bailique, Amapá. Foto: Diego Baravelli/Greenpeace.



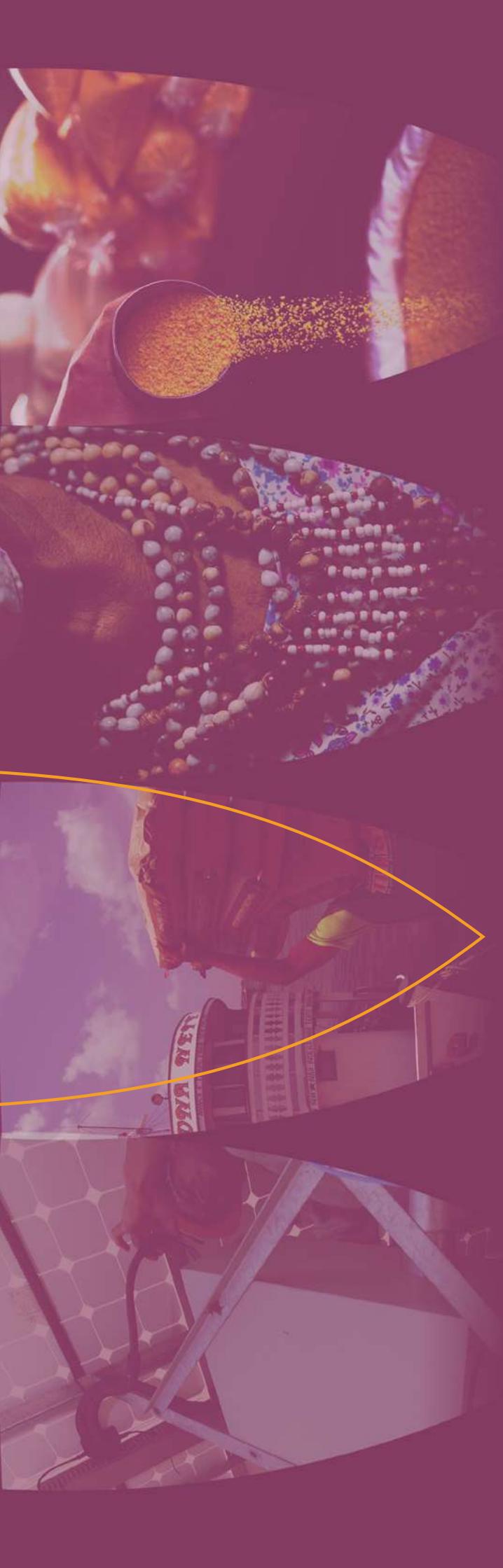
A nova economia
da Amazônia em

PARTE 2

PERSPECTIVA

ПЕРСПЕКТИВА





PARTE 2

Como discutido na primeira parte deste estudo, a Nova Economia da Amazônia (NEA) gera PIB maior e mais empregos do que a manutenção da economia intensiva em carbono. Esta segunda parte do relatório se dedica a aprofundar as discussões sobre o papel dos principais setores de uso da terra nessa transição, bem como detalha as mudanças requeridas na matriz energética e os investimentos necessários.

O Capítulo 3 oferece um amplo debate sobre bioeconomia. Primeiro, revela que a atividade gera atualmente VBP de cerca de R\$ 25,6 bilhões no país e aproximadamente R\$ 15 bilhões na AML, ao mesmo tempo parcialmente invisível nas contas nacionais pelo alto índice de informalidade e inadequação dos métodos oficiais na captura dos indicadores de nível de atividade. Mostra, através da aplicação da MIP-Alfa, como a bioeconomia é vetor de forte dinamismo da economia circular e de proximidade, portanto, de grande capacidade de gerar multiplicadores de produção e emprego local, informações que serviram de entrada aos modelos de GEM desenvolvidos no Capítulo 2.

O Capítulo 3 também reconhece o subdimensionamento das experiências produtivas em bioeconomia lideradas por povos indígenas e populações tradicionais. Amplamente praticada nos territórios, é pouco documentada na literatura científica,

e seus protagonistas – empreendedores, associações, cooperativas e lideranças indígenas – pouco consultados a respeito de suas iniciativas e desafios. Aprende-se daí duas características da produção indígena que devem constituir as condições de desenvolvimento de toda a bioeconomia da AML e do Brasil: a definição por processos e não por produtos e a repartição justa dos benefícios.

O Capítulo 4 expõe o papel da agropecuária na transição para a NEA, já que é o principal emissor de GEE e o setor produtivo mais diretamente afetado pela disponibilidade de serviços ecossistêmicos. Esse capítulo discute três condições elementares para que a transição seja alcançada: o uso estratégico do solo, a intensificação produtiva pela massificação e priorização das práticas de baixa emissão de carbono e o combate à desigualdade rural.

No Capítulo 5 apresenta-se sucinta contribuição da mineração à NEA, limitada à mineração formalizada, intensiva em capital e com ênfase na exploração de minérios relevantes para a atual economia da AML e de materiais caros às tecnologias em ascensão.

O Capítulo 6 explora a infraestrutura induzida pelas mudanças na matriz energética, que respondem às restrições de emissões, custo nivelado de energia

e potencialidades e limites dos recursos locais. Tratam-se, portanto, de propostas baseadas nos resultados dos modelos utilizados, como soluções de otimização identificadas para permitir a convergência de crescimento econômico com baixa emissão, adaptada ao desmatamento zero e utilização de potenciais locais. Aqui, propõem-se soluções que substituem a ideia prevalecente na infraestrutura energética regional de “projetos na Amazônia” por “projetos para a Amazônia”.

Encerrando a segunda parte deste relatório, o Capítulo 7 traz considerações sobre fontes e modalidades de recursos que devem orientar o portfólio de investimentos para financiar a transição para a NEA, com ênfase nos setores intensivos em carbono e na bioeconomia.



A iniciativa Café Apuí Agroflorestal, no Amazonas, conecta comércio justo e conservação da floresta, com frutos plantados em áreas sombreadas e colhidos por famílias da região. Foto: Dai Dietzmann/Idesam.



CAPÍTULO 3

BIOECONOMIA

BIOECONOMIA

A bioeconomia é um conceito em disputa e existem diferentes definições em adoção no Brasil e no exterior. Para o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o termo está ligado a soluções no uso de recursos biológicos (MCTIC, 2018; CGEE, 2021); no Ministério das Relações Exteriores (MRE), a abordagem é focada em bioenergia (Biofuture Platform, 2018); já o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) tem um foco social importante, valorizando a agricultura familiar e o conhecimento tradicional (MAPA, 2019).

No setor privado, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) apresenta um conceito de bioeconomia ligado à agricultura, incluindo biotecnologia médica (Silva, Pereira e Martins, 2018)¹⁴. Parte dos conceitos já adotados para bioeconomia têm como foco a substituição de insumos fósseis por insumos biológicos e não contabilizam a biodiversidade. Esses conceitos encorajam atividades econômicas de baixo carbono, mas baseadas em processos de homogeneização (Costa et al., 2022).

A bioeconomia na AML precisa de um conceito próprio, que inclua a melhoria dos instrumentos necessários para que a população local possa liderar novos processos produtivos, promovendo negócios que impulsionem o fluxo circular de renda e a economia de proximidade. A bioeconomia amazônica deve ser capaz de se ajustar à biocapacidade do bioma, desenvolvendo-se a partir de atividades econômicas que não quebrem os complexos equilíbrios ecológicos que garantem a saúde da floresta e dos rios e unam tradição e inovação (Costa e Fernandes, 2016; Costa et al., 2022).

3.1 Bioeconomia amazônica hoje

O processo de transição de uma economia intensiva em carbono para uma economia que privilegie a floresta em pé compreende grandes mudanças sociais e tecnológicas, além de transformações científicas, em instituições e em comportamentos (Bergamo et al., 2022).

A bioeconomia é um indutor-chave para se alcançar crescimento econômico sem desmatamento na Amazônia. Tanto a MIIP-AML, apresentada no Capítulo 1, quanto os GEM, detalhados no Capítulo 2, se basearam na economia total dos 67 setores que compõem a economia brasileira, com especial foco nas cadeias intensivas em desmatamento: pecuária e grãos-algodão.

Os GEM foram alimentados com os dados da MIIP-AML, porém, especificamente para a bioeconomia, usou-se os resultados da MIP-Alfa, desenvolvida pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará, disponível no link. A metodologia de Contas Alfa é também baseada na ferramenta matriz insumo-produto, mas permite enxergar uma economia presente e pujante na Amazônia, embora invisível na ótica dos 67 setores da MIP nacional e parcialmente invisível para a MIIP-AML.

É importante lembrar que a MIIP-AML inova ao apresentar a contabilização do extrativismo vegetal não exaustivo composto por produtos da floresta em pé e pode ser replicada utilizando-se os dados oficiais no nível de desagregação, disponíveis no IBGE. Por outro lado, essa matriz revela apenas parte da bioeconomia, aquela que é capturada justamente no setor extrativista não exaustivo.

Já a MIP-Alfa é apoiada nos modelos clássicos de Leontief, como a própria MIIP-AML, mas variáveis de estrutura agrária, trajetórias tecnológicas e produtos da biodiversidade são incluídas nos parâmetros de “rateio” dos agregados, o que permite uma visão mais acurada das transações específicas para determinados produtos cujos registros são falhos. Pesquisas exaustivas de campo, bem como nas bases de dados estaduais e federais, complementam o banco de informações que permite elaborar os fluxos

transacionados entre as regiões e ao longo das cadeias produtivas, do setor primário ao terciário. Por outro lado, a MIP-Alfa exige grande esforço de obtenção de dados, o que limita tanto o número de produtos quanto a abrangência regional. A MIP-Alfa foi desenvolvida considerando apenas 13 produtos nativos (açai fruto e açai palmito, cacau, castanha, babaçu coco e babaçu óleo, cupuaçu, mel, borracha, buriti, urucum, copaíba e andiroba). Detalhes metodológicos podem ser encontrados em Silva et al. (2022). Já o resumo da elaboração das matrizes pode ser visto no Quadro 13.

No entanto, vale ressaltar que a bioeconomia é muito maior. Pesquisas dão conta de que os povos da Amazônia têm uma alimentação extremamente diversificada, com até 270 itens cotidianamente utilizados na culinária, contra menos de 30 entre não-indígenas da mesma região (Mesquita e Barreto, 2015; Skeltis, 2019). No dia a dia, utilizam até 85 espécies de árvores e mais de 2 centenas de ervas para suplementação alimentar ou medicamentosa (Levis et al., 2018), e ingerem cerca de 30 espécies de insetos – a comida do futuro – como vitamínicos e fonte de ferro (Roche et al., 2008). Pelo fato de cada etnia ter suas próprias preferências alimentares e tabus, os recursos disponíveis na floresta são especialmente heterogêneos e tão numerosos quanto a biodiversidade, o que reforça a hipótese de que a própria floresta amazônica, em boa medida, é fruto do persistente e milenar manejo florestal autóctone (Levis et al., 2017).

Os resultados da MIP-Alfa, considerando somente os 13 produtos e 14 segmentos setoriais, apontou para uma bioeconomia atual geradora de um VBP de R\$ 25,6 bilhões, com VA de R\$ 10,9 bilhões e massa salarial de R\$ 2,5 bilhões, valores muito superiores ao extrativismo vegetal não exaustivo contabilizado na MIIP-AML, que gerou um VBP de R\$ 1,5 bilhão (em valores de 2015). O total de empregos na bioeconomia foi estimado em 347 mil, dos quais 84 mil formais.

Beneficiamento do murumuru na Associação dos Agricultores Agroextrativistas da Colônia do Sardinha, em Lábrea, Amazonas. Foto: Nilmar Lage/Greenpeace.



Quadro 12 | Dois paradigmas tecnológicos antagônicos: o mecânico-químico e o agroextrativista

Hoje, dois modelos econômicos regidos por diferentes paradigmas tecnológicos coexistem de forma desigual na Amazônia. O **mecânico-químico**, dominante, decorrente de políticas econômicas implantadas na região nos últimos 70 anos, se caracteriza por soluções que “controlam” a natureza para atender às necessidades da industrialização e urbanização crescentes (Loureiro, 2022). Quando aplicado à agricultura, se baseia na especialização dos sistemas produtivos homogêneos. Eles buscam maximizar ganhos com base nos seguintes fatores:

1. Uso extensivo da terra e dos recursos naturais, com soluções mecânicas, onde há abundância de terra (ou onde a regulação fundiária permite avançar sobre a floresta);
2. Uso intensivo da terra e dos recursos naturais, com soluções (bio)químicas, onde o acesso à terra é limitado.

Por esse motivo, tal modelo denomina-se mecânico-químico. A mecanização aumenta a produtividade, mas depende da monocultura e da homogeneização para obter ganho de escala que, por sua vez, demanda insumos químicos a fim de garantir a capacidade de suporte, na forma de pesticidas e agrotóxicos. Esse paradigma tecnológico se consolidou com a Revolução Verde¹⁵. As tecnologias derivadas implicam transformação profunda da natureza originária, além de alto impacto na biodiversidade e em outros recursos naturais. No meio rural, esse modelo vê a natureza como matéria-prima ou capital físico (Silva H., 2017).

Outro paradigma econômico é o **agroextrativista** (Costa, 2021; Costa, 2008; 2009; 2014). Suas tecnologias foram desenvolvidas pelas sociedades originárias do complexo e diverso ecossistema amazônico. Amadurecidas ao longo de séculos, as soluções tecnológicas nesse paradigma produtivo têm como objetivo manejar a natureza em vez de transformá-la. As técnicas utilizadas ampliam a produtividade e o retorno natural dos sistemas produtivos vivos. Trata-se de um paradigma que se ajusta às condições e ritmos de reprodução e permanência do bioma¹⁶. Em alguns lugares da AML, principalmente nas áreas de floresta, o modelo agroextrativista é uma alternativa ao padrão mecânico-químico de produção de riqueza (Romeiro, 1998; Costa e Fernandes, 2016).

Suas tecnologias representam um conjunto de soluções produtivas baseadas em princípios agroecológicos, agroextrativistas ou agroflorestais. As referências técnicas e tecnológicas do paradigma agroextrativista se aproximam do que Bugge, Hansen e Klitkou (2016) e Vivien (2019) identificam como bioeconomia bioecológica¹⁷. Na Amazônia, a bioeconomia bioecológica é adequada à capacidade de suporte do bioma e baseada no ritmo de exploração feito pelas pessoas e comunidades locais. É criativa e endógena. Por ter como característica a dependência da manutenção da própria floresta, é mais bem adaptada às mudanças climáticas e apresenta melhores resultados no combate à fome e à desigualdade (Costa et al., 2022).

Quadro 13 | Método da MIP-Alfa

Pelo modelo, a contabilidade social de uma economia de k produtos cujos fluxos se fazem por n agentes agrupados em $m+1$ posições no sistema produtivo e distributivo, em que a $m+1$ -ésima posição é a demanda final, são representados por

$$X_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{v=1}^k q_{ijv} \cdot p_{ijv}$$

em que v é o produto, j é o setor que o compra e i é o setor que o vende.

Incrementando-se g atributos geográficos e e atributos estruturais, a equação resulta da agregação de um número g e de submatrizes, cada uma composta por

$$X_{srij} = \sum_{s=1}^g \sum_{r=1}^e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{v=1}^k q_{srijv} \cdot p_{srijv}$$

em que r seria o atributo estrutural (produtores familiares e não familiares) e s o atributo geográfico (regiões). Os elementos das matrizes de totalização para os atributos geográficos seriam

$$X_{sij} = \sum_{s=1}^g \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{v=1}^k X_{srij}$$

e para os atributos estruturais seriam

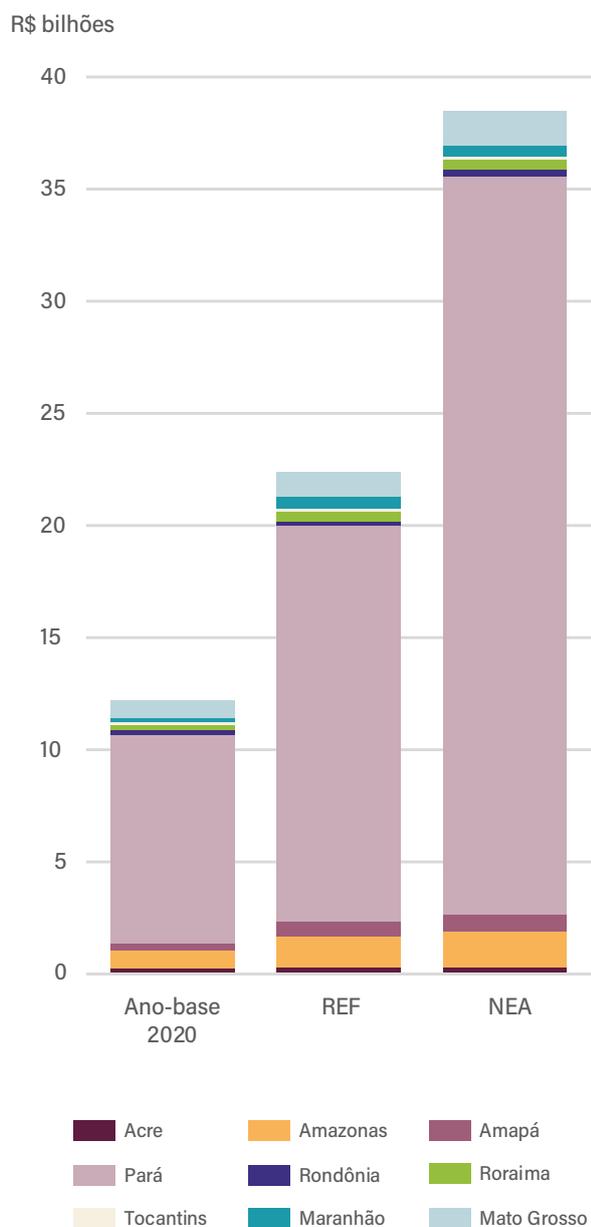
$$X_{rij} = \sum_{r=1}^e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{s=1}^g X_{srij}$$

A matriz totalizadora pode ser descrita como:

$$X_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{r=1}^e X_{rij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{s=1}^g X_{sij}$$

em que s são os atributos geográficos (municípios, conjuntos de municípios etc.), r são os atributos estruturais (características dos modos de produção, características dos sistemas etc.) que fundamentam a estrutura produtiva da economia. O q indica a quantidade de cada produto transacionado por agentes assentados em s sob condição estrutural r . O p se refere aos preços básicos em que a quantidade q foi transacionada pelos agentes assentados em s , sob condição estrutural r . A obtenção da distribuição de q pelas posições ij indica que proporção de q foi transacionada pelos agentes ij .

Gráfico 13 | PIB da bioeconomia nos estados da AML no ano-base 2020 e projetado para 2050 segundo os cenários



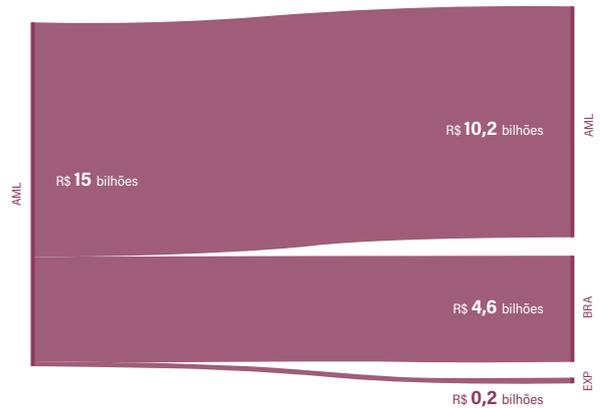
Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Duas observações são relevantes. A primeira é que os resultados da MIP-Alfa permitem avaliar que 23% do VA é formado no consumo intermediário local e 15% no consumo final local, diferentemente da MIIP-AML, que indica pequena parcela local da origem da demanda por produtos extrativistas não exaustivos. Essa diferença é explicada justamente pelo fato de a MIP-Alfa ter maior penetrabilidade na economia invisível e por incluir setores primários não

restritos ao extrativismo. A MIP-Alfa mergulha na rastreabilidade dos produtos advindos do extrativismo e também da agropecuária, diferenciando os sistemas de pequena produção das monoculturas de produtos amazônicos e percorrendo a gama de ocupações nos setores secundário e terciário, incluindo informais.

O método conjuga identificação das atividades formais (associação de Microempreendedor Individual com descritivo de atividades relacionadas a produtos da biodiversidade) e rateio de VA por região e estruturas produtivas. Considerando a origem da demanda, 68% do VBP tem origem na própria AML, 31% no restante do Brasil e apenas 2% exportações, como ilustrado a seguir.

Gráfico 14 | VBP da bioeconomia por origem da demanda nas transações econômicas da AML



Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 15 | MIP-Alfa para a Amazônia Legal, em 2020 (em milhões de R\$)

Descrição	Intermediária														Demanda final				VBP
	Sistema regional						Sistema estadual				Sistema nacional				Regional		Restante do país e exportações (EXP)		
	Produção	Varejo rural	Ind. benef.	Ind. transf.	Atacado	Varejo urb.	Ind. benef.	Ind. transf.	Atacado	Varejo urb.	Ind. benef.	Ind. transf.	Atacado	Varejo urb.	Famílias	FBK	Restante do país	EXP	
1. Produção	49	1.742	690	5	116	47	10	1	148	11	30	-	0	0	101	47	0	9	3.005
2. Varejo rural	-	0	481	1	873	13	459	2	127	9	9	3	56	5	27	-	-	-	2.064
3. Indústria benef. local	-	-	6	4	2	6	62	1	19	3	-	6	4	1.055	1.511	-	-	44	2.723
4. Indústria transf. local	-	-	-	-	6	19	-	-	0	4	-	-	-	5	44	-	-	-	78
5. Atacado local	-	0	40	10	0	26	93	50	31	1	-	1.168	-	2	9	-	-	10	1.439
6. Varejo urbano local	128	-	120	1	-	0	19	-	-	-	-	-	-	-	248	44	-	-	561
7. Indústria benef. estadual	-	-	-	-	-	2	-	71	62	139	-	-	-	2.017	505	-	63	161	3.020
8. Indústria transf. estadual	-	-	-	-	0	18	7	0	64	72	-	-	-	99	3	6	19	-	288
9. Atacado estadual	-	-	6	1	14	224	345	61	1	290	-	84	-	-	79	-	-	-	1.106
10. Varejo urbano estadual	-	-	2	0	-	0	115	17	-	0	-	-	-	-	597	35	-	-	766
11. Indústria benef. nacional	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	600	-	0	-	-	97	-	698
12. Indústria transf. nacional	-	-	-	1	20	0	17	1	361	4	-	-	302	1.456	-	-	10	-	2.172
13. Atacado nacional	-	-	2	0	10	71	-	-	135	108	27	0	-	70	1	-	-	-	424
14. Varejo urbano nacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.190	63	7.253
Total de insumos	177	1.743	1.347	22	1.042	426	1.127	204	947	640	65	1.863	362	4.709	3.124	132	7.379	287	25.596
Valor Adicionado Bruto - VAB	2.828	322	1.376	56	397	134	1.893	84	159	125	633	309	62	2.543					
Salários	164	164	182	5	115	45	202	19	88	61	57	178	58	629					
Lucros	2.665	157	1.194	50	283	90	1.691	65	71	64	576	132	4	1.914					
Renda bruta	3.005	2.064	2.723	78	1.439	561	3.020	288	1.106	766	698	2.172	424	7.253					
Pessoal ocupado total	284	6	6	0	4	2	7	1	3	2	1	4	1	24					
Assalariados	21	6	6	0	4	2	7	1	3	2	1	4	1	24					

Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra observação é que a bioeconomia aqui considerada se restringe aos produtos *in natura* e manufaturados das indústrias alimentícias, fármacos e cosméticos conhecidos, e com processos e produtos estabelecidos (a exemplo da MIIP-AML). Desse modo, todo o potencial revolucionário da Bioeconomia 4.0, de alto valor agregado com uso convergente de tecnologia de ponta e conhecimento tradicional para novos produtos e substituição de insumos não-biodegradáveis, não foi considerado, visto a impossibilidade atual de serem incluídos nos modelos utilizados. Na visão restrita à bioeconomia consolidada, dois principais produtos primários e suas cadeias secundária e terciária se destacam: açaí e cacau, com mais de 85% do VA de toda a bioeconomia, por isso merecedores de análise pormenorizada nas próximas seções.

3.1 Desenvolvimento de cadeias da bioeconomia na Amazônia

3.1.1 A cadeia do açaí

A cadeia do açaí no estado do Pará é um exemplo de como um produto local pode provocar a criação e expansão de um setor através da multiplicação de arranjos produtivos existentes na cultura local, preservando a floresta e agregando valor no território. O açaí conseguiu permear as periferias e comunidades rurais, gerando renda para todos os elos da cadeia produtiva após a inovação no desenvolvimento de maquinário específico e heterogeneidade na difusão de pontos de comercialização. Nesse sentido, é um exemplo de economia urbana voltada para um produto da floresta.

As cidades amazônicas foram fundamentais para a formação dessa economia como mediadoras do processo de criação, difusão e consolidação de tecnologias inovadoras, que permitiram ganhos de escala para a economia local, ampliação dos mercados de insumos e equipamentos, aumento de produtividade, diversidade e diversificação (Bartoli, 2018).

A primeira mediação foi entre o conhecimento dos que dominavam a técnica do açaí e o desejo da elite de Belém de consumir o fruto sem perda de qualidade ou sabor (Calzavara, 1972; Ribeiro, 2016; Rodrigues, 2006; Rogez, 2000; Silva, 2017; 2021). A materialização dessa interação começou na década de 1950, sob inspiração de técnicas do século 19. Nessa época, foi criada a despulpadora manual de eixo vertical (Schwob, 2012), uma máquina inovadora, capaz de bater o açaí de modo suave, o que preserva o sabor de preferência local. Ainda hoje, permanece como modelo básico entre os equipamentos usados pelos batedores artesanais de açaí.

A difusão do processo colaborou para a expansão do consumo de açaí em Belém e nos centros urbanos próximos. Surgiram pontos de venda da polpa, particularmente na periferia da capital paraense. Esse ganho de escala viabilizou a permanência do açaí na dieta urbana em áreas onde a população crescia aceleradamente, como Belém nos anos 1970¹⁸ (Silva, 2021; Ventura Neto et al., 2020). Propiciou também o aumento do número de batedores e a expansão da comercialização para as feiras de todo o estuário do rio Amazonas, com manutenção das características de sabor e densidade (Brondízio, 2004).

As redes de produção e distribuição articuladas sobretudo às trajetórias tecnológicas dos pequenos produtores e agroextrativistas mostraram-se suficientemente resilientes e capilarizadas no território. Essas duas características se tornam fundamentais para fortalecer a produção e distribuição de outros artigos da biodiversidade amazônica, primeiramente porque componentes de uma mesma estrutura produtiva de diversidade sazonal, e, também, porque o beneficiamento do açaí podia ocorrer em convergência com a produção de óleos, fibras, gorduras vegetais, etc.

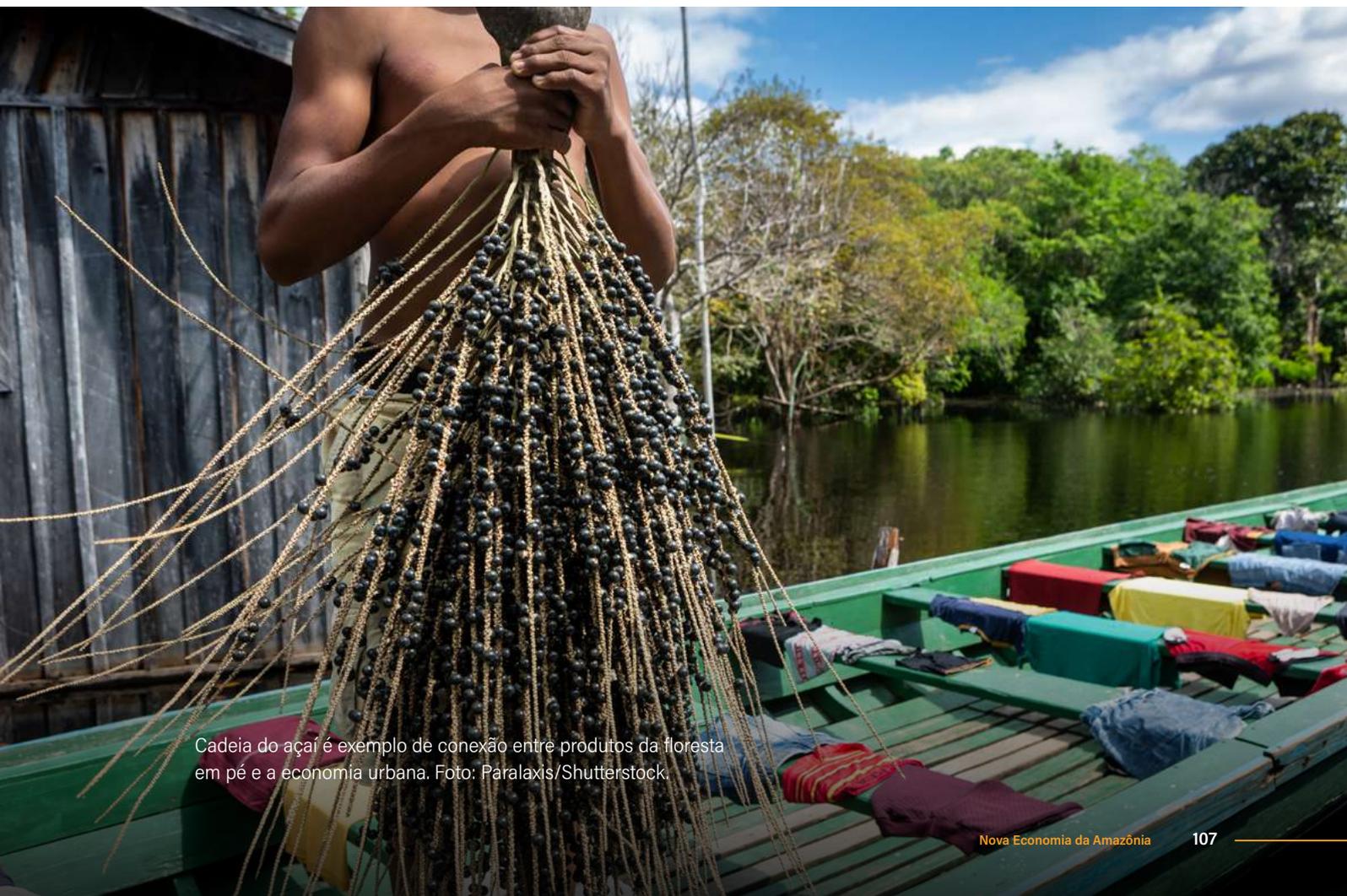
Será a partir do processo de evolução, complexificação e aprofundamento dos elos da cadeia, assim como dos hábitos de consumo de açaí entre a população urbana de cidades como Belém, que uma nova dinâmica de adensamento e aprofundamento da cadeia de produção e comercialização do fruto se expande. O que, em grande medida, foi impulsionado pelo próprio processo de expansão da sua escala de processamento e consumo.

Nesse sentido, os centros urbanos da região passam a cumprir um duplo papel: por um lado, crescem como mercado consumidor; de outro, funcionam como centro de mediação para o desenvolvimento e experimentação de novos produtos e processos em ritmo compatível com a escala de crescimento da diversidade local.

Já o mercado para o açaí fora da Amazônia se aqueceu a partir dos anos 2000. Naquele momento, pesquisadores e gestores públicos dos níveis estadual e federal perceberam o significado estratégico da cadeia, que permitia desenvolvimento regional baseado em uso sustentável do bioma amazônico. Embora não se falasse em bioeconomia, os principais conceitos já estavam presentes na discussão.

Costa et al. (2006) investigaram de maneira pioneira o que passaria a ser concebido como a emergência de um novo Arranjo Produtivo Local (APL) de processamento de frutos, onde parecia se destacar o aparecimento de indústrias de polpa no nordeste paraense e na região metropolitana de Belém (Costa et al., 2010; Costa, 2012).

O que pode parecer apenas a expansão de um determinado mercado foi, na realidade, um conflito concorrencial entre dois arranjos produtivos muito diferentes. De um lado, havia um arranjo baseado em milhares de pequenas unidades produtivas pulverizadas pelo território que preservavam técnicas de produção da polpa, atendendo a preferências locais e gerando emprego e renda para a população. Do outro, emergiram grandes unidades industriais com processos de produção e apresentação do produto que seguiam padrões de exportação desconectados do gosto local, com a riqueza gerada escapando para outras regiões. Apellido de “açaízação”, o processo que caracteriza esse arranjo produtivo é a monocultura, avesso aos princípios da bioeconomia bioecológica.



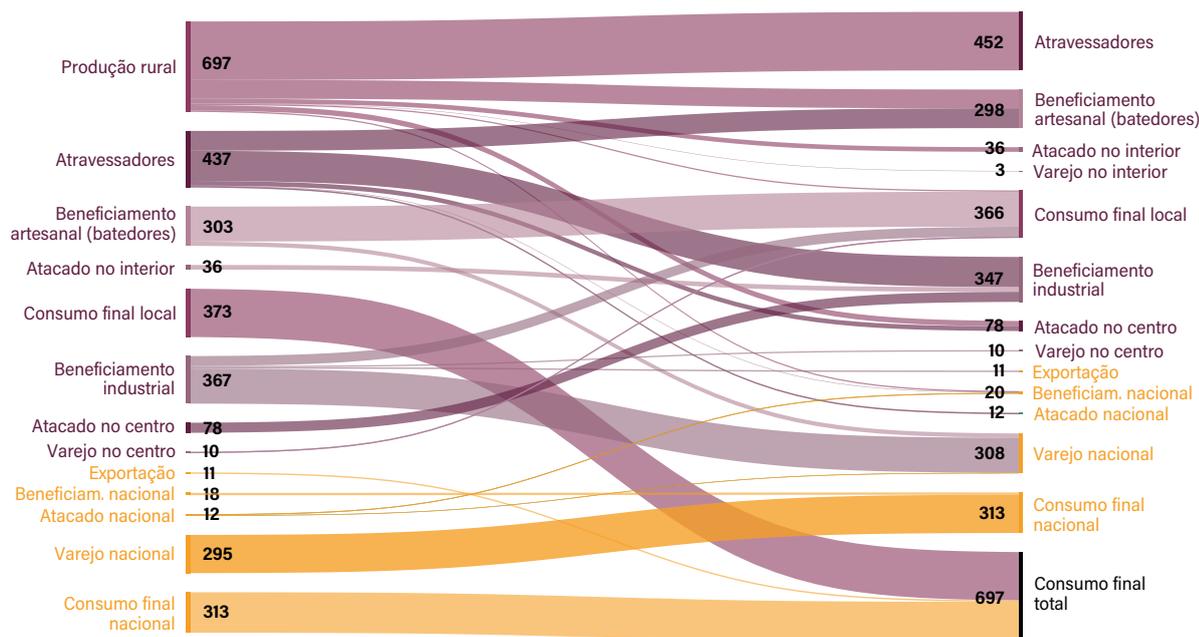
Cadeia do açaí é exemplo de conexão entre produtos da floresta em pé e a economia urbana. Foto: Páralaxis/Shutterstock.

Dados de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) indicam que, em 2020, culturas permanentes responderam por 87% do VBP de açaí. O extrativismo vegetal ficou com 13%. Todavia, em trabalho de meados da década de 2000, Brondízio (2004) discutiu as dificuldades e incertezas sobre a categorização de estabelecimentos e classificação da produção do açaí como extrativo ou agrícola. Brondízio (2004) destacava que a persistência da produção extrativa e sua importância relativa nas quantidades produzidas, conjugada com a inadequação da classificação binária (extrativa versus agrícola), colocava desafios para uma análise mais matizada da atividade¹⁹. Fato é que, diante desses problemas de registro e percepção, os dados oficiais (IBGE, 2019)²⁰ disponíveis para a atividade têm ainda séries históricas limitadas.

Em contrapartida, a metodologia das Matrizes a partir das Contas Sociais é capaz de uma análise mais granular da produção de açaí, categorizando-a de forma diferente daquela utilizada pelo IBGE. Para a MIP-Alfa existem dois arranjos produtivos concomitantes para o açaí. O primeiro voltado para suprir as demandas de fora da AML e o segundo construído para satisfazer a população local, sendo que ambos são benéficos para a região.

Atravessadores e atacadistas do interior são os principais responsáveis por abastecer a indústria da polpa que, por sua vez, fornece para os mercados externos. As relações entre atravessadores, atacadistas do interior e empresas de beneficiamento industrial formam o arranjo produtivo voltado para regiões fora da AML. Os fluxos dessas relações entre os diferentes atores da cadeia do açaí são demonstrados a seguir.

Gráfico 15 | Fluxos de produtos que fundamentam as cadeias de valor do açaí-polpa (t) em 2020



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados das Contas Sociais Alfa.

O arranjo produtivo não voltado para o mercado local processa 47% da produção, gerando 49,6% do VBP (47% no mercado nacional e 2,6% no mercado internacional). O VA gerado nesse arranjo foi de aproximadamente R\$ 4,7 bilhões. No centro dele está o processamento industrial da polpa, responsável pela maior parcela de VA em toda a cadeia (R\$ 1,2 bilhão, cerca de 25% do total).

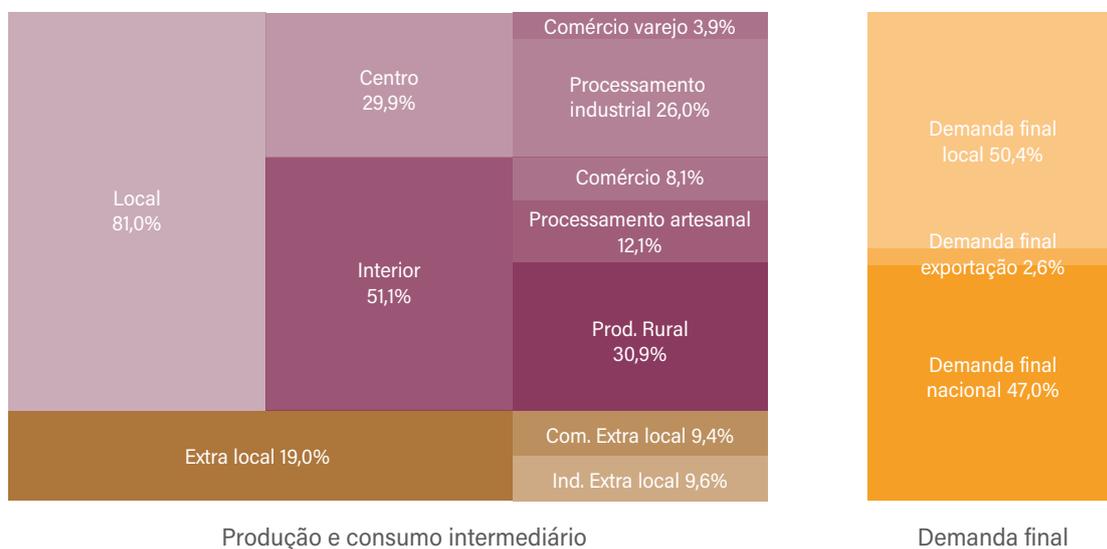
O registro de empresas ativas da Receita Federal indica que as plantas de beneficiamento industrial se concentram na Região de Integração do Guajará, seguida pelas do Tocantins e do Guamá (Belém). Zonas urbanas permitem interação entre escala e estabilidade do consumo e adensamento dos processos de divisão social e técnica do trabalho e das redes de agentes ligadas à cadeia de valor do açaí.

O beneficiamento artesanal feito pelos batedores de açaí atende a 80% da demanda local de polpa, relacionada ao consumo cotidiano como item da dieta paraense. Para atender à demanda local, os batedores adquirem o fruto diretamente dos produtores ou compram de atravessadores a parcela que eles não negociaram com a indústria. Essas interações formam um arranjo produtivo voltado para dentro.

Conforme explícito no gráfico a seguir, o arranjo produtivo voltado para dentro processa 53% dos frutos coletados, o que representa 51% do VA.

De um total de R\$ 1,08 bilhão, os batedores são responsáveis por cerca de R\$ 546 milhões. Quando se considera o VA total dos dois arranjos, verifica-se que 81% do agregado é gerado no interior da economia do Pará. Ou seja, a economia paraense, além do que é gerado e consumido localmente, ainda absorve 49,6% do valor referente à economia de outros estados da AML. Dessa forma, o açaí se revela uma importante base de dinamismo da economia regional, com forte participação da exportação. O Gráfico 16 apresenta as relações envolvidas.

Gráfico 16 | Distribuição de VA por renda e por destino do produto na cadeia do açaí-fruto



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados das Contas Sociais Alfa.

Considerando a economia do açaí sob a perspectiva da geração de postos de trabalho, o emprego total nas cadeias e nos arranjos produtivos locais, em 2020, foi de 164,4 mil trabalhadores. Desse total, 86% foram postos de trabalhos na produção rural. Além desses, 2% dos postos de trabalho foram gerados na intermediação primária, isto é, os atravessadores. No processamento artesanal da polpa, os chamados batedores, somaram 3% desses postos de trabalho. No processamento industrial, 3%, e nas economias não locais, 5%.

A característica de intensividade do fator trabalho na cadeia do açaí é positiva. Esse ponto, que a princípio pode parecer um sinal de precariedade, talvez aponte para uma nova forma de relacionamento com o uso do solo. Isso porque os processos de

transição da produção primária (agroextrativista), partindo de uma condição trabalho-intensiva, têm prevalência mais frequente de tecnologias afeitas à homogeneização da produção e do espaço. Contudo, tal homogeneização é de difícil conciliação com economias baseadas na sociobiodiversidade.

Em conclusão, ao ser analisada de um ponto de vista geral, a cadeia do açaí paraense cumpre os requisitos da bioeconomia amazônica. Possui raízes locais profundas, utiliza-se de conhecimentos tradicionais, como o manejo do açaí, aprimorando-o com inovações tecnológicas, como a máquina despulpadora, e cria vários e disseminados postos de trabalho, cuja maioria é no próprio território. Além disso, absorve a riqueza gerada pelo produto com adicional de 49,6%.

3.2.2 A cadeia do cacau

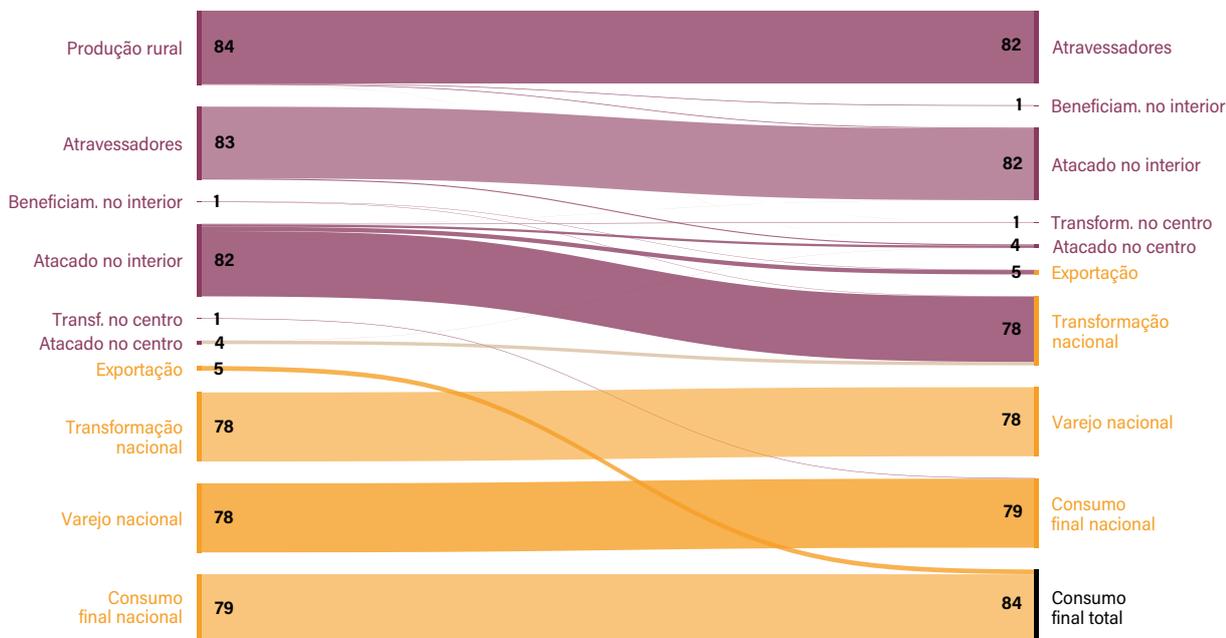
A cadeia do cacau apresenta uma trajetória econômica de produto florestal distinta do açaí. Indica como um produto nativo, a depender do processo produtivo e de comercialização, pode não alcançar os requisitos necessários para uma bioeconomia que valorize a diversidade biológica e social ou gere riqueza que permaneça no território beneficiando populações locais. Diferentemente da cadeia do açaí, as atividades ligadas ao cacau não têm permeabilidade em todas as camadas sociais, nem aprimoramento tecnológico no manejo da fruta e de seu processo produtivo.

No território brasileiro, o cacau é produzido principalmente no Pará (49%) e na Bahia (45%). O último Censo Agropecuário de 2017 contabilizou 93 mil estabelecimentos produtores no país. Há um forte protagonismo da agricultura familiar, responsável por 75 mil desses estabelecimentos. A atividade ocupou 160 mil pessoas na agricultura familiar e 46 mil na não familiar, totalizando 206 mil trabalhadores.

Em termos de volume, a produção de amêndoas de cacau alcançou 160 milhões toneladas em uma área colhida de 504 mil hectares. A produção familiar foi responsável por 57% desse total, em 51% da área, com rendimento médio de 286 quilos por hectares e VBP de R\$ 590 milhões (55%). No estado do Pará as lavouras cacauceiras do Baixo Tocantins têm destaque. Elas são constituídas por sementes nativas da região, cultivadas em sistemas agroflorestais à sombra das árvores, em consórcio com outras espécies de valor econômico. Em 2019, foram colhidas 4,1 mil toneladas em 9,6 mil hectares (428 quilos por hectare).

No Pará, os produtores de cacau têm praticamente uma única entrada na cadeia de valor: os atravessadores no interior, que recebem 98% da amêndoa. A produção local de manufaturados, que inclui o chocolate, é muito restrita, isolada e sem efeitos de escala. Assim, embora a participação de pequenos produtores seja muito grande na cadeia, é apenas no setor primário que ocorre essa permeabilidade, de forma que todos os setores a montante se afunilam em grandes empresas. Os fluxos da cadeia são ilustrados no Gráfico 17.

Gráfico 17 | Fluxos de produtos que fundamentam as cadeias de valor do cacau-amêndoa (t) em 2020



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados das Contas Sociais Alfa.

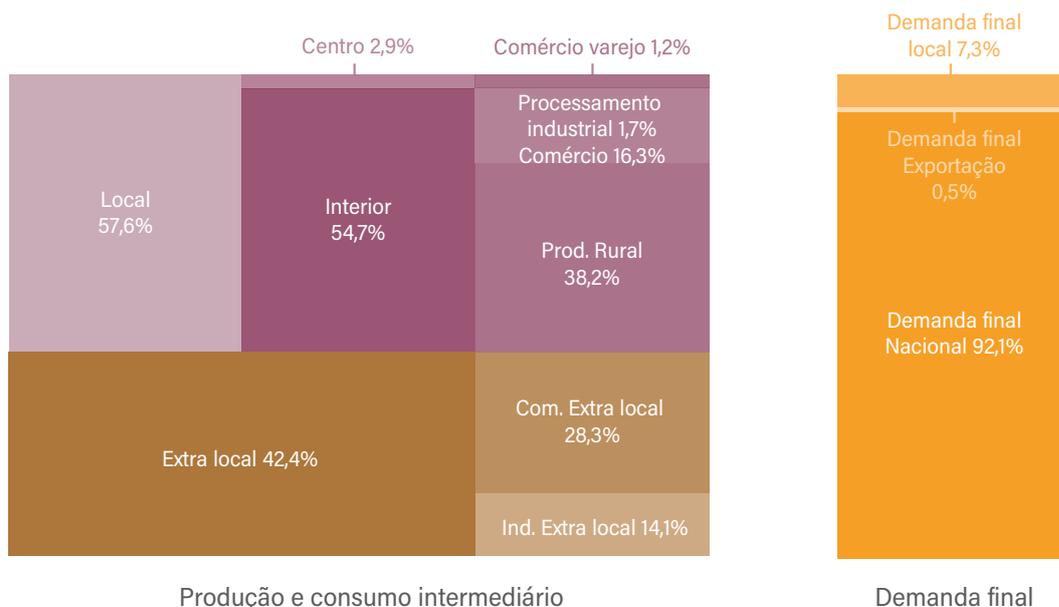
Os atravessadores e os atacadistas fazem a mediação entre a economia local e a exportação para os mercados doméstico e internacional. Nesse elo da cadeia, os atacadistas lideram. A base de dados da Receita Federal registra 356 empresas dedicadas ao comércio atacadista de cacau no Pará. Quase metade (48,5%) está localizada na Região de Integração do Xingu, sobretudo nos municípios de Medicilândia e Altamira. Depois vêm as regiões do Tocantins e do Guamá, com pouco mais de 9% cada. Na região do Xingu paraense, onde a produção é importante, comerciantes nacionais e internacionais criaram unidades de moagem (Mendes, Mota e Silva, 2018).

Comparada à cadeia do açaí, a do cacau é menos densa e capilarizada. O padrão de uma cadeia é quase o oposto da outra, em parte porque as características bioquímicas do açaí exigem o processamento rápido após a colheita. Já o cacau, especialmente a amêndoa, não precisa de um aparato de processamento com o mesmo nível de complexidade tecnológica. Não por acaso, as atividades logísticas e comerciais, exercidas pelos atacadistas, são o aspecto principal da economia urbana da cadeia do cacau. Apesar dos empecilhos, têm surgido iniciativas nas principais regiões produtoras do Pará para verticalizar a cadeia do cacau.

A indústria nacional processou 93% da produção paraense de amêndoas de cacau (6% vão para a indústria internacional) e reteve R\$ 206 milhões do VA. O varejo ficou com R\$ 615 milhões. O processamento primário está concentrado em quatro grandes empresas globais, que controlaram 65% do mercado e dois terços da capacidade de moagem no período de 2006 a 2015 (Amiel et al., 2018, p.12 apud Carimentrand, 2020). Nos últimos anos, esses quatro grupos iniciaram atividades em cidades paraenses (Altamira, Medicilândia, Uruará e Belém), mas a maior parte da transformação em derivados de chocolate ocorre fora da Amazônia, principalmente em indústrias localizadas no sul da Bahia e em São Paulo.

Todavia, tem crescido o número de micro e pequenas empresas dedicadas à fabricação de derivados de cacau e chocolate. Predominam os empresários individuais (96%), grupo que cresceu mais de 13% ao ano na última década, atingindo em 2019 quase 1,3 mil empresas a mais que em 2010. No que diz respeito ao mercado do trabalho, a economia do cacau gera 98,4 mil empregos no Pará (82% ligados à produção rural, 8% no comércio e na indústria locais e 10% no comércio e na indústria nacionais).

Gráfico 18 | Distribuição de VA por renda e por destino do produto na cadeia do cacau-fruto em 2020



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados das Contas Sociais Alfa.

Traçando um paralelo entre as duas cadeias, a do açaí possui uma característica de maturação endógena, isto é, o mercado consumidor local e regional teve um papel importante de solidificação do produto, tanto criando uma demanda constante como ramificando o mercado para diversos pontos de revenda em bairros periféricos de Belém e dos arredores.

Em contrapartida, a cadeia de cacau, desenvolvida para suprir demandas exógenas à região, não produziu efeitos similares. Nesse sentido, as cidades amazônicas não tiveram um papel significativo, não houve ramificações de inovação nos processos de produção e distribuição do produto, de modo que hoje os principais pontos de beneficiamento da amêndoa estão situados fora da AML.

3.2.3 A cadeia da restauração

A restauração de paisagens e florestas (RPF) é um termo globalmente utilizado para se referir a um conjunto de estratégias e práticas de recuperação de áreas degradadas, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, em especial através da restauração de ecossistemas e implementação de sistemas agroflorestais (Chazdon et al., 2016; Alves et al., 2022). A RPF está intimamente ligada à bioeconomia, justamente por se embasar na geração de benefícios

econômicos e sociais através da expansão da cobertura vegetal nativa e sistemas agroflorestais – que na AML têm forte componente de açaí e cacau.

Os efeitos positivos da RPF se estendem para muito além dos sistemas agroflorestais. A recuperação, manejo e conservação de ecossistemas reabilitam as paisagens no fornecimento de serviços ecossistêmicos essenciais a toda produção econômica. Constituem-se em uma das estratégias com melhores relações de custo-efetividade no sequestro e estocagem de carbono, além da oferta de serviços ecossistêmicos como regulação climática e irrigação pluvial (Fagan et al., 2020).

O reconhecimento global de que descarbonizar a matriz energética sem criar novas fontes de sequestro e estocagem de carbono não é suficiente para atingir as metas do Acordo de Paris, tem orientado compromissos de restauração maciça de ecossistemas e recuperação de áreas degradadas. O Bonn Challenge, iniciativa mundial lançada em 2011, reúne uma série de compromissos nacionais e internacionais – tendo o Brasil como signatário –, visando recuperar 350 Mha até 2030. Em 2020, cerca de 170 Mha já haviam sido globalmente comprometidos para restauração, com outros 230 Mha em negociação, conjugados com iniciativas voluntárias paralelas, o que indica clara possibilidade de que se possa superar as metas de Bonn (Fagan et al., 2020).



Trabalho de cuidado do solo em restauração florestal. Foto: Idesam.

Em linha com os desafios globais para manter o aquecimento em 1,5 °C, como mostrado no Capítulo 2, atingir a meta de emissões líquidas acumuladas de 7,7 GtCO₂ em 2050 – alcançável apenas no cenário NEA – exige zerar os desmatamentos e mudar a matriz energética, mas também restaurar 24 Mha de vegetação nativa na AML para aumentar a capacidade de sequestrar carbono e neutralizar emissões inevitáveis – como fermentação entérica resultado da pecuária, e algumas fontes fósseis de energia que permanecem para além de 2050. Outros 1,5 Mha adicionais ao cenário REF seriam dedicados a sistemas agroflorestais.

O Brasil já dispõe do escopo legal – a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) (Brasil, 2017) – e já assumiu diferentes compromissos globais que incluem a restauração de paisagens e florestas. A primeira NDC, apresentada em 2015, previa a restauração de 12 Mha de vegetação nativa, recuperação de 15 Mha de pastagens e implantação de 5 Mha de sistemas integrados e agroflorestais. Apesar das atualizações subsequentes de 2020 e 2021 não preverem essas metas, elas permanecem relevantes, eis que são lastreadas no Código Florestal Florestal e no Planaveg. Na AML, a necessidade de restauração apenas para cumprimento do Código é de aproximadamente 6,3 Mha (levantamento de 2013, portanto presumivelmente já defasado), o que significa apenas um terço da área necessária para atingir o cenário NEA (Imaflora, 2023).

É fundamental mencionar que as mudanças na respectiva lei, em 2012, diminuíram drasticamente os déficits de Área de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RLs) preconizadas na lei anterior (Lei nº 4.771/1965), reduzindo conseqüentemente as áreas obrigatórias a serem restauradas. Somente na AML, as mudanças na lei reduziram em nada menos do que 9,1 Mha a área legalmente a ser restaurada (Soares-Filho et al., 2014). Mesmo se a restauração obrigatória fosse pautada na lei anterior, somariam compromissos de 15 Mha, 9 Mha aquém

Quadro 14 | Sistemas agroflorestais já alcançam sucesso comercial na Amazônia brasileira

O projeto Verena, do WRI Brasil, teve como objetivo demonstrar a viabilidade econômica de investimentos em silvicultura de espécies nativas e Sistemas Agroflorestais no Brasil. Entre os casos incluídos, está o da Cooperativa Agrícola Mista de Tome-Açu (Camta). Atualmente, são produzidas e comercializadas culturas agrícolas adequadas à condição da Amazônia por meio de sistemas agroflorestais. Esse modelo se sustenta em função da permanência de diversas culturas que geram renda numa determinada área, formando uma cadeia sucessiva de produção em curto, médio e longo prazos, sendo prioritárias as culturas do cacau, do açaí e da andiroba, mas também produzidas outras polpas de frutas processadas, pimenta do reino e espécies madeireiras.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Batista et al. (2021).

da necessária restauração para neutralização de carbono como estimado no presente estudo.

Compromissos de RPF excedem imposições legais e metas ambientais. Relatório do IPCC destaca que a RPF também é parte central da construção de segurança alimentar. As condições fundamentais para isso são a produção de mais alimentos onde há notória escassez, valorização do comportamento de demanda comedida, maior eficiência no uso dos fatores de produção e fortalecimento da governança em todas as esferas de oferta, demanda e acesso a alimentos. No cenário de mudanças climáticas, isso implica restaurar as áreas degradadas, escalar os sistemas agroflorestais com conhecimento, insumos e preferências locais, priorizar a conservação de mananciais e aquíferos, enfatizar a conservação e restauração da vegetação nativa e seus serviços ecossistêmicos, disseminar práticas de agricultura de baixo impacto,

escalar sistemas de fomento, crédito e subsídios cruzados para sistemas sustentáveis, rastreabilidade e certificação de origem (Mbow et al., 2019).

Como mostra o cenário NEA, zerar os desmatamentos e promover a restauração gera uma série de benefícios econômicos e ambientais, a começar pelo incremento de serviços ecossistêmicos. Como estimado no Capítulo 2, em relação ao ano-base 2020, é esperado aumento no estoque de carbono em 5%, diminuições na disponibilidade hídrica em 4% e diminuição de 5% nas perdas de nutrientes do solo. Os benefícios em relação ao cenário REF são muito mais pronunciados, com sequestro de carbono 19% maior, escoamento superficial de água 13% menor e perda de nitrogênio e fósforo 16% e 18% menores, respectivamente.

Impactos econômicos e em empregos também seriam notórios. Estimou-se neste relatório a necessidade de investimentos da ordem de R\$ 211 bilhões até 2050, com geração de 521 mil empregos. Somente na coleta de sementes seriam 9,2 mil empregos fixos para indígenas, com geração de renda próxima a R\$ 265 milhões e receita total gerada de R\$ 395 milhões, enquanto na produção de mudas, outros 12,1 mil empregos fixos seriam gerados, com receita bruta total de R\$ 45 bilhões.

Cumpramos avaliar que, como destacado no Capítulo 2, os investimentos necessários e os empregos gerados na restauração são os únicos valores exógenos estimados a partir dos resultados dos modelos que apontaram a necessidade de restaurar os 24 Mha de vegetação nativa. Por limitação técnica, as receitas geradas pela floresta restaurada foram incorporadas à cadeia da bioeconomia (extrativismo não exaustivo com produtividade e preços idênticos ao ano-base 2020), enquanto os custos de implantação da restauração foram considerados externos a ela, mas pertencentes à própria cadeia da restauração como atividade estruturante da base florestal a partir da qual a bioeconomia é explorada. Nesse sentido, os investimentos para restauração são idênticos aos custos de implantação (pela ótica da demanda por restauração) e receitas (pela ótica da oferta da restauração). Para simplificação, não foi considerada a restauração para comercialização de produtos madeireiros.

Para a restauração dos 24 milhões de hectares, assumiu-se como técnica predominante de restauração a Regeneração Natural Assistida (RNA). O método se limita ao cercamento da área para minimizar distúrbios no processo regenerativo e pode ser aplicado com mero isolamento ou com enriquecimento pelo plantio de mudas. Esses métodos apresentam melhor custo-efetividade e são mais adequados em paisagens com matriz fragmentada, mas com alta frequência de remanescentes florestais (ver Quadro 15). Seguiu-se a distribuição de métodos de restauração do cenário 5 de Urzedo et al. (2020). A Tabela 16 detalha a distribuição da restauração dos 24 Mha, segundo o método.

Tabela 16 | Restauração da AML no cenário NEA, por método de restauração

	Plantio ou semeadura total		Regeneração natural assistida (RNA)		Total
	Plantio Total	Semeadura total (muvuca)	RNA enriquecimento	RNA isolamento	
Área (ha)	4.875.463	243.773	6.094.329	13.163.751	24.377.317
Participação	20,00%	1,00%	25,00%	54,00%	

Nota: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores e adaptado de Urzedo et al. (2020).

Para definir a quantidade necessária de sementes, foi estimada a demanda adequada para cada método de restauração, atualizando-se os preços definidos por Urzedo et al. (2020) pelo IGP-M, enquanto a receita total (ou custo total das sementes

demandadas) foi calculado a partir do valor médio de R\$ 53,35 por quilo de semente, obtido como valor médio em consultas a quatro redes de sementes. A Tabela 17 exibe a quantidade de sementes demandada, bem como empregos e receita das sementes.

Tabela 17 | Sementes nativas, empregos e receita total no cenário NEA

Método de restauração (kg de sementes requeridas)				Empregos coleta	Empregos técnicos, operacionais, comercialização	Receita total (R\$ de 2020)
Plantio total	Muvuca	RNA enriquecimento	RNA isolamento			
1.251.044	5.640.911	512533	0	8.114	1.182	395.029.443

Nota: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores e adaptado de Urzedo et al. (2020).

Já a determinação das mudas requeridas foi realizada por adaptação de Silva et al. (2015) tomando-se os preços corrigidos pelo IGP-M, considerando valores de referência da Região Norte, bem como a formação de receita pela venda de 75% das mudas a preços de atacado e 25% a preços de varejo.

Empregos foram estimados pela elaboração de uma equação linear entre empregos e tamanho da produção em todo o Brasil, também apoiado em Silva et al. (2015), visto a ausência atual de viveiros com produções superiores a 120 mil mudas ao ano na AML. A Tabela 18 exibe os resultados.

Tabela 18 | Produção de mudas, empregos e receita total no cenário NEA

Mudas requeridas (milhões de mudas)	Viveiros (capacidade média de 120 mil mudas/ano)	Empregos na produção	Empregos técnicos, operacionais, comercialização	Empregos totais	Receita total (R\$ de 2020)
11.749.866.794	3.264	8.904	3.221	12.125	44.816.257.955

Nota: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores e adaptado de Silva et al. (2015).

Quadro 15 | Regeneração Natural Assistida para aumentar a escala da restauração na Amazônia

A RNA tem potencial de gerar grandes resultados sociais e econômicos. A técnica de baixo custo foi utilizada para que os produtores pudessem recuperar APPs e RLs e ter acesso a crédito e a mercados.

No Mato Grosso, o Instituto Centro de Vida juntamente com agricultores familiares ligados às cadeias do leite, horticultura, cacau e café puderam acessar recursos e ter certificação de orgânicos após adequação ao Código Florestal. A adequação ambiental recuperou mais de 100 hectares e beneficiou 600 famílias.

Outros exemplos de utilização da RNA podem ser encontrados no município paraense de Paragominas. Com apoio do Imazon, proprietários de imóveis optaram por regularizar o déficit de vegetação nativa por meio da RNA. Uma das fazendas ampliou a área de restauração de 66 para 757 hectares. A principal intervenção foi limitar o acesso do gado às áreas a serem recuperadas. Sem a pressão da degradação, a floresta pode se regenerar.

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Alves et al. (2022).

Finalmente, os valores para a cadeia completa foram considerados como o custo total por método de restauração, tomando-se preços de Nunes e Silva (2017) a valores corrigidos para 2020 pelo IGP-M, enquanto o total de empregos foi calculado com a intensidade-trabalho do VBP nas atividades

relacionadas à produção florestal, tendo como emprego a média de ocupações dos últimos cinco anos em produção florestal nativa, plantada e apoio à produção florestal (MTE, 2020) e VBP das atividades de extrativismo e silvicultura do IBGE (2022). A Tabela 19 apresenta os resultados finais.

Tabela 19 | Receita total e empregos na cadeia da restauração no cenário NEA

Plantio Total (R\$)	Muvuca (R\$)	RNA enriquecimento (R\$)	RNA isolamento (R\$)	Total (R\$)	Empregos totais
78.377.375.537	655.294.254	58.414.428.635	73.783.344.542	211.230.442.969	519.648

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o cenário REF, primeiro estimou-se a quantidade de vegetação nativa secundária utilizando-se regressão com bases históricas no Mapbiomas entre 1987 e 2020 (Mapbiomas, 2022), aplicados aos resultados de vegetação total em 2050 deste relatório, indicando 25,7 milhões de hectares de vegetação secundária em 2050. Posteriormente considerou-se que 6,23% desse total teria idade de regeneração igual ou superior a 30 anos, também conforme Mapbiomas (2022),

chegando a um montante de 1,57 Mha, estes tomados como RNA isolamento. Para os demais métodos, tomou-se a quantidade média de sementes produzidas na AML, conforme Urzedo et al (2020), projetando-se tal média para todos os anos do horizonte 2020 a 2050 e distribuídos entre os demais métodos de restauração conforme se fez para o cenário NEA. As tabelas a seguir detalham essa relação.

Tabela 20 | Restauração da AML no cenário REF, por método de restauração

	Plantio ou semeadura total		Regeneração natural assistida (RNA)		Total
	Plantio total	Semeadura total (muvuca)	RNA enriquecimento	RNA isolamento	
Área (ha)	243.223	12.161	304.029	1.574.633	2.134.045
Participação	11,40%	0,57%	14,25%	73,79%	

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 21 | Receita total e empregos na cadeia da restauração no cenário REF

Plantio Total (R\$)	Muvuca (R\$)	RNA enriquecimento (R\$)	RNA isolamento (R\$)	Total	Empregos totais
7.331.290.604	61.295.145	5.463.989.434	8.825.878.988	21.682.454.170	53.271

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Homem indígena realizando trama tradicional, Amazonas. Foto: Leandro Reichert/Shutterstock.

3.1 Bioeconomia indígena: um retrato a partir da escuta ativa de seus protagonistas

Apesar dos avanços na popularização das discussões sobre bioeconomia, os debates globais e nacionais sobre o tema não têm reconhecido suficientemente as experiências produtivas em bioeconomia lideradas por povos indígenas e populações tradicionais. Essa distorção precisa ser remediada, considerando que a economia sustentável em territórios indígenas é o que permite a esses povos continuarem a dar sua contribuição à preservação da vegetação natural em seus territórios e a seu legado cultural. Para os povos indígenas brasileiros, a palavra bioeconomia representa apenas uma nova maneira de descrever modos de produção tradicionalmente praticados, onde o respeito à natureza é uma peça fundamental.

Essa modalidade econômica, mesmo que já praticada nesses territórios, é pouco documentada na literatura científica, e seus protagonistas – empreendedores, associações, cooperativas e lideranças indígenas – pouco consultados a respeito de suas iniciativas e desafios. Em um esforço de redução dessa lacuna, o relatório traz os resultados de um levantamento que abrangeu iniciativas localizadas em nove estados da Amazônia brasileira. Esse esforço de pesquisa busca complementar a literatura disponível, oferecendo um registro amostral de entrevistas realizadas com 42 indígenas dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia,

Roraima, Maranhão e Tocantins. O registro enfoca as atividades produtivas e a forma como os indígenas percebem os desafios à sua realização.

A pesquisa de história oral foi escolhida como a forma mais adequada de registrar os dados da perspectiva dos povos originários da AML no tema da economia, procurando preservar as ideias, raciocínios e expressões utilizados por eles próprios. As entrevistas foram realizadas por meio de questionários semiestruturados, aplicados de forma presencial e online. Destas, 37 ocorreram presencialmente na edição de 2022 do Acampamento Terra Livre, promovido pela Articulação dos Povos Indígenas do Brasil (Apib), o maior evento de mobilização do movimento indígena nacional. As demais foram feitas on-line. Os entrevistados são, em sua maioria, líderes (homens, mulheres, jovens e anciões) envolvidos diretamente em atividades produtivas nas terras indígenas.

Os entrevistados foram ouvidos em relação aos seguintes temas: percepções sobre o termo bioeconomia indígena, atividades econômicas existentes nos territórios indígenas, dificuldades na consolidação dessas atividades, impactos percebidos das mudanças climáticas em seus territórios e propostas para melhorias da economia indígena na Amazônia. A seção a seguir apresenta os resultados dessa escuta, organizados de acordo com cada um dos temas da consulta.

Os entrevistados eram provenientes de territórios diversos em oito estados da Amazônia Legal, conforme demonstra a Figura 8.

Quadro 16 | Desenho amostral das entrevistas com indígenas

A pesquisa não teve por objetivo fazer análises estatísticas. A diversidade cultural dos povos originários da AML impede pretensões desse nível. Nesse sentido, a amostragem foi determinada pela busca de representantes de todos os estados da AML nos biomas Amazônia e Cerrado, selecionando pessoas reconhecidas pelas lideranças como legítimas para falar sobre economia e bioeconomia dentro de seus territórios.

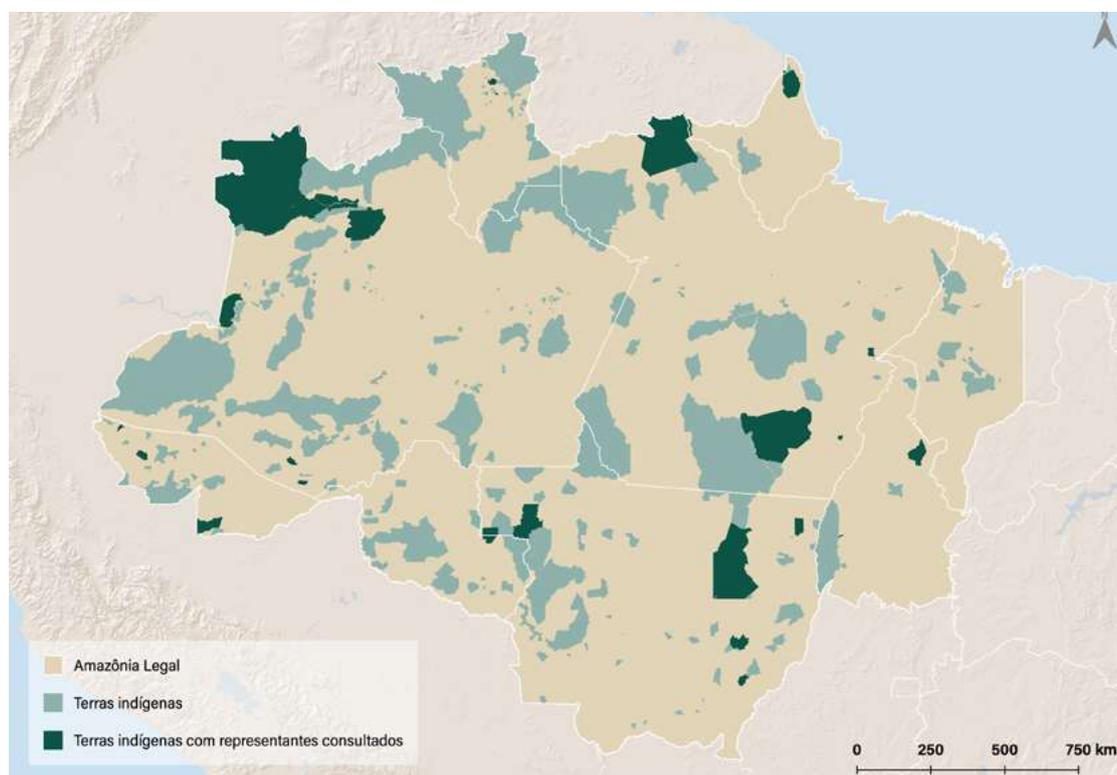
O questionário foi formulado pelos pesquisadores indígenas e não indígenas autores deste relatório, não perseguindo amostra exaustiva nem redundância ou saturação de informações, mas apenas buscando qualificar a amostra e, em alguns casos, indicar frequências, método útil quando aplicado no estudo de determinados grupos difíceis de serem acessados e em pesquisas exploratórias (Vinuto, 2014). Limitações importantes são: (1) a obtenção de permissões das lideranças, além do consentimento

do entrevistado; (2) restrições de tempo referente ao período de realização do Acampamento Terra Livre e (3) dificuldade de acesso físico e on-line a potenciais entrevistados após o retorno ao seu território.

É importante destacar que a pesquisa sobre bioeconomia indígena apresentada aqui é resultado de um multiplicidades de perspectivas, não indicando um consenso. Essa pluralidade de visões foi uma escolha metodológica de forma a espelhar a heterogeneidade das comunidades indígenas. O presente levantamento é inicial e pretende apenas introduzir o tema, que será aprofundado em produção futura.

No mais, as entrevistas realizadas no âmbito desse estudo foram conduzidas eticamente e em respeito as legislações aplicáveis. Para maiores informações, quanto tais aspectos, acesse o anexo desse relatório.

Figura 8 | Mapa das Terras Indígenas representadas pelos entrevistados



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3.1 Atividades econômicas indígenas

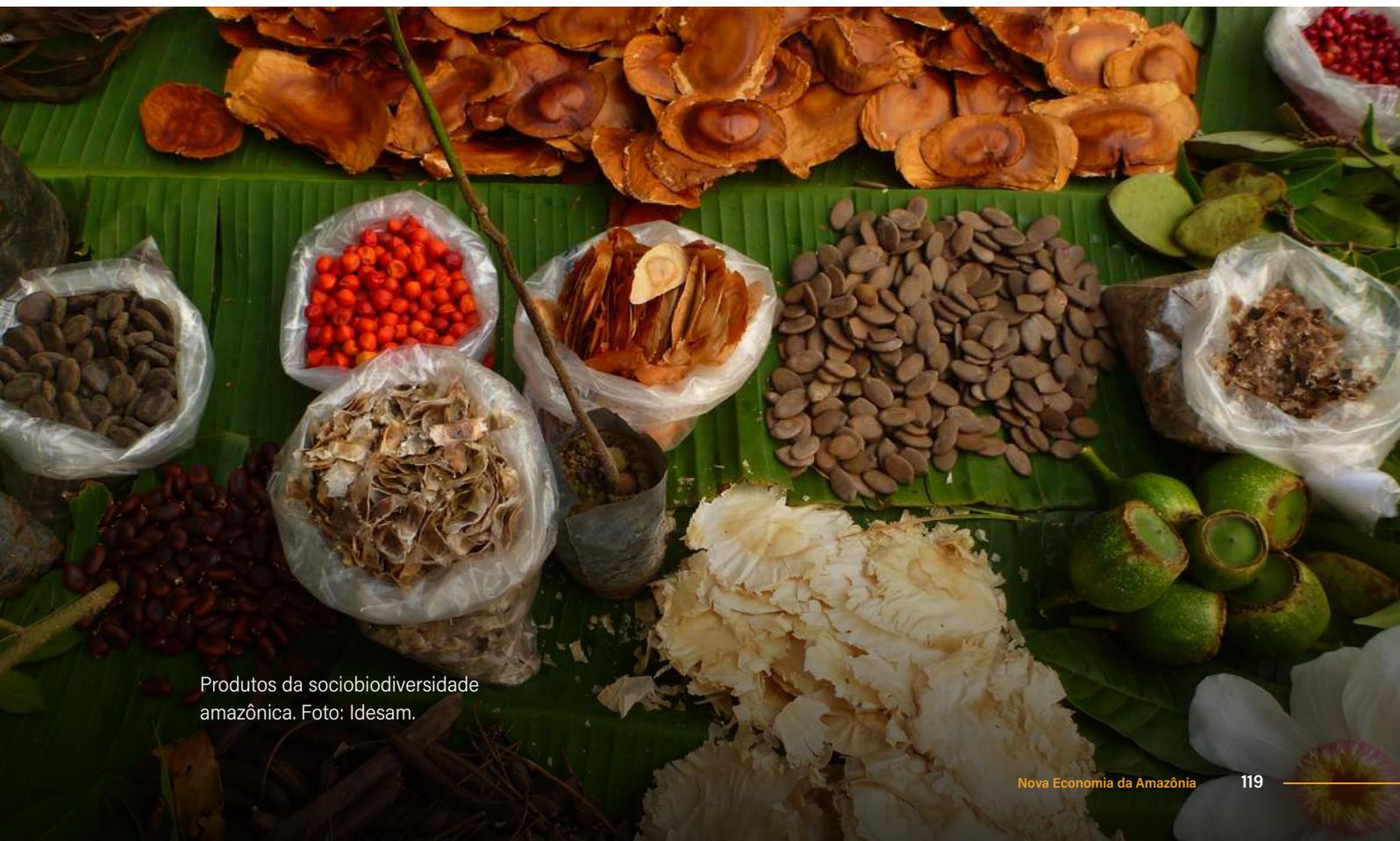
A economia indígena na AML, quando orientada pelos valores tradicionais, é definida mais pelos processos produtivos do que pelos produtos, embora sejam esses últimos o meio pelo qual se concretizam as trocas entre os diferentes povos e com pessoas não indígenas. A terra é o meio de produção que garante os insumos necessários e que define a divisão do trabalho. Há uma grande diversidade de arranjos produtivos e de papéis, conforme o uso e a cobertura do solo, o gênero, a idade e a função social do responsável pelo manejo.

Há entre as atividades econômicas citadas evidente relevância dos gêneros alimentícios, produtos florestais não madeireiros de diversos usos e manufaturas. É importante salientar que, para os indígenas consultados, a delimitação entre produtos da roça e do extrativismo, mesmo entre os de origem vegetal e animal, é bem estabelecida para alguns povos e muito tênue para outros, frequentemente sequer mencionada. A fim de facilitar a compreensão dos tipos e grupos de produtos, as respostas foram organizadas na Tabela 22.

A bioeconomia não se limita, portanto, à coleta, produção agrícola e manufatura, porque à sempre uma ligação evolutiva, entrelaçada pelos tempos da rotina da comunidade e da natureza, entre produto e processo.

Os processos produtivos se estruturam em três modalidades principais: iniciativas individuais ou autorais; organização em associações, cooperativas, coletivos e grupos de produtores; e iniciativas em nível familiar. Além dessas características, os entrevistados apontaram como marca da bioeconomia indígena a presença de elementos comunitários, como repartição de benefícios, arrecadação de recursos e diálogo com a herança coletiva ancestral. Os entrevistados também citaram o cultivo de muitas variedades de mandioca e a manufatura de derivados (farinha, beiju, tapioca e curada) como importantes contribuições indígenas à bioeconomia das florestas tropicais. A relevância não está apenas na função nutricional desses alimentos, mas estende-se ao papel desempenhado pela herança indígena na cultura popular da Amazônia.

Nesse sentido, foram coletados relatos das principais atividades econômicas citadas, dispostos na tabela a seguir.



Produtos da sociobiodiversidade amazônica. Foto: Idesam.

Tabela 22 | Atividades econômicas citadas

Tipo	Grupo	Respostas	Itens citados em pelo menos 3 entrevistas
Gêneros Alimentícios	Produtos da roça	28	Abacaxi, Abóbora, Açaí, Amendoim, Arroz, Banana, Batata, Café, Cana, Cítricos (Laranja, Limão, Tangerina), Feijão, Inhame, Mandioca, Melancia, Milho e Pinha
	Produtos do extrativismo	6	Açaí, Bacaba, Borracha, Buriti, Cacau, Castanha, Coclão da Mata, Coco de Babaçu, Cumarú, Cupuaçu, Murici, Pataúá, Sal Yawalapiti, Tucumã e Urucum
	Óleos	3	Andiroba, Coapíba, Pequi, Tucumã
	Apicultura	3	abelhas nativas diversas
	Pimentas	3	pimentas diversas
	Galinhas e patos	1	na
	Pesca e manejo de peixes	1	na
Manufaturas	Artesanato	17	na
	Farináceos	17	farinha de mandioca, fubá e curadá
Restauração Florestal	Sementes	3	na
	Mudas e manejo florestal	4	na
Outros	Cosméticos e pintura corporal	1	na
	Turismo	1	na
	Criptomoeda	1	na
	Literatura	1	na

Nota 1: A coluna Respostas indica o número de participantes que citaram o grupo de produtos e serviços, enquanto a de Itens mais citados apresenta as menções com pelo menos 3 citações.

Nota 2: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A roça, quando assim reconhecida, é descrita como um sistema de policultura multifuncional em que se combinam cultivares alimentícios, ervas medicinais, corantes e produtos têxteis, todos eles reconhecidos como bioeconomia. O artesanato aparece como uma importante manifestação cultural e econômica, com grande participação de mulheres e jovens. Os subprodutos de frutos e sementes coletados em florestas primárias costumam ser usados como matéria-prima para essa atividade.

Os frutos e sementes podem ser consumidos in natura, processados como óleos ou manufaturados por meio de cozimento ou torrefação. Esses produtos servem para a subsistência e para o abastecimento de mercados externos à terra indígena. Há uma atenção especial com as palmáceas (açaí, buriti, palmito, tucum e bacaba), as amêndoas e as castanhas (brasil, baru, cumaru e pequi), como pode ser visto na Tabela 22.

Os entrevistados citaram muitas iniciativas sustentáveis que estão em andamento nos seus territórios. A Rede de Sementes do Xingu, por exemplo, mobiliza mais de mil coletores, com pagamentos periódicos equivalentes a um salário mínimo. Essa iniciativa, que valoriza a diversidade cultural e os conhecimentos indígenas e dirigidos à restauração, tem capacidade de movimentar mais de US\$ 140 milhões para cumprimento das metas da NDC brasileira (Urzedo et al., 2020). Como parte do projeto, há incubadoras de tecnologia de seleção, de tratamento e de armazenamento de sementes nativas, baseadas na criatividade empírica, com alta capilaridade. O propósito da rede é aumentar a cobertura vegetal nativa em áreas ilegalmente desmatadas. Segundo um dos entrevistados, a economia da restauração promovida “fornece diversidade biológica de sementes para formar uma floresta completa”.

A restauração com características da bioeconomia é uma pauta visível nas iniciativas indígenas. O Projeto Umatalhi (a palavra significa união e respeito, na língua Yawalapiti) é um exemplo. Antigas roças da aldeia Tuatuari, no Xingu, estão sendo regeneradas. As crianças participam, estimuladas a plantar espécies de grande importância para sua cultura. O ato de cultivar a floresta resgata a união e o respeito entre as gerações ancestrais e a juventude Yawalapiti.

Entre os Baniwa, Kayapó, Borari e Sabanê existem projetos de comercialização de farinha com identificação de origem, contribuindo para a visibilidade e a valorização do produto. O povo Paiter Suruí produz café orgânico, que é comercializado nacionalmente por meio de uma parceria com a empresa 3 Corações. Outra iniciativa de importância citada pelos entrevistados é o Selo Origens Brasil, rede colaborativa que busca ampliar o mercado para os produtos florestais e promover o reconhecimento do Sistema Agrícola do Alto Rio Negro como patrimônio cultural do Brasil pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan).

3.3.2 Principais dificuldades enfrentadas pelos indígenas

Questionados sobre o termo bioeconomia, 21% dos indígenas afirmaram desconhecer a palavra e 31% disseram que, apesar de nunca a ter ouvido, gostariam de saber mais a respeito. Apenas 15% dos entrevistados afirmaram conhecer a palavra, mesmo sem se identificar como participantes ou promotores da bioeconomia. Por outro lado, os que disseram estar desenvolvendo bioeconomia indígena em seus territórios representam 28% da amostra.

Contudo, as entrevistas demonstraram que há uma barreira na linguagem. Quando exemplificado o conceito, os indígenas têm muito a dizer sobre ele. Na perspectiva desses povos, bioeconomia se traduz como sustentabilidade dos recursos e técnicas naturais, por meio do conhecimento ancestral, que resulta da relação dos indígenas com seu território.

Os povos indígenas compreendem e discutem todos os assuntos exteriores às suas aldeias, mas com seus próprios termos e conhecimentos. Por isso, para discutir qualquer assunto é essencial levar em consideração a realidade dos seus territórios. Além de serem os guardiões do saber local, os indígenas adquirem novos conhecimentos e se adaptam às situações. Assim, o fator produtivo da bioeconomia não é visto como um problema, podendo se encaixar sem dificuldade nas práticas diárias e na cultura dessas populações.

Os problemas são de outra dimensão: logística, comercialização, produção agrícola e conectividade. As grandes distâncias entre as terras indígenas, e entre elas e os povoados ou cidades, dificultam o deslocamento, tanto para venda de produtos quanto para interação com outras comunidades. A carência de apoio público no transporte e os altos preços da gasolina limitam o acesso a mercados e impõem aos indígenas submissão a intermediários (atravessadores e marreteiros), com baixo poder de negociação.

A comercialização está intrinsecamente relacionada aos problemas de logística, mas tem tópicos específicos que precisam ser considerados.

O mais frequente deles é a percepção de que os produtos indígenas são desvalorizados e preteridos por similares vendidos em estabelecimentos convencionais, como “mercados”, “fruteiras”, “estivas” e “quitandas”. Outra percepção recorrente é a de que revendedores praticam preços injustos no repasse das vendas ou compram por preços muito baixos. Ausência de locais de exposição e incipiência na capacidade de uma boa apresentação do produto (incluindo embalagens de papel), além de inibirem a capacidade de autonomia na venda direta, ainda aparecem como desvantagens adicionais nas discussões de precificação com revendedores.

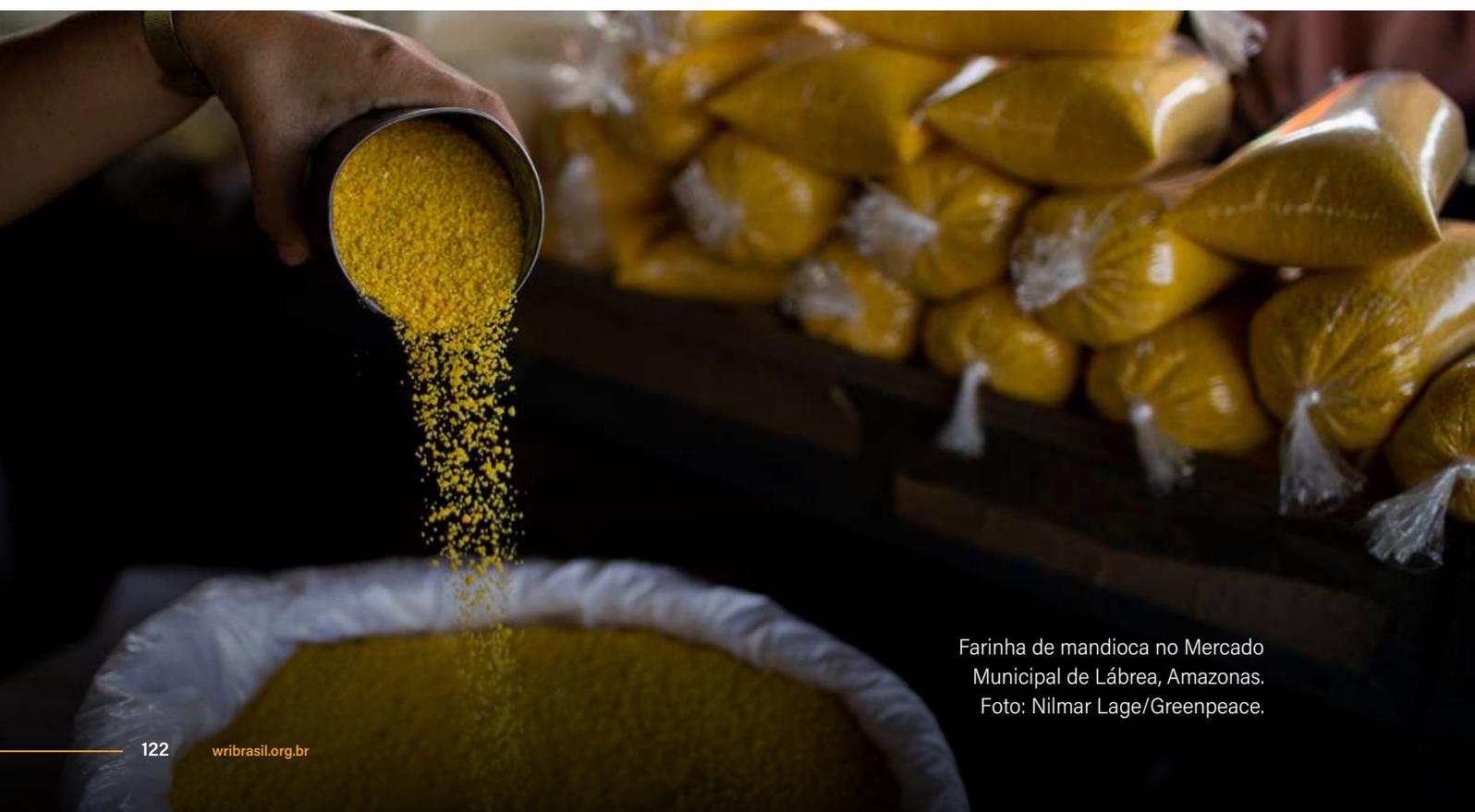
Na esfera da produção, é interessante notar que foram elencadas dificuldades apenas em relação à agricultura. Imperioso considerar que, enquanto alguns povos produzem roças intensivas em trabalho com poucos instrumentos além de machado e enxada, outros se utilizam de equipamentos como motosserras, carrinhas, arados de tração animal ou até pequenos tratores, de modo que, nessas condições, dificuldades no acesso ao crédito rural e a instrumentos agrícolas ganham importância. Independentemente da intensidade do trabalho, dificuldades de acesso a tecnologias de plantio e manejo foram mais citadas do que a própria escassez de crédito e insumos, evidenciando que orientação técnica, capacitação e

troca de capacitação e troca de conhecimentos são tão importantes quanto recursos financeiros ou materiais propriamente recursos financeiros ou materiais.

Também foram apontadas outras dificuldades como carências em educação financeira, o que reforça a percepção de necessidade de capacitação, e acesso restrito a internet, um elemento cada vez mais importante tanto como fonte de informação quanto abertura de novas oportunidades. Como uma das marcas das culturas indígenas, o termo "parceria" é muito recorrente nas discussões, e no caso das barreiras ao desenvolvimento da economia, é mencionado em apontamentos sobre a carência de suporte técnico, mas também quando se fala sobre investimentos em iniciativas já existentes que padecem de estrutura e governança para atingir visibilidade.

Muitos produtos à base de mel, pimentas desidratadas, óleos para fármacos e cosméticos, farinhas, doces de frutas e castanhas do Brasil e de cumaru foram apontados como os principais gêneros de alto potencial, mas que carecem justamente dessas parcerias ou incentivos, sócios ou revendedores do mercado justo e solidário, a fim de sair da condição de produção caseira para comercial.

As principais dificuldades estão elencadas por frequência de menção na fala espontânea na tabela a seguir.



Farinha de mandioca no Mercado Municipal de Lábrea, Amazonas.
Foto: Nilmar Lage/Greenpeace.

Tabela 23 | Dificuldades na consolidação de iniciativas econômicas em territórios indígenas

Tópico	Descrição	Respostas
Logística	Baixa disponibilidade de meios de transporte e altos custos de deslocamento	20
	Dependência de intermediários (atravessadores e marreteiros)	9
Comercialização	Preços injustos (desvalorização dos produtos ou repasse desigual por revendedores)	17
	Carência de espaços para exposição e venda	3
	Falta de material adequado para apresentação e embalagem dos produtos	3
Produção agrícola	Escassez de tecnologias de plantio e manejo	4
	Dificuldades de acesso ao crédito rural	3
	Preços elevados dos materiais e insumos agrícolas	3
	Falta de apoio para certificação	3
Outras	Dificuldades em estabelecimento de parcerias	4
	Falta de formação em educação financeira	2
	Acesso restrito ou privação de internet	3
	Escassez de recursos financeiros e técnicos para além das lideranças	2

Nota: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar da escassez de parcerias, há algumas iniciativas de apoio consideradas sustentáveis e valiosas. Foi mencionada pelos indígenas a importância de convênios e colaborações com órgãos municipais (principalmente secretarias de agricultura), universidades (incluindo programas de extensão rural), Sebrae e organizações não governamentais indígenas e não indígenas, como o Instituto Raoni, o Instituto Socioambiental (ISA), a Associação Matpha e a Coordenadoria Ecumênica de Serviço (Cese). Existem, portanto, experiências concretas e inspiradoras de bioeconomia indígena. Elas abrangem manejo de lagos naturais, sistemas agroflorestais,

medicina tradicional, ecoturismo, cultura e produção, escoamento e comercialização de diversos produtos (sementes, artesanato, castanha-do-brasil, látex da seringa, farinha, frutas, peixes e aves, por exemplo).

Os povos indígenas mantêm técnicas, conhecimentos e costumes que são repassados de uma geração a outra por meio de uma educação informal, fora da sala de aula. A única premissa é respeitar os saberes dos povos originários, que são os mais aptos a apontar os problemas a serem superados para a implantação da economia indígena.

3.3.3 Principais propostas

Realizar esta pesquisa exigiu lidar com um estranhamento natural por parte dos entrevistados com relação ao termo e à própria atividade de consulta sobre assuntos econômicos, ainda pouco comum apesar da relevância das iniciativas desenvolvidas por indígenas em seus territórios. Ainda que de forma tímida, os entrevistados trouxeram uma série de propostas para a melhoria de suas atividades produtivas. A principal mensagem é a importância do diálogo e da construção horizontal com os povos originários, que são os protagonistas da bioeconomia indígena (26% das menções). Depois vem a criação de linhas de apoio, programas e iniciativas específicas para apoiar os territórios (21%). O associativismo e o cooperativismo também são relevantes, como ferramentas de mobilização (15%), em especial quando aplicado o recorte de gênero (10% das menções).

É dada grande ênfase à importância de se construir diálogos participativos sobre preços, gerando conscientização a respeito do valor cultural na precificação de produtos em geral, especialmente do artesanato. Entrevistados mencionam também a importância de melhorar a produção por meio de acesso facilitado a insumos de produção, por meio de parcerias, editais ou acesso a crédito, este último ainda uma grande dificuldade para os povos indígenas. Para determinados produtos, como o

açai, os povos entrevistados mencionam também a necessidade de apoio para que os ciclos produtivos possam atingir escala e contar com certificações que valorizem o produto gerado em terras indígenas.

É importante considerar a troca de experiências entre povos indígenas para discutir o desenvolvimento local sob a perspectiva indígena com ações mais sistêmicas e não isoladas, incluindo a demarcação de terras. A economia indígena tem potencial econômico e papel importante no abastecimento de mercados internos, e eventualmente até externos, mas é diferente da produção convencional, pois valoriza os territórios. A terra – diga-se, a floresta – é a condição de existência física e espiritual dos indígenas, garantidora da sucessão cultural, fonte de aporte de insumos e identificadora da divisão do trabalho. Esta bioeconomia baseada em processos e não apenas na extração dos produtos precisa encontrar caminhos para monetizar o conhecimento ancestral cultivado e aplicado de acordo com a biocapacidade da floresta.

Nas palavras de uma das entrevistadas: “A gente vê um monte de empresas e bancos financiando a Amazônia, e aqui vai a minha crítica, porque eu vivo em uma Amazônia que o mundo olha a partir de um satélite, que só consegue enxergar o verde e a imensidão do rio. São as coisas mais importantes que nós temos na Amazônia? A floresta se autoalimenta, a gente, não. A gente alimenta também essa floresta com os nossos cuidados. Acho que a gente precisa ampliar essas discussões. Árvore é importante? É, mas ela não pode ser mais importante que a vida de uma criança, de uma mulher, de um jovem, de um avô, de um ancião. Não pode. Então, acho que tem de pensar essas discussões amplas, e sobretudo conseguir falar com autoridades, porque é um silenciamento nessa Amazônia. É um silenciamento das vozes dessas pessoas”.

A construção da valorização da bioeconomia indígena necessita da participação de indígenas e de não indígenas. Só assim será possível viabilizar o desenvolvimento sustentável por meio da bioeconomia, com ampliação de acesso aos produtos dos territórios. Tudo isso respeitando e ouvindo os protagonistas dessa bioeconomia, que é nova no nome, mas ancestral em suas práticas e valores. Em resumo, há uma mensagem coletiva apreendida das entrevistas: “Nada sobre nossos produtos sem nós”, como palavra de ordem uníssona entre os indígenas consultados.



Óleo de copaíba, conhecido pelas propriedades antibióticas, anti-inflamatórias e cicatrizantes.
Foto: Rodrigo Duarte/Idesam.



Artesanato Apurínã na Aldeia Paxiúba, na Terra Indígena Caititu, Lábrea, Amazonas. Foto: Nilmar Lage/Greenpeace.

3.4 Conclusões

A bioeconomia já é uma atividade importante na AML, com VBP de R\$ 15 bilhões em 2020. Métodos da MIP-Alfa revelam que a atividade penetra o território, do setor primário ao terciário, sendo vetor de forte dinamismo da economia circular e de proximidade. Sua expansão ocorre pela multiplicação dos pequenos negócios, com tecnologia simples e criativa, gerando grande capilaridade e capacidade de inclusão.

O caso da cadeia do açaí revela como um produto, com processo baseado em tecnologias e relações econômicas do território, pode promover crescimento econômico agregando valor e gerando empregos inclusivos próximos à floresta. Em contraponto, a cadeia do cacau, desenvolvida a partir de demandas exógenas, mostra que não basta um produto ser regional para gerar efeitos socioeconômicos similares.

Os arranjos produtivos na bioeconomia importam quando o objetivo é gerar empregos inclusivos, capazes de reduzir desigualdades de oportunidades, benefícios e riquezas na região. A expansão da bioeconomia deve ocorrer pela multiplicação dos arranjos produtivos típicos e já existentes no território, intensivos em mão de obra, baseados nos produtos da floresta ou da restauração, e que combinem soluções locais com adaptação de inovações tecnológicas eficientes sem extrapolar a biocapacidade da floresta. A bioeconomia é imprescindível para a geração de serviços ecossistêmicos para os quais não há

substitutos viáveis economicamente nem disponíveis em escala para atender às demandas produtivas do padrão mecânico-químico, em especial da agropecuária.

Potenciais mercados voltados à inovação a partir de fármacos, cosméticos e outros produtos, ou capacitação de populações locais para bioindustrialização, como pretende o projeto Amazônia 4.0 (Amazônia 4.0, 2021) não foram analisados. Sabe-se de antemão que devem impulsionar grandes mercados e valorizar a floresta em pé, mas é preciso que se assegure o protagonismo dos arranjos locais, ao menos na produção e escoamento da matéria-prima, garantindo a alta capacidade de gerar empregos e renda.

A bioeconomia indígena também merece atenção estratégica. Orientada pelos valores tradicionais, é definida por seus processos produtivos, mas não pelos produtos em si, em que o domínio sobre a terra, ou território, é a condição fundamental de perpetuação dos meios de produção, divisão do trabalho e da própria existência.

Pouco documentada, estudada e regulamentada, ela oferece oportunidades econômicas para as comunidades e deve ter papel fundamental nas grandes metas climáticas brasileiras, seja através da conservação, seja pela restauração florestal. A economia da restauração, através das redes de sementes, é o maior exemplo disso.



Pecuária precisará de investimentos para reduzir o impacto na Amazônia. Na foto, Caxangá, Pará. Foto: A C Moraes/Flickr.



CAPÍTULO 4

AGROPECUÁRIA

O crescimento do agronegócio – agropecuária, insumos, indústria e serviços – tem grande impacto na economia do Brasil e da própria AML. Em 2021, o agronegócio gerou R\$ 2,4 trilhões, o equivalente a 27% do PIB nacional²². Na AML, as cadeias do complexo grãos-algodão e pecuária geraram em torno de 17% do PIB da região (conforme a MIIP-AML). O componente agropecuário da cadeia, isto é, a produção agrícola e pecuária do setor primário – gerada pelos produtores rurais – representou cerca de 13% do PIB da AML (conforme MIIP-AML), enquanto no PIB nacional a participação do setor foi de 8% no mesmo ano.

Para financiar safras em volumes crescentes e mitigar riscos econômicos e financeiros relativos à atividade, os produtores rurais têm tido acesso ao amplo conjunto de instrumentos que compõem o Plano Safra, como taxas de juros abaixo do mercado, subsídios diretos e indiretos e poupança direcionada.

Entre os principais instrumentos de apoio, destacam-se a Política de Preços Mínimos, o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e o Programa de Seguro Rural (PSR)²³. No mercado, o produtor rural dispõe também de outros instrumentos importantes, como o financiamento via tradings, além do financiamento por meio do mercado futuro em que o produtor obtém recursos para financiamento da safra que é, ao menos em parte, vendida antecipadamente.

Entretanto, o padrão mecânico-químico é amplamente financiado, emite mais GEE e gera desmatamento, colocando em risco serviços ecossistêmicos essenciais à própria agropecuária. Um exemplo é o regime de chuvas, que no Brasil depende da manutenção dos ativos florestais, em particular da Amazônia. Literatura crescente (Sorribas, 2016; Lima Filho, Bragança e Assunção, 2021; Mu e Jones, 2022; Silva M. J., 2022) tem reportado o impacto negativo das alterações do regime de chuvas na produção agropecuária. Na região de expansão da fronteira agrícola em Rondônia, no Mato Grosso e no leste do Pará, a perda de serviços ecossistêmicos, como a capacidade de regulação do clima e das emissões de GEE, gera prejuízos à rentabilidade da soja e da pecuária de corte, devido à redução de chuvas e aumento das queimadas (Strand et al., 2018).

Estima-se que apenas para a cultura da soja e a pecuária, a AML oferte serviços de irrigação pluvial da ordem de US\$ 1 bilhão a US\$ 3 bilhões ao ano, ou 20% a 60% dos subsídios agrícolas nacionais somente no Plano Safra. Para entender a dimensão desse valor, apenas em 2022, a alta de sinistros no campo, como secas, tempestades e pragas, consumiu aproximadamente R\$ 4 bilhões no Proagro, três vezes mais que o previsto no orçamento da União no início do mesmo ano.

Nessas condições, é essencial que o agronegócio intensifique a transição para uma produção de baixa emissão de carbono e uso estratégico do solo. Essa é uma das mais importantes ações para reduzir riscos a toda a cadeia do agronegócio atualmente e requisito para manutenção e conquista de novos mercados, bem como para acesso prioritário e privilegiado a financiamento internacional. Conglomerados globais, inclusive financeiros, têm se desvinculado de operações comerciais e de financiamento que contribuam com as mudanças climáticas e com a perda da sociobiodiversidade.

O entendimento de que o crescimento é um resultado do desmatamento reforça a identificação da floresta como mero “fator terra” e ignora seu papel de fornecedora de insumos de regulação climática e irrigação – dissonância ainda possível porque 80% da floresta segue de pé. Invertendo-se a lógica, com desmatamento zero, recuperação de pastagens degradadas e recuperação florestal, com melhoria dos serviços ecossistêmicos e crescimento da bioeconomia, os ganhos marginais seriam superiores já no médio prazo, como demonstrado nos cenários do Capítulo 2.

Trata-se de uma escolha estratégica fundada na realocação dos quase 42 Mha de pastagens na AML em estágio de degradação severa ou moderada (11,7 Mha e 29,8 Mha, respectivamente) e substituição da exploração de novas áreas pelo incremento de mais trabalho e capital nas terras já desmatadas (Mapbiomas, 2022a). Considerando apenas as áreas



Caminhão transporta soja pela BR163, nas proximidades de Altamira, Pará. Foto: Parallaxis/Shutterstock.

de agricultura, silvicultura e pastagens, atualmente, na AML, são empregados metade do capital e só um terço do trabalho comparativamente ao restante do país. São R\$ 1.087/ha/ano em capital (custeio e investimento) e R\$ 167/ha/ano em trabalho (salários) na AML, contra a média de R\$ 2.067/ha/ano e R\$ 495/ha/ano no restante do Brasil – que inclui as regiões mais pobres do semiárido (IBGE, 2019).

4.1 O que precisa mudar na agropecuária brasileira?

Os ganhos de produtividade alcançados a partir da Revolução Verde, baseados no padrão mecânico-químico (ver Quadro 12), contribuem para o aumento das emissões de GEE e consequentemente do aquecimento global. O impacto negativo decorre tanto da mudança no uso do solo como das práticas produtivas utilizadas.

As práticas produtivas resultam principalmente na emissão de metano (62,5% do total de GEE do setor) e de nitrogênio (37,4%), decorrentes do revolvimento do solo, uso de defensivos e fertilizantes NPK (à base de nitrogênio, potássio e fósforo), fermentação entérica (a digestão de materiais orgânicos pelos ruminantes), manejo de dejetos de animais e transporte de insumos e produtos. Em 2016, a fermentação entérica constituía a fonte principal de emissões das práticas produtivas do setor agropecuário (56,5%), seguida por solos agrícolas (36%), manejo de despejos (4,1%), cultivo de arroz (2,2%) e queima de resíduos agrícolas (1,1%) (Brasil, 2020).

A impossibilidade tecnológica de eliminar os processos naturais de emissões – como a fermentação entérica, por exemplo – e a decisão estratégica pela intensificação de capital e trabalho exigem que o esforço de zerar os desmatamentos e promover a restauração florestal produzam emissões líquidas negativas suficientes para compensar as emissões decorrentes da intensificação, como se demonstrou no cenário NEA no Capítulo 2.

Desse modo, a intensificação na AML não pode prescindir do combate ao desmatamento. Estudos empíricos demonstram que a recuperação de pastagens degradadas para a implementação de sistema convencional intensificado com braquiária é capaz de gerar emissões líquidas negativas entre 4 a 5 tCO₂/ha/ano, a custos próximos de R\$ 4 mil/ha/ano. Se cada hectare de floresta amazônica emite entre 170 e 190 tCO₂ quando desmatado, estima-se que um hectare de desmatamento anula o esforço de recuperação de 40 hectares de pastagens degradadas em termos de carbono, sendo que o investimento necessário nessa recuperação é de R\$ 160 mil (Assad et al., 2022).

Além disso, a agricultura e a pecuária de baixo carbono, em geral, mantêm o padrão mecânico-químico, mesmo que adotem bioinsumos (biofertilizantes, biodefensivos e biogás) capazes de reduzir a intensidade de emissões. O plantio direto, por exemplo, poupa o uso de insumos químicos, mas por ser adotado principalmente nas monoculturas (de grãos e gramíneas)²⁴, implica uso intensivo de combustíveis fósseis na mecanização. De forma similar, a intensificação pecuária, embora poupadora de área e calcada na recuperação de áreas degradadas, é intensiva em capital e altamente dependente de insumos químicos e combustíveis. As exceções são os sistemas agroflorestais e orgânicos.

A agricultura de baixo carbono existente hoje enquadra-se nos conceitos de bioeconomia biotecnológica e de biorrecursos (Costa et al., 2022), mas não necessariamente é capaz de evitar a perda de ativos naturais, nem é compatível com a preservação e expansão dos serviços ecossistêmicos. Mesmo quando pautada por ganhos de produtividade e pela substituição do componente químico por biotecnologias e biorrecursos (Vieira Filho, 2017), essa agricultura mantém um padrão mecânico que sustenta a demanda por terras desmatadas (estoque de terras previamente convertidas) e é incompatível com a biodiversidade.

Com exceção da atividade pautada em práticas agroflorestais, regenerativas e orgânicas (bioeconomia bioecológica), a agricultura moderna é eficiente na redução de emissões, mas insuficiente como estratégia de coexistência entre a produção agropecuária e a conservação da Amazônia sem desmatamento.

Assim, as condições elementares para a realização da transição são a coexistência entre a atividade agropecuária produtiva e competitiva balizada em intensificação de trabalho e capital, bem como a preservação e recuperação da floresta e de seus serviços ecossistêmicos. Essa transição deve visar:

1. Uso estratégico do solo (abordagem de paisagem), incluindo preservação e recuperação dos ativos naturais (rios e florestas);
2. Intensificação produtiva, massificação e priorização das práticas de baixa emissão de carbono²⁵ nas áreas antropizadas consolidadas e áreas degradadas; e
3. Combate à desigualdade rural por meio do acesso prioritário e privilegiado da agricultura familiar ao crédito, aos instrumentos de mitigação de risco, à assistência técnica e gerencial customizados, inclusive para produtos da bioeconomia, além de mercados diferenciados, institucionais e com denominação de origem.

4.1.1 Uso estratégico do solo

Nos últimos 36 anos, a AML apresentou a maior mudança no uso da terra entre todos os biomas e regiões do Brasil. Entre 1985 e 2021, a área de agricultura cresceu 6,8% ao ano, com expansão líquida de 10,3 Mha em culturas temporárias, dos quais 90% representados pela soja. O aumento das áreas de pastagens foi ainda mais notório, com crescimento anual de 3,2% e incremento líquido de 47 Mha no período. Esse crescimento foi acompanhado pela drástica eliminação da vegetação nativa. Conforme dados do Mapbiomas (2022b), 59 Mha de vegetação foram derrubados e substituídos por pastos e cultivos agrícolas na AML nesse período. Sete em cada dez hectares de pastagens existentes hoje na Amazônia são resultado de desmatamentos realizados nesses últimos 36 anos.

A persistirem as tendências de uso extensivo deve-se esperar um aumento vertiginoso de conversão de florestas e cerrados na AML. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a área plantada com grãos na AML deve crescer 27% até 2030, concomitante ao crescimento da produção de carne bovina estimado entre 1,4% e 2,4% ao ano. Sendo mantido o crescimento com desmatamento observado atualmente, isso implicaria uma área adicional da ordem de 600 mil a 1 Mha ao ano (Barreto et al. 2021).

Os GEM apresentados no Capítulo 2 revelaram que no cenário REF a sustentação do crescimento, mesmo que baseado em soluções de alocação ótima dos insumos terra, capital e trabalho, resultará em um acréscimo líquido de 51 Mha de pastagens, até 2050, e de 7 Mha de agricultura, duplicando a área atual destinada à agricultura temporária. Nesse cenário, as áreas de pastagens degradadas teriam crescimento líquido de 29 Mha, saltando dos atuais 42 Mha para 71 Mha em 2050, enquanto as pastagens sem degradação subiriam dos atuais 25 Mha para 47 Mha.

Como resultado da expansão baseada no padrão mecânico-químico atual, devem ser esperados desmatamentos líquidos de quase 57 Mha até 2050, entre formações florestais e não florestais primárias e secundárias, montante similar ao que foi substituído por pastos e cultivos agrícolas nos últimos 36 anos. Nesses desmatamentos, eventualmente podem estar implícitas as substituições de vegetação nativa por pastagens capitaneadas em movimentos especulativos do mercado de terras, porém, um montante impossível de ser distinguido da alocação produtiva, já que são atualmente intrínsecos ao processo de expansão de incorporação de terras da AML. Essa limitação deve, por outro lado, subestimar a própria eficiência técnica da pecuária e, portanto, superdimensionar a área de pastagem requerida para alocação produtiva, reproduzindo o vínculo de atribuição da formação adicional de pastagens à automática alocação para a atividade (Feltran-Barbieri e Féres, 2021).

Sabe-se que a apropriação de áreas na AML, incluindo áreas públicas e não destinadas, que hoje somam quase 52 Mha, funciona como ponto de partida para a transformação da terra em mercadoria. O desmatamento é o instrumento pelo qual se acrescenta mais terra ao sistema, adicionando valor pela desobstrução da biomassa florestal, substituição das características do bioma pela plantação deliberada de pastagens ou natural invasão de gramíneas exóticas²⁶. Nesse processo, o desmatamento tem uma dinâmica que, como acontece também com commodities como a arroba bovina e a soja, responde a dois estímulos simultâneos: a variação de estoques da mercadoria “terra” disponibilizada ao mercado pelo desmatamento e a demanda vigente pela “terra” na condição de fator de produção. Seus preços e disponibilidades não refletem plenamente (nem simultaneamente) as taxas de retorno das safras agrícolas e das atividades pecuárias, nem as expectativas de custos de oportunidade.

O custo de oportunidade²⁷ de manutenção da floresta em pé²⁸, por seu turno, é visto como questão individual e privada do produtor, enquanto os benefícios (ativos naturais e serviços ecossistêmicos) são coletivos²⁹, favorecendo a postura de *free riders*³⁰. Isso é particularmente importante porque, na busca pela minimização de custos³¹, os preços de mercado podem não levar em conta os benefícios ambientais³².

Nesse contexto, o produtor atribui à área de floresta em pé um custo de oportunidade equivalente à produção agropecuária que poderia obter com o desmatamento (Costa et al., 2021; Costa, 2021). Tal decisão é afetada:

1. Pelo baixo preço da terra na região amazônica, comparativamente a outras regiões produtoras do Brasil com oferta limitada de terras;
2. Pela prática recorrente no Brasil, muitas vezes não intencional, de desconsiderar o custo de oportunidade da terra no cálculo do custo total de produção; e
3. Pelo ganho de capital que o desmatamento e a grilagem de terras geram, ou seja, o custo de ampliar a área da propriedade restringe-se, basicamente, ao custo de transformar floresta em pasto ou lavoura, em muitos casos sem sequer incluir o custo de aquisição – quando a terra tem origem na grilagem.

No cenário elaborado para a NEA, que parte do pressuposto da eficiência econômica sem falhas de mercado provenientes do ordenamento territorial, os resultados apontam que seria possível zerar o desmatamento e reduzir a área de pastagem da AML dos atuais 67 Mha para 42 Mha em 2050, com realocação de 13 Mha para restauração florestal dirigida à bioeconomia, 9,7 Mha para agricultura em sistemas integrados e 650 mil ha para sistemas agroflorestais.

A redução de área de pastagens seria compensada pela intensificação do uso de 8 Mha de pastagens altamente degradadas e de 28 Mha moderadamente degradadas, permitindo crescimento constante da produtividade em torno de 1,5% ao ano.

Esses resultados se aproximam de estudos anteriores que, por métodos diferentes, chegaram a conclusões semelhantes (Feltran-Barbieri e Feres, 2021)³³ (Barreto et al., 2021).

Nos GEM utilizados no estudo, como descritos no Capítulo 2, o investimento não é determinado previamente, mas resulta de soluções de otimização da própria alocação dos recursos, incluindo as diferenças de produtividade dados os portfólios de técnicas produtivas e disponibilidade de serviços ecossistêmicos em cada cenário (especialmente disponibilidade hídrica e de nutrientes como nitrogênio e fósforo).

Os resultados indicam que mudar a rota do cenário REF para o NEA requer investimentos adicionais de R\$ 659 bilhões ao longo dos próximos 30 anos para alocação estratégica do uso do solo em favor da otimização da produção e valoração dos ativos ambientais, incluindo serviços ecossistêmicos.

No cenário NEA os investimentos na agricultura ultrapassariam R\$ 152 bilhões em relação ao REF, enquanto na pecuária seriam R\$ 290 bilhões adicionais.

Os valores apontados são bem superiores aos indicados pelo Observatório ABC, iniciativa da sociedade civil que monitora a implementação da agricultura de baixo carbono, que estimou a necessidade de R\$ 105 bilhões até 2050 no bioma Amazônia e de R\$ 109 bilhões no Cerrado (Carlos et al., 2022). A diferença ocorre porque a análise do cenário NEA leva em conta não apenas os custos de recuperação de pastagens, mas de toda a alocação otimizada do uso do solo, bem como seus encadeamentos na economia.

4.1.2 Intensificação produtiva, massificação e priorização das práticas de baixa emissão em áreas degradadas e de agricultura consolidada

A agropecuária é um setor que depende diretamente dos ciclos de água, carbono e nitrogênio para se desenvolver. Ao longo do tempo, a tecnologia aplicada à agricultura tem se concentrado em maximizar a eficiência da produção primária fotossintética, com técnicas que vão desde a adubação química até a transgenia (Assad et al., 2020; IBGE, 2019). Importante ressaltar a existência dessa relação de retroalimentação entre a produção e as condições físicas e químicas do ambiente.

As emissões de metano (ciclo do nitrogênio) e carbono (queima de combustíveis fósseis e desmatamento), ambos GEE, das atividades agropecuárias afetam o clima do qual dependem. O aquecimento global aumenta a probabilidade de eventos climáticos extremos, como secas e inundações, além de causar alterações sistêmicas e irreversíveis no médio prazo, como deslocamento de sazonalidade e prolongamento de estações secas.

Esses eventos reduzem a produção em função de efeitos agudos de secas, inundações e pragas, e a produtividade pelos impactos crônicos de alteração de sazonalidade, estresse hídrico e deterioração estrutural e química do solo. Isso somado a práticas inapropriadas, como manejo do solo e desmatamento, que conduzem à lixiviação de nutrientes, com decorrente encarecimento dos custos de produção ou perda de produtividade, expõem a agropecuária à ineficiência técnica crescente. Um cabedal de exemplos de distúrbios produtivos causados pelas mudanças climáticas e práticas de adaptação podem ser encontradas em Assad et al. (2022).

É possível mitigar esse ciclo perverso. No Brasil, as diretrizes de mitigação e adaptação da agropecuária às mudanças climáticas reconhecem como imprescindível a associação de boas práticas produtivas e conservação do solo e florestas, e são traçadas sobretudo no Plano ABC+³⁴. Em dez anos, o plano já permitiu significativo acúmulo de conhecimento técnico nas práticas de manejo de solos tropicais e de rebanhos, liderados pela Embrapa e centros de pesquisa universitária.

As metas de redução de emissões de GEE para o setor agropecuário foram atualizadas no Plano ABC+, que passou a vigorar em 2022 e recebeu o acréscimo de novas tecnologias. A nova versão amplia o escopo da recuperação de pastagens degradadas, o que representa um avanço significativo. Alguns estudos mostram que investimentos anuais na recuperação de pastagens degradadas no Brasil são de 6 a 30 vezes menores que o necessário para eliminar a degradação sistêmica dos pastos e conduzir ao aumento de eficiência técnica da pecuária (Feltran-Barbieri e Féres, 2021).

A Tabela 24 apresenta uma lista de tecnologias e práticas de baixa emissão de carbono, a partir do ramo e do segmento do agronegócio. São apresentados também os benefícios ambientais com a implementação dessas práticas e tecnologias, bem como os impactos econômicos e financeiros. Além das soluções já previstas no Plano ABC+, a tabela traz também tecnologias e práticas em expansão, ainda não contempladas na política pública, bem como ações a exemplo da Science Based Target initiative (SBTi) e casos de sucesso.

Tabela 24 | Tecnologias e práticas de baixa emissão de carbono

	Ramos Agrícola e Pecuário	Segmento do Agronegócio	Impacto Ambiental	Impacto Econômico-Financeiro	
Tecnologias e Práticas de Produção	Ramos Agrícola e Pecuário				
	1	Captação de água das chuvas, reuso e consumo de água	Insumos	Reduz o consumo e aumenta a qualidade da água	Reduz o custo e o risco de falta do fator de produção
	2	Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF)	Dentro da Porteira	Efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema; Melhoria do Bem Estar Animal	Aumento e diversificação de renda
	3	Sistemas Agro Florestais (SAFs)	Dentro da Porteira	Efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema	Diversificação de fontes de renda
	4	Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD)	Dentro da Porteira	Reduz a pressão por desmatamento; favorece a infiltração e qualidade da água, reduz a erosão e sequestra CO ₂	Aumento da taxa de lotação (@/hectare)
	5	Sistema de Plantio Direto (SPD)	Dentro da Porteira	Favorece a infiltração e qualidade da água, reduz a erosão e sequestra CO ₂	Economia de diesel e de 30% a 40% do trabalho com preparo do solo
	6	Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	Dentro da Porteira	reduz a emissão de GEE, além de elevar o conteúdo de matéria orgânica (sequestro de carbono) e melhorar a fertilidade do solo	Reduz os custos de produção
	7	Abordagem Integrada de Paisagens (AIP)	Dentro da Porteira e Agrosserviços	"Regularização ambiental, valorização da paisagem, recuperação e conservação da qualidade do solo, da água e da biodiversidade, e valorização das especificidades locais e culturas regionais"	"Fomenta a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos gerados durante a produção dos alimentos"
	8	Compostagem	Dentro da Porteira	Reduz emissões de GEE e riscos associados ao uso de insumos químicos	"Reduz custos de produção por evitar consumo de energia e insumos químicos"
	9	Melhoramento Genético	Agroindústria	Reduz o ciclo produtivo reduzindo emissões de GEE	Aumenta a produtividade
	10	Biorefinarias, Biodigestores e Biogeradores	Agroindústria	Reduzem a emissão de GEE	Aumento e diversificação de renda
11	Certificações e Rastreabilidade	Agrosserviços	Evita o efeito vazamento (leakege)	Agregação de valor e acesso a novos mercados	
Tecnologias e Práticas de Produção	Ramo Agrícola				
	1	Biofertilizantes e Biodefensivos	Insumos	Reduz emissão de GEE inclusive com o transporte dos insumos químicos	Reduz custo com insumos e a exposição cambial
	2	Florestas Plantadas	Dentro da Porteira	Mitigação de Carbono	Fonte de renda de longo prazo (desbaste) e curto prazo (mercado de carbono)
3	Restauração Florestal	Dentro da Porteira	Mitigação de Carbono e Aumento da Biodiversidade	Crédito de carbono e PSA	
Tecnologias e Práticas de Produção	Ramo Pecuário				
	1	Aditivos melhoradores da fermentação de alimentos volumosos	Insumos	Reduz a emissão de metano	Permite agregação de valor à carne (carbono neutro ou de baixa emissão)
	2	Métodos de conservação de alimentos que favoreçam a redução de emissões	Insumos	Reduz a emissão de metano	Permite agregação de valor à carne (carbono neutro ou de baixa emissão)
	3	Estratégias nutricionais para redução da emissão de metano no trato digestivo dos animais	Insumos	Reduz a emissão de metano	Permite agregação de valor à carne (carbono neutro ou de baixa emissão)
	4	Outras Tecnologias com potencial mitigador de emissão de GEE: ácidos orgânicos, probióticos, nitratos e imunização ativa	Insumos	Reduz as emissões de GEE	Permite agregação de valor à carne (carbono neutro ou de baixa emissão)
	5	Terminação Intensiva	Dentro da Porteira	Reduz o ciclo produtivo reduzindo emissões de metano	Reduz custo de produção
	6	Tratamento de Dejetos Animais (TDA)	Dentro da Porteira	Reduz as emissões de metano	"Aumento e diversificação de renda (composto orgânico, biofertilizante e/ou geração de biogás)"
7	Biogás	Dentro da Porteira	Reduz emissões de GEE	Reduz custos com energia e gera fonte alternativa de renda	
Iniciativas	1	Moratória da Soja	Agroindústria	Reduz a pressão por desmatamento (conversão de novas áreas)	Agregação de valor e acesso a novos mercados da soja rastreada
	2	Carne Carbono Neutro	Dentro da Porteira	Reduz as emissões de metano	Agregação de valor e acesso a novos mercados
	3	Carne Baixo Carbono	Dentro da Porteira	Reduz as emissões de metano	Agregação de valor e acesso a novos mercados
	4	Liga do Araguaia	Dentro da Porteira	Reduz as emissões de metano e reduz o ciclo produtivo	Aumento da taxa de lotação (@/hectare), permite agregação de valor à carne e possibilita créditos de carbono
	5	Programa Soja Plus	Dentro da Porteira	Reduz emissões de GEE	Agregação de valor e acesso a novos mercados
	6	Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável	Insumos, Dentro da Porteira, Agroindústria e Agrosserviços	Reduz as emissões de metano e reduz o ciclo produtivo	Aumento da taxa de lotação (@/hectare), permite agregação de valor à carne e possibilita créditos de carbono
	7	Certificação Bonsucro	Insumos, Dentro da Porteira, Agroindústria e Agrosserviços	Reduz a pressão por desmatamento (conversão de novas áreas) por meio da garantia de rastreabilidade da cadeia de produção	Agregação de valor e acesso a mercados
	8	Protocolo ILPF (Certificação realizada pela Rede ILPF)	Insumos, Dentro da Porteira, Agroindústria e Agrosserviços	Efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema; Melhoria do Bem Estar Anima	Aumento e diversificação de renda bem como possibilita acesso a mercado de carbono
	9	GHG Protocol (WRI)	Dentro da Porteira	Quantifica as emissões permitindo a escolha de sistema produtivo de menor emissão de GEE	"Fomenta a valoração econômica dos ativos naturais e seus serviços ecossistêmicos e consequentemente o acesso a mercados de carbono"
	10	GHG Protocol (FGV)	Agroindústria	Quantifica as emissões permitindo a escolha de tecnologias de agroprocessamento de menor emissão de GEE	Diferenciação de produto e acesso a mercados
	11	Science Based Targets (SBTs)	Insumos, Dentro da Porteira, Agroindústria e Agrosserviços	Estimula a transição produtiva via aplicações de tecnologias de menor emissão e a rastreabilidade da cadeia de valor	Agregação de valor e acesso a mercados

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar dos grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento, os valores de crédito contratados pelo Programa ABC+, braço de financiamento da agricultura do BNDES dentro do Plano ABC+, são ainda muito tímidos. É verdade que muitas práticas têm sido amplamente adotadas antes mesmo do lançamento do plano, como Plantio Direto, mas a demanda por crédito reflete objetivamente a propensão do produtor rural de internalizar o novo paradigma da agropecuária de baixa emissão de carbono.

Entre 2013 e 2022, o crédito contratado em todo Brasil via Programa ABC correspondeu somente a 1,5% do total dos quase R\$ 2,1 trilhões contratados no Plano Safra. Nesse mesmo período, a AML representou 19% das contratações totais do plano, com R\$ 402 bilhões em crédito, mas apenas R\$ 9 bilhões em ABC (Banco Central do Brasil, 2022).

Já o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) representou 19% do valor total contratado no Brasil, mas somente 11% foi contratado na AML, cerca de R\$ 44 bilhões. Linhas específicas para agricultura familiar, como Pronaf Eco, Pronaf Floresta e Pronaf Agroecologia somaram menos de 0,5% do total contratado no Programa ABC em todo Brasil, com participação ligeiramente superior na AML, de 0,9% ou R\$ 410 milhões. Ainda assim, somando todos os programas direcionados à agricultura de baixa emissão, foram contratados na AML somente R\$ 9,4 bilhões em 10 anos, 2,3% do total contratado na região no Plano Safra (Banco Central do Brasil, 2022).

Muitos são os gargalos que têm impedido o avanço da agricultura de baixa emissão de carbono e seu financiamento (Lima, Harfuch e Palauro, 2020).

Entre os mais importantes, podem ser elencados cinco entraves que se retroalimentam num ciclo vicioso que impede o avanço do Plano ABC+:

1. Falta de ordenamento territorial e fiscalização limitam o acesso a crédito, ao mesmo tempo em que desincentivam intensificação de capital e trabalho em áreas já desmatadas e degradadas, colocando a agricultura de baixa emissão em franca desvantagem concorrencial com práticas extensivas de incorporação de terras, inclusive a incorporação ilegal;
2. Limitada capacidade de romper a inércia cultural e promover inovação técnica de produtores, extensionistas e agentes financiadores;
3. Incipiência nos processos de Sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) que possam objetivamente estabelecer a relação causal entre a adoção das práticas de baixa emissão e seus benefícios econômicos e ambientais que justifiquem sua promoção;
4. Baixa disponibilidade de crédito para modalidades de baixa emissão de carbono frente ao total do Plano Safra, e taxas de juros e exigências incompatíveis com a urgência da necessidade de difusão das práticas de baixa emissão em larga escala, particularmente para produtores familiares e estabelecimentos agropecuários de médio porte;
5. Baixa oferta de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater) e Assistência Técnica e Gerencial (Ateg), que auxiliam os produtores na escolha e implantação dos pacotes tecnológicos (incluindo os de baixa emissão) mais adequados à realidade de cada estabelecimento, a exemplo das especificidades requeridas pela agricultura familiar.

Feira em Juruti, Pará. Foto: Preta Terra.

4.1.3 Combate à desigualdade rural

A competitividade da agropecuária brasileira é fruto do aumento da produtividade com base na tecnologia, sobretudo a partir da criação da Embrapa nos anos 1970. O incremento da renda agropecuária, porém, concentrou-se em uma quantidade reduzida de estabelecimentos, deixando os produtores de pequeno porte à margem dos benefícios (Vieira Filho J., 2020). Como expresso no Quadro 17 e já demonstrado no Capítulo 1, a despeito da grande disponibilidade do fator terra, a alta desigualdade fundiária da AML ao longo das últimas três décadas não apenas se manteve inalterada como reproduziu a estrutura de desigualdade do restante do país.

Esse quadro ajuda a entender por que o Brasil tem indicadores de concentração de renda e riqueza piores do que seus competidores comerciais, apesar da produção brasileira de *soft-commodities* de exportação (soja, milho, cana e carne) e o consumo doméstico (arroz, feijão, mandioca e carne) terem triplicado nos últimos 50 anos. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, sigla em inglês), o país partiu de um patamar muito baixo e teve um crescimento na Produtividade Total dos Fatores³⁵ (PTF) menor, por exemplo, que vizinhos como Argentina, Uruguai e Chile (FAO, 2017).

O Censo Agropecuário de 2017 revelou que apenas 20% dos estabelecimentos rurais brasileiros receberam Ater, percentual menor do que o registrado no censo anterior, de 2006, quando o índice ficou em 22%. Quanto menor a área do estabelecimento agropecuário, menor o acesso à Ater, revelam os dados. Entre as propriedades de até cinco hectares, só 10% receberam assistência. O índice sobe para 21% nos estabelecimentos de cinco a dez hectares, para 26,8%, de 10 a 20 hectares, para 64% de 2.500 a 10.000 hectares e para 72% acima de 10.000 hectares, dados que demonstram os sistemáticos problemas de difusão de tecnologia e a desigualmente perversa em relação à agricultura familiar (Alves, 2012).

Quadro 17 | Desigualdade fundiária é uma das marcas da Região Norte

Para contribuir com a segurança alimentar e nutricional mundial, não basta que o Brasil aumente a produção de alimentos. É preciso enfrentar as desigualdades e ineficiências que são parte do problema. Essas desigualdades são especialmente visíveis na Amazônia, resumidas nos dois pontos a seguir:

1) Na Região Norte, a agricultura familiar tem maior participação no setor agropecuário do que o verificado no restante do país, em termos de número de estabelecimentos, de pessoal ocupado e de pessoal ocupado com laço de parentesco com o produtor. É uma demonstração da importância regional da agricultura familiar. No entanto, os indicadores sociais associados à atividade agropecuária (PTF e segurança alimentar e nutricional) são os piores do Brasil.

2) Em 2020, a proporção de domicílios em situação de insegurança alimentar grave na Região Norte era três vezes maior do que nas regiões Sul e Sudeste. O norte tinha a menor proporção de pessoas em segurança alimentar (abaixo de 40% da população), e a maior proporção de pessoas em insegurança alimentar moderada ou grave (18,1% da população). A maior proporção total de domicílios em insegurança alimentar moderada ou grave na região está no meio rural (Rede Penssan, 2021). No Brasil, a insegurança alimentar atingiu 55% da população (116,8 milhões dentre 211,7 milhões de pessoas) e se agravou durante a pandemia de Covid-19, especialmente nas regiões Nordeste e Norte.

Para reverter o problema, a saída é priorizar o acesso da agricultura familiar às políticas públicas existentes, particularmente o Plano ABC+, e ampliar o respeito de toda a cadeia aos ativos naturais, à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos únicos existentes na Amazônia.

A despeito do franco desfavorecimento, a agricultura familiar na AML, definida como aquela que cumpre os requisitos de aptidão ao Pronaf, já representa pujante dinamismo, especialmente nos indicadores caros à transição para a NEA, portanto, é imprescindível para o cenário de 2050. Os dados do censo agropecuário de 2017 apontam que a agricultura familiar detém 22% das terras existentes nos estabelecimentos rurais da AML – incluindo matas e florestas naturais – e produziu em 2017 o equivalente a R\$ 28 bilhões, ou 17% do total de VBP, mesmo captando apenas 11% do crédito rural (IBGE, 2019).

Mais de 2,3 milhões de pessoas são empregadas nos estabelecimentos rurais da agricultura familiar, nada menos do que 74% de todo o pessoal ocupado na agropecuária da AML, participação que sobe para 82% entre os empregos femininos, ou 764 mil postos de trabalho. Considerando os produtos extrativistas não exaustivos, a agricultura familiar é responsável por 89% dos R\$ 980 milhões de VBP produzidos em 2017 e 59% dos R\$ 1,9 bilhão provenientes dos produtos nativos produzidos pela agricultura permanente da AML. Machado et al. (2018) trazem evidências de como a integração entre agricultura familiar e alimentação escolar (via Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE) tem melhorado a segurança alimentar e nutricional nas escolas do Brasil.

Ainda assim, embora o PNAE tenha contribuído para que ao menos 30% dos recursos repassados a estados e municípios para compra de alimentação escolar sejam provenientes da agricultura familiar, conforme estabelecido pela Lei nº 11.947/2009, em 2011, ao menos 50% dos municípios ainda não a cumpriam. Além disso, os estados da Região Norte do Brasil apresentaram os menores percentuais de compra da agricultura familiar nos municípios de pequeno porte: Amapá 22%, Roraima 40%, Amazonas e Pará 55%, enquanto a média brasileira foi de 79,4%.

Acesso a Ater e Ateg e o financiamento privilegiado são itens indispensáveis para viabilizar a participação da agricultura familiar na transição necessária no campo. Particularmente dedicada aos SAFs, às agriculturas regenerativa e orgânica, dentre outros sistemas de produção de baixa emissão, e à regeneração natural, os agricultores familiares destacam-se pelo pioneirismo e exclusividade na condução de atividades produtivas rurais compatíveis com a biodiversidade. Similar é o caso da bioeconomia desenvolvida por produtores

familiares e povos indígenas e tradicionais, que muito pode se beneficiar de Ater e Ateg customizadas. Agregam assim atributos exclusivos – e, portanto, renda – cada vez mais reconhecidos pelo mercado, nos produtos e processos de produção que conduzem.

Os SAFs – juntamente com a produção proveniente dos povos originários e tradicionais – podem compor oferta estável e em escala para os produtos da bioeconomia, além de contribuir para a segurança alimentar das próprias famílias. Assim, o reconhecimento da agricultura familiar como agente essencial da transição da agropecuária no cenário NEA, bem como a bioeconomia de pequena escala conduzida por comunidades locais, inclusive indígenas, potencializa os canais de reversão da concentração fundiária e de renda, típicos da atividade agropecuária tradicional produtora de commodities e orientada pela minimização de custos via homogeneização, monocultura, mecanização e ganhos de escala.

4.1.4 Por que a transição da agropecuária exige estímulos?

Além das tecnologias e práticas produtivas desenvolvidas, a primeira década do Plano ABC deixou também o aprendizado de que “não existe verde no vermelho”. Ou seja, embora os produtores rurais reconheçam que a adoção de práticas e tecnologias de baixa emissão permita ganhos de produtividade (via uso mais intensivo dos recursos naturais) e frequentemente menores custos marginais e operacionais, ainda assim demanda um esforço significativo de investimentos, uma vez que implica o uso de novas tecnologias e práticas de produção. O Capítulo 2 quantifica o volume de investimentos necessários para a transição, sendo o agronegócio e a agricultura familiar os principais usuários potenciais dos investimentos relativos à categoria “uso do solo”.

Além dos cinco entraves à intensificação da transição para a agropecuária de baixa emissão, como já mencionado anteriormente no presente capítulo, há um determinante econômico crítico na atividade agropecuária que resulta em desestímulo à decisão de investir na produção agropecuária de baixa emissão de carbono. Esse fator reflete uma permanente tensão distributiva de renda entre os agentes dos quatro segmentos do agronegócio: insumos, primário (ou “dentro da porteira”), agroindústria e agrosserviços.



Trabalhador carrega produção para barco em Santarém, Pará. Foto: Caio Pederneiras/Shutterstock.

De maneira geral, produtores rurais atuam em mercados com condições adversas, pois compram insumos de uma indústria altamente oligopolizada³⁶ e vendem os produtos em mercados altamente concorrenciais e com poucos compradores (oligopsônio). Em mercados altamente oligopolizados e com “baixa elasticidade do preço da demanda”³⁷ itens como máquinas, equipamentos, tratores, colheitadeiras, sementes, fertilizantes, defensivos e produtos veterinários são mais caros do que em mercados mais competitivos, e muitos insumos têm preços atrelados ao dólar, tornando o custo de produção sensível às flutuações cambiais. A exceção é o trabalho, único fator de produção com ampla oferta, embora isso não se aplique aos trabalhadores qualificados da agricultura 4.0³⁸.

No que diz respeito a biotecnologia e engenharia agrícola, os níveis de concentração e centralização do mercado aumentaram na última década, aprofundando a desigualdade de oferta e a dependência dos países exportadores de commodities. Quatro empresas (uma chinesa, uma norte-americana e duas europeias) detêm 53% do mercado mundial de sementes. Elas também controlam dois terços do mercado de agroquímicos. Outras seis empresas (duas norte-americanas, duas europeias, uma japonesa e uma indiana) são donas de metade do mercado de máquinas e equipamentos agrícolas (Shand, 2019).

Com relação aos fertilizantes, o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF)³⁹, lançado em 2021, projeta cenários para as próximas três décadas. A projeção é que até 2050 ocorra um aumento na demanda de 22% a 91% em relação à demanda brasileira de 40,6 milhões de toneladas⁴⁰. Como o uso de defensivos e fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfatados contribui para o aquecimento global e pode causar danos à saúde humana, à qualidade da água e dos solos e à biodiversidade, a FAO (2021) defende que esses produtos só sejam importados de forma complementar. Eles não devem substituir os biofertilizantes, os bio defensivos e os serviços ecossistêmicos.

Os ecossistemas naturais conservados, em particular na Amazônia, fornecem insumos únicos para os quais não há substitutos econômica ou tecnicamente viáveis em larga escala, como irrigação pluvial, conservação do solo e da água, refúgio de polinizadores e estabilidade climática (Assad et al., 2019). No Brasil, só 3% da produção é irrigada. Apenas 1% utiliza sistemas climatizados (estufas e hidroponia) (IBGE, 2019). Isso revela uma altíssima participação dos serviços ecossistêmicos na geração do valor bruto agropecuário brasileiro.

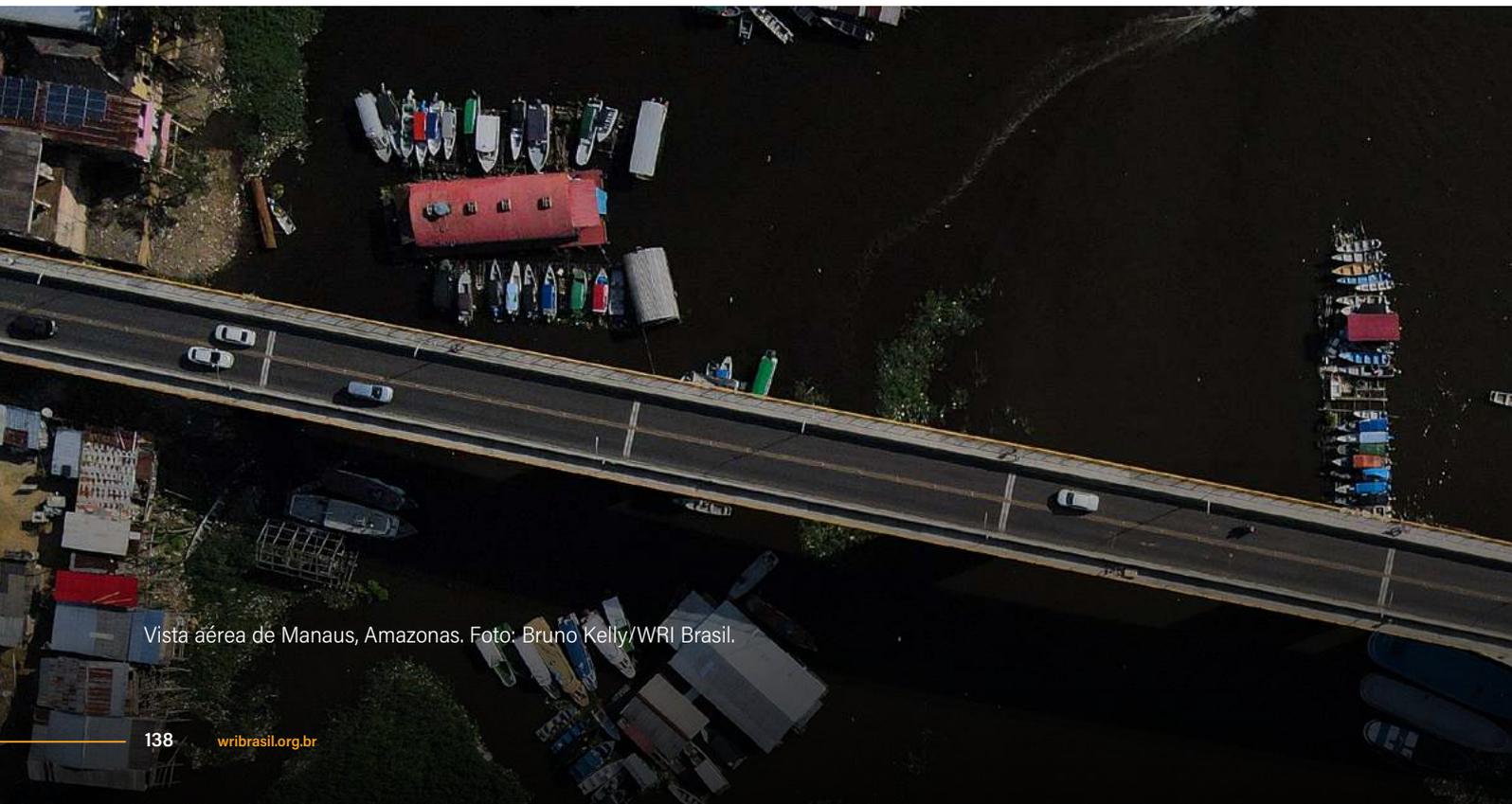
Já no que se refere à agregação de valor pelo reconhecimento do atributo de baixa emissão no processo produtivo, a indústria da carne tem tomado a dianteira na modernização, securitização e certificação da cadeia, principalmente em relação ao mercado externo. Ainda assim, o nível de informalidade e de ilegalidade, especialmente na produção e no abate de bovinos na Amazônia, continua muito alto (Azevedo et al., 2017).

A situação da produção pecuária voltada a atender o mercado doméstico é pior, porque o consumidor brasileiro mostra-se particularmente mais sensível aos preços do que às condições de produção. Perde-se em valor agregado e em rastreabilidade da cadeia. Trata-se de problema relevante porque, diferentemente do que ocorre em outros países, a produção brasileira de carne é consumida essencialmente no mercado doméstico. Como revelado no Capítulo 1 deste relatório, somente 15% do valor transacionado é exportado (nos grãos, por exemplo, esse índice é de 69%). Não houve para a cadeia nenhuma experiência bem-sucedida nos moldes da Moratória da Soja (Gibbs et al., 2015).

Um complicador é que as certificações implicam custo adicional, e o repasse desse custo ao consumidor é incompatível com mercados altamente concorrenciais como os de commodities agropecuárias. Em geral, as certificações só estão ao alcance de produtores rurais de grande e médio portes e exportadores. Os produtores de pequeno porte, particularmente

da agricultura familiar, têm dificuldade de acesso, embora haja um crescente movimento de obtenção de certificações por meio de cooperativas e associações.

É preciso observar que, como a maior parte das exportações de commodities não é realizada diretamente pelos produtores rurais, mas por *tradings* ou pela agroindústria, os eventuais ganhos de mercado obtidos com as certificações acabam agregando valor à indústria, não necessariamente ao produtor. Para ampliar a adoção de sistemas confiáveis de rastreabilidade e de medição das emissões, de forma a contribuir na transição para a NEA, há necessidade de superar o problema dos benefícios públicos e custos, por vezes, privados da manutenção dos ativos naturais provedores de serviços ecossistêmicos. Similarmente é preciso garantir acesso a produtores rurais de diferentes portes, especialmente os familiares, à Ater e à Ateg, para que os investimentos em práticas e tecnologias de baixa emissão sejam econômica e financeiramente sustentáveis, garantindo aumento de produtividade e lucratividade. Por fim, cabem melhorias nos instrumentos de políticas públicas e de financiamento da transição a fim de reduzir o custo do crédito e do financiamento do investimento nas atividades agropecuárias na AML, beneficiando a região com acesso privilegiado a capital paciente e fundos verdes já disponíveis internacionalmente. Esse último aspecto é objeto do Capítulo 7 do presente relatório.



Vista aérea de Manaus, Amazonas. Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.

4.2 Conclusões

A agropecuária da AML terá papel fundamental na transição para a NEA, sustentando o PIB e milhões de empregos através da substituição progressiva do fator terra por capital e trabalho, descarbonizando os processos produtivos especialmente pela recuperação de pastagens degradadas e regeneração natural assistida para restauração florestal, que podem, de uma só vez, ampliar a oferta de serviços ecossistêmicos e adequar as propriedades rurais ao Código Florestal.

Os três maiores desafios para a agropecuária na transição para a NEA são o uso estratégico do solo, a intensificação produtiva e massificação das práticas de baixa emissão de carbono e o combate à desigualdade rural.

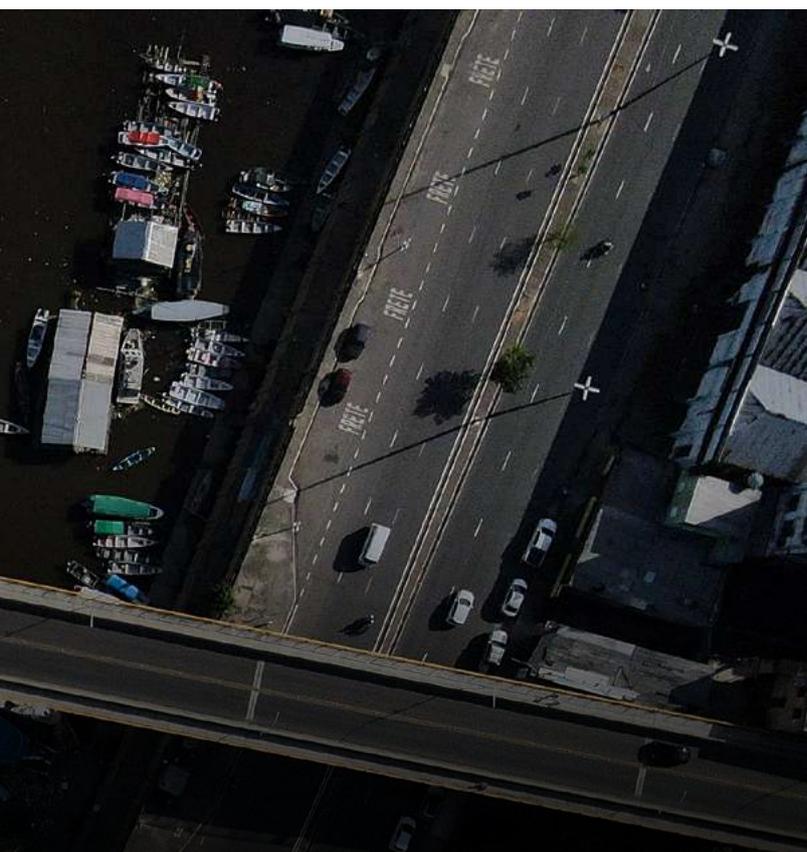
O uso estratégico do solo, que combina ordenamento territorial e otimização de alocação produtiva, traria benefícios diretos à geração de emprego e eficiência no uso dos fatores de produção com retração do fator terra em substituição por capital e trabalho. Zerando o desmatamento e promovendo a expansão da vegetação nativa, o incremento de

serviços ecossistêmicos geraria maior produtividade natural da terra e redução no uso de fertilizantes, compensando a expansão tradicional que substituiu terras exauridas por novos desmatamentos.

Assim, a intensificação da agropecuária deve ocorrer exclusivamente em áreas degradadas e antropizadas consolidadas, com adoção prioritária de bioinsumos e de sistemas integrados de produção (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Sistemas Agroflorestais, especialmente com espécies florestais nativas).

Para preservar os ativos naturais, é necessário também conciliar a agropecuária com a bioeconomia. Restaurar áreas degradadas, disseminar sistemas agroflorestais criados a partir de conhecimento, insumos e preferências locais, priorizar a conservação de mananciais e aquíferos, enfatizar a recuperação da vegetação nativa e de seus serviços ecossistêmicos. Também é necessário disseminar práticas de agricultura de baixo impacto, além de ampliar sistemas de fomento, crédito e subsídios cruzados para sistemas sustentáveis, como rastreabilidade e certificação de origem.

O combate à desigualdade rural deve ocorrer pelo acesso prioritário e privilegiado da agricultura familiar ao crédito, à Ater e à Ateg, aos instrumentos de mitigação de riscos e a mercados diferenciados. Apesar de deter só 22% das terras existentes nos estabelecimentos rurais da AML, a agricultura familiar emprega mais de 74% de todo o pessoal ocupado na agropecuária da região, participação que sobe para 82% entre os empregos femininos, sendo ainda responsável por 89% do VBP do extrativismo vegetal não exaustivo e 59% dos produtos nativos produzidos pela agricultura permanente da AML. Como descrito para a bioeconomia, os arranjos produtivos da agricultura familiar fortalecem a inclusão social, o fluxo circular de renda e a economia de proximidade, atuando como importante vetor de desenvolvimento.





Mineração precisa ir além das práticas ESG na Amazônia Legal, direcionando investimentos para estímulo da bioeconomia e das atividades que fomentam a economia de proximidade. Foto: Nick Elmoor/WRI



CAPÍTULO 5

MINERAÇÃO

Os bens minerais são indispensáveis na transição energética e na construção da infraestrutura para uma economia de baixo carbono (Ali et al., 2017, Church e Crawford, 2020; Gielen, 2021). Para suprir essa demanda, o Banco Mundial aponta uma tendência de crescimento na oferta de vários minérios⁴¹ críticos para as tecnologias limpas, como cobre, grafite e lítio, por exemplo, os quais terão de aumentar sua produção em cerca de 500% até 2050 (World Bank, 2010).

Na mesma linha, outro estudo (Taurus e Madzivanyika, 2022) afirma que a demanda pelos minerais que alimentarão a transição energética de baixo carbono será oportuna para nações em desenvolvimento que são ricas em recursos. Elas poderão aumentar suas receitas enquanto ajudam a combater as mudanças climáticas.

A Amazônia, que responde por mais da metade (51%) de todo o valor gerado pela produção mineral brasileira (ANM, 2020), possui reservas de expressão global, já mensuradas, como 18% do tântalo, 11% do nióbio, 9% do manganês e do estanho, além de reservas significativas de minério de alumínio, bauxita metalúrgica (8%) e de minério de ferro (4%), entre outras. Ademais, a região já explora seis dos 25 minerais considerados críticos para as novas tecnologias de baixo carbono, como painéis solares, baterias elétricas e turbinas eólicas (bauxita e alumínio, níquel, estanho, cobre, ferro e manganês) (Vakulchuk e Overland, 2021, p. 1679)⁴².

A expectativa de que esses minerais e metais desempenhem papel fundamental na transição tem relação com a forma como a energia será gerada, transportada, armazenada e utilizada pela sociedade nas próximas décadas (Enriquez, 2008).

Além desses minerais efetivamente explorados, existem outras pressões relevantes na AML, tais como a ocorrência de elementos de terras raras (Gerard et al., 2003), mas que ainda não se constituíram em reservas comprovadas, como os casos de disprósio, neodímio e praseodímio. Da mesma forma, novas pressões imprevisíveis e situacionais podem ocorrer, como a iminente reconfiguração geopolítica que ocasionou uma ruptura da oferta de insumos para a agricultura, impactando o setor agropecuário brasileiro como durante a pandemia de Covid-19 e a guerra entre Rússia e Ucrânia⁴³.

Além das novas dinâmicas do mercado global por bens minerais, há as tendências internas do setor mineral, que tem ampliado a incorporação de novas tecnologias, automação nos processos, levando à intensificação de sistemas potencializados pelos avanços da indústria 4.0⁴⁴. A busca por descarbonização, reaproveitamento de rejeitos e economia circular também requerem processos mais eficientes, com uso mais racional de recursos. E essas novas demandas e tendências têm efeitos dicotômicos na mineração que é praticada na AML.

A automação reduz os impactos ambientais (menos emissões de GEE, menor consumo de água, de energia e materiais em geral), mas também reduz a demanda por mão de obra, assim como aumenta a escala de produção (pelo aumento da produtividade), com conseqüente redução da vida útil da mina, o que significa menos tempo para diversificar a economia das regiões mineradoras para que sejam independentes da mineração no futuro.

A exploração mineral na região amazônica é importante em termos econômicos para o Brasil. Contudo, as tendências para o futuro são indicativas de um setor cada vez mais mecanizado que, por um lado, é poupador de recursos naturais, mas, por outro, é isolado de questões sociais, como geração de emprego. Adicionalmente, no futuro, é possível que a AML sofra pressões para aumentar a sua produção mineral, tanto em quantidade de minério extraída de minas já existentes quanto de abertura de novas minas.

Tendo em vista esses elementos, como lidar com a questão mineral na AML? É imperativo que não seja subestimada a contribuição do setor para a economia. Todavia, as circunstâncias específicas do bioma amazônico, em especial quanto à sua conservação, somam ao setor encargos adicionais na forma de salvaguardas ambientais, sociais e econômicas que precisam ser observadas na transição do mundo e do Brasil para uma economia de baixo carbono. A questão posta é: como a mineração pode contribuir para manter a floresta em pé, os rios saudáveis e os habitantes da região com qualidade de vida, desenvolvimento socioeconômico e direitos humanos preservados?

5.1 Análise sobre os impactos socioambientais

A formação histórica e recente da economia mineral da AML está assentada sobre dois modelos: o primeiro é a atividade garimpeira e suas matrizes e o segundo, a mineração formalmente constituída e de larga escala. Esses modelos, muito embora se confundam na mídia, requerem abordagens e alternativas diferenciadas.

A atividade garimpeira não foi explorada por esse relatório. Apesar de ser parte significativa da economia amazônica, ela tem ramificações importantes, como danos ambientais, de direitos humanos, socioeconômicos, de saúde pública e culturais, que não fazem parte do objeto de estudo, portanto, não poderiam ser tratados de forma satisfatória.

O grande exemplo contemporâneo dessas ramificações é o garimpo na Terra Indígena Yanomami e suas conseqüências (Hutukara Associação Yanomami e Associação Wanasseduume Ye'kwana, 2022). É importante ressaltar que toda a atividade minerária existente hoje em Terra Indígena é ilegal⁴⁵. Apesar da Constituição Federal de 1988 prever a mineração nesses territórios, mediante algumas salvaguardas, em especial consentimento livre, prévio e informado⁴⁶, atualmente não há regulamentação infraconstitucional, o que impossibilita mineração regularmente constituída em terras indígenas⁴⁷. Sendo assim, toda atividade minerária em terra indígena é proibida e classificada como garimpo ilegal.

Ao analisar o segundo modelo existente na AML, a extração em larga escala, constata-se que começou na década de 1950, sendo que hoje é uma das fontes mais significativas de geração de divisas, sobretudo para a União. Em 2020, em que pese as distorções do câmbio, as exportações de bens minerais alçaram a cifra de US\$ 18,5 bilhões, correspondente a 97% do valor da produção mineral. Em 2021, a região exportou US\$ 27,5 bilhões em minérios, um aumento de 50% em relação a 2020⁴⁸ (ComexStat, 2021).

Apesar dos resultados expressivos, a mineração é uma atividade econômica de elevado potencial de impacto, não apenas pelo espaço físico efetivamente utilizado para extrair os minérios, mas, principalmente, pelos efeitos sobre a dinâmica socioeconômica e ambiental nos territórios onde se instala. Isso inclui todo o aparato logístico para acessar, extrair e escoar os minérios e seus resíduos, como mostram Coelho (2015) e Castro e do Carmo (2019).

Também há pressões constantes por pesquisa e abertura de novas minas e terras a serem exploradas. Um exemplo é o Projeto de Lei nº 191/2020, que buscava regulamentar a iniciativa de mineração em terras indígenas, em especial devido à escassez de nitrogênio, fósforo e potássio, os quais são insumos essenciais para a fabricação de fertilizantes para o setor agropecuário. Cabe ressaltar que a Federação Brasileira de Geólogos (Febrageo)⁴⁹ e o Ibram⁵⁰ manifestaram oposição à proposta (Ibram, 2020).

As crescentes pressões sobre a AML, seja para atender à economia de baixo carbono ou não, podem resultar na implicação de áreas tradicionalmente ocupadas, acirrando os conflitos socioambientais que já são graves na região. Isso ocorre em razão da atividade minerária competir com outras formas de uso e ocupação do solo, tais como: da água, da terra, da paisagem, do ecossistema, dos recursos vivos e não vivos, com repercussões significativas nas formas de viver e produzir dos habitantes do entorno.

Dessa forma, sem as necessárias mudanças institucionais e estruturais, a mineração, mesmo aquela em prol das tecnologias de baixa emissão de carbono, perpetuará os impactos socioambientais já vivenciados pela região e listados a seguir.



Crianças brincam nas proximidades de Juruti, Pará. Foto: Joana Oliveira/WRI Brasil.

Tabela 24 | Impactos socioambientais da mineração de larga escala na Amazônia Legal

Tipo de impacto ambiental e social	Descrição
Desmatamento	Entre 2015 e 2020, a mineração na Amazônia Legal desmatou aproximadamente 41 mil ha e pressionou Terras Indígenas (1).
Derramamento de estruturas de contenção de rejeito e poluição do ar	O vazamento de rejeitos da produção de minérios, como alumina e caulim (2). Acidentes nos empreendimentos podem levar a casos de desconforto respiratório (3).
Interrupção de leitos de rios para a construção dos barramentos	Certas minas dependem de grande quantidade de barragens, aumentando o risco de rompimentos, o que pode gerar danos materiais, perda de vidas humanas, impactos na fauna e na flora e comprometimento corpos hídricos (4).
Aumento da violência nos municípios mineradores	Dos 33 municípios paraenses com atividade mineral, 21 registraram aumento de homicídios por 100 mil habitantes entre 2009 e 2019, segundo o Atlas da Violência (IPEA). Os destaques negativos são Canaã dos Carajás e Oriximiná, com aumentos de 92% e 388%, respectivamente (6).
Desordenamento territorial após o fim do ciclo da extração mineral	Cidades que dependem economicamente da mineração tendem a registrar crescimento territorial desordenado e a formação de bolsões de pobreza, associados ao acelerado aumento demográfico, o que está associado a problemas sociais como desigualdade e violência. Quando a atividade se esgota, pessoas que estavam envolvidas na mineração formam bolsões caracterizados principalmente pela subsistência agrícola (7).
Externalidades sociais negativas causadas pela estrutura de escoamento de minérios	Em razão do instituto de servidão minerária, o proprietário de área afetada pelo minério ou por infraestrutura ligada a ele não pode optar por não ter sua área afetada pelo empreendimento. Nesse sentido, a infraestrutura criada para extração e escoamento da produção tem impacto negativo nas áreas próximas, há relatos de atropelamento de pessoas e animais, comprometimento da estrutura de residências em função do aumento da trepidação, aterramento de poços, contaminação de cursos d'água e substituição (8).
Conflitos pelo uso do solo e aumento da especulação imobiliária	A mineração estimula outros setores, como a monocultura do eucalipto voltada ao abastecimento de fornos siderúrgicos, o que amplia os conflitos agrários e a concentração de terra (8).

Fonte: (1) APIB e Amazon Watch, 2022; (2) Câmara dos Deputados, 2018; (3) Gomes, 2021; (4) Andrade, 2018; (5) Wanderley, 2021; (6) Ipea, 2019a; (7) Drummond, 2000; (8) Filho et al., 2020; ANM, 2020; Ipea, 2019b e Prodes, 2019.

Dessa forma, a inclusão da mineração na NEA pressupõe a adoção de uma série de medidas que tornem o setor alinhado na perspectiva de uma transição justa para a região, com crescimento da bioeconomia e desenvolvimento gerador de benefícios à população local.

5.1.1 Influência na economia local

As minerações metálica e não metálica têm ligação importante com os aglomerados urbanos, seja por meio dos fluxos de produtos ou pela circulação de bens e serviços necessários à produção. Apesar disso, estudos indicam que os potenciais benefícios

são contidos por perdas na arrecadação. Na AML, concede-se renúncia fiscal de 75% do Imposto de Renda de Pessoa Jurídica para grandes empresas na região, além da redução de 25% a 32% no frete para importação de máquinas, equipamentos e insumos.

Em termos de estrutura tributária, um possível caminho poderia ser a aplicação de tarifas diferenciadas sobre a exportação de produtos minerais, conforme o grau de beneficiamento (Coelho, 2015; Sindifisco, 2021). Por exemplo, na Austrália, os royalties variam de 2,5% a 7,5%, com taxa menor para os produtos beneficiados.

Além disso, é preciso considerar o destino das receitas geradas pela mineração. Em Canaã dos Carajás, segundo município amazônico que mais recebeu Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) em 2021 (R\$ 1,86 bilhão), cerca de um terço da receita desse tributo foi direcionado pela prefeitura para gastos de administração pública (ANM, 2021c; Siconfi, 2021; Enriquez et al. 2018). Assim, a alocação dos recursos já existentes pode ser direcionada, ao menos em parte, para fundos de desenvolvimento cujo funcionamento cumprisse requisitos ESG. Isso encorajaria comunidades a desenvolverem economias mais diversificadas e inclusivas.

Em consonância, o Ibram (2020) sugere criar fundos municipais de longo prazo para a gestão de receitas da atividade mineral, com implantação de mecanismos de transparência e controle social, visando buscar alternativas para a continuidade do desenvolvimento durante e após o fechamento das minas.

Outra possível solução seria desvincular dos orçamentos dos municípios mineradores as receitas provenientes da atividade, permitindo

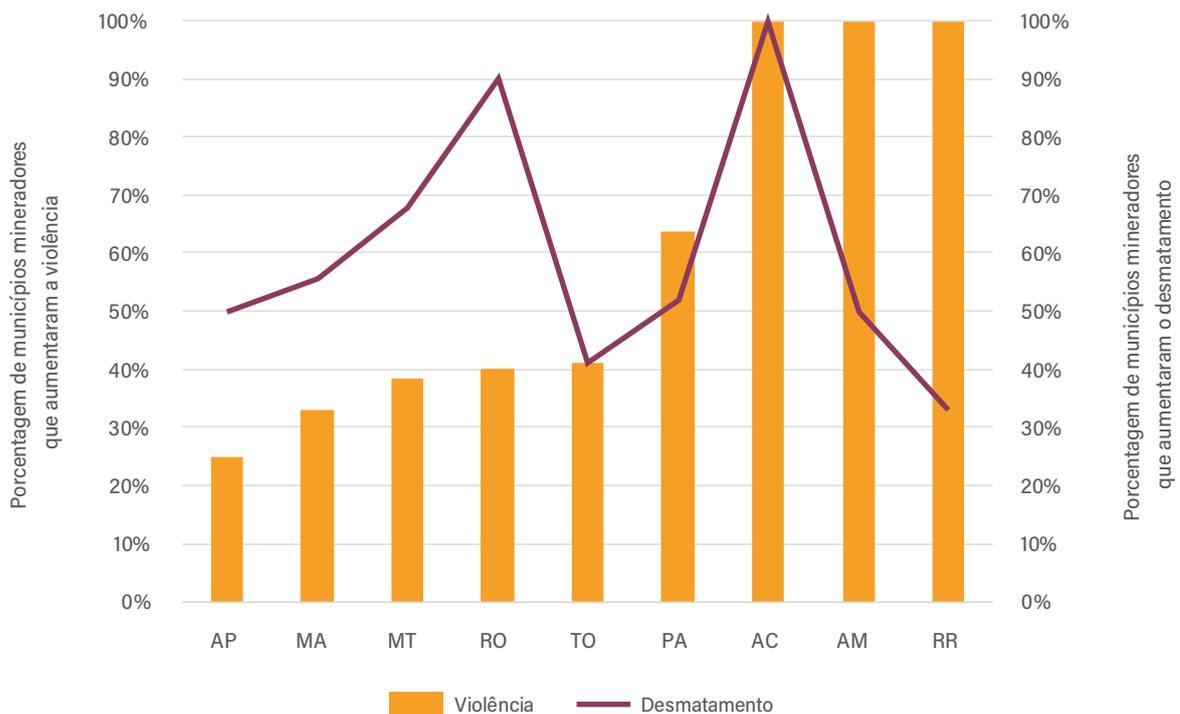
que as comunidades desenvolvam uma economia de base diversificada e inclusiva.

Essas medidas seriam voltadas para a criação de instrumentos capazes de interromper o ciclo de mineral-dependência, proporcionando opções e oportunidades diversas de desenvolvimento das comunidades locais (Martinez-Fernandez et al., 2012; Enriquez et al., 2018).

5.1.2 Relações com a degradação da floresta

Os danos causados pela mineração são mais evidentes nos indicadores de desmatamento e violência. Os municípios mineradores do Pará, por exemplo, registraram aumento de 63% nos homicídios por 100 mil habitantes entre 2009 e 2019. Em mais da metade desses municípios, o desmatamento também cresceu no período. No Amazonas, todos os municípios com produção mineral tiveram aumento da violência e metade sofreu redução da área florestal.

Gráfico 19 | Proporção de municípios mineradores que registraram aumento nos indicadores de violência e desmatamento, por estado, entre 2009 e 2019



Fonte: ANM (2020), Ipea (2019a) e Prodes (2019).

Observa-se que entre 2005 e 2015, 9% da perda florestal na AML foi provocada pela mineração, número 12 vezes maior do que o desmatamento ocorrido dentro da área licenciada à mineradora. O impacto das atividades mineradoras foi identificado em um raio de até 70 km das jazidas (Sonter et al., 2017).

Esses impactos podem ser diretos ou indiretos. Ainda que os diretos de atividades mineradoras sejam mais simples de serem controlados, os indiretos e cumulativos não os são (Coelho, 2015; Castro e do Carmo, 2019; Machado e Figueiroa, 2020; Enriquez et al. 2018; Martinez-Fernandez et al. 2012).

Tal situação é agravada pelo desafio da responsabilização pelas atividades de desflorestamento. Especialistas defendem que relatórios e atividades de monitoramento mais detalhados sobre os impactos diretos e indiretos da mineração de larga escala em áreas de florestas como a Amazônia, portanto, para além dos limites das áreas concedidas para exploração, permitiriam a elaboração de melhores políticas e práticas.

A fim de analisar formas de mitigação do desmatamento e outros impactos negativos da mineração, em 2019 o Banco Mundial lançou o conceito de *forest-smart mining* para atividades mineradoras que reconhecem e tomam ações para mitigar impactos em florestas e outras formas de uso da terra, além de impactos sociais, culturais, ecológicos e econômicos (Maddox et al., 2019). O conceito evoluiu de trabalhos ligados ao papel das mineradoras em ações de mitigação às mudanças do clima e da transição global para uma economia descarbonizada e segue quatro premissas de forma hierárquica (Bradley, 2020): 1) evitar qualquer impacto negativo ao clima e perda de biodiversidade; 2) minimizar qualquer impacto ou perda que possa vir a ocorrer; 3) restaurar ou reabilitar perda de cobertura florestal ou biodiversidade onde os impactos forem inevitáveis; e 4) como último recurso, compensar pelo dano.

Como mencionado anteriormente, na Amazônia o processo de concessão de outorga mineral é frequentemente susceptível a conflitos com as formas pré-existentes de usos e ocupação do território. Isso ocorre, em primeiro lugar, pelo conflito inafastável entre o uso do solo para extração e os usos tradicionais. Nesse ponto, as empresas podem mitigar seus impactos

ao assumir o compromisso para que a área onerada seja a mínima necessária para a extração. Ressalte-se que essa não é necessariamente a prática usual, como ilustra o caso de Canaã dos Carajás (Enriquez et al., 2018).

Pesquisa realizada pela Chatham House (Bradley, 2020) com intuito de melhor entender a aplicação do conceito avaliou que nenhuma empresa até 2020 implementava o *forest-smart mining* integralmente. Nesse sentido, a mineração na AML tem espaço para investir na otimização da atividade, incluindo aplicação de mecanismos financeiros como a REDD+ para restauração de áreas degradadas.

Ao tratar de projetos de REDD+ ou da geração de outros créditos de carbono, florestais ou não, é imperativo o desenvolvimento de sistemas de MRV reconhecidos nacionalmente. Eles ajudariam a qualificar empresas e jurisdições a acessarem mercados de carbono, além de criarem importantes bancos de dados sobre a gestão dos recursos sociais, econômicos e ecológicos da região.

A utilização de um sistema de MRV robusto auxilia as empresas mineradoras a incorporar elementos que hoje são excluídos dos seus planos de descarbonização. Isso ocorre porque as empresas tendem a elaborar planos focados no escopo 1 (emissões provocadas por uso de combustíveis) e escopo 2 (emissões provocadas por uso de energia). Entretanto, em áreas como a Amazônia, é crítico incluir também o escopo 3 (emissões provocadas indiretamente ao longo da cadeia de valor da empresa) com olhar específico em desmatamento. A Coalizão para Transparência em Emissões de Materiais (Comet, sigla em inglês) desenvolve métodos para ajudar a calcular emissões ligadas ao escopo 3, tendo como base a ferramenta GHG Protocolo e a Science Based Target initiative (SBTi). Ambas as ferramentas oferecem importantes padrões para cumprimento de critérios ESG.

No âmbito de políticas públicas, as NDC do Brasil poderiam prever a inclusão de metas para a descarbonização do setor minerário que incluíssem atividades dos escopos 1, 2 e 3 (Bradley, 2020), a fim de que as atividades impactantes fossem devidamente e compreensivamente mitigadas. No mais, governos subnacionais e nacionais poderiam criar normativas a fim de garantir maiores direitos e salvaguardas para populações vulneráveis impactadas.

5.2 Mineração e a transição justa

Afora as obrigações legais impostas ao setor, há questões específicas da mineração que é praticada na AML e que exigem atenção redobrada.

Primeiro, por se tratar de um bioma ímpar em termos de riqueza florestal, de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos. Segundo, por suas jazidas possibilitarem a geração de vultosa renda mineral. E terceiro, pelo nível de desenvolvimento socioeconômico da região, apesar de sua excepcional riqueza em recursos naturais.

O risco de que a transição energética do mundo resulte em danos irreparáveis ao meio ambiente e a comunidades próximas às jazidas tem soado o alerta para governos, empresas e investidores que buscam fomentar transições energéticas justas. Nesse sentido, tende a haver demanda para produção de relatórios bem evidenciados de ações e medidas tomadas nas proximidades das minas, a fim de mitigar riscos e instrumentos mensuráveis de progresso (Benioff, 2018).

Por isso, além de cumprirem com os deveres legais, algumas das grandes mineradoras atuantes na AML vêm adotando, de forma voluntária, recomendações de entidades representativas, como International Council on Mining and Metals (ICMM), Sustainability

Accounting Standards Board (SASB) e Task Force on Climate-Related Financial Disclosure (TCFD). Atualmente, se presencia uma série de transformações com a incorporação de novas tendências globais, como automação (Machado e Figueiroa, 2020), inserção de práticas ESG, reaproveitamento de rejeitos⁵¹, economia circular⁵² e descarbonização⁵³.

Ao tratar de critérios ESG, ressalta-se, em primeiro lugar, o aspecto ambiental. Neste, novas tendências têm implicações dicotômicas na relação entre a mineração e o desenvolvimento na AML. Por um lado, a automação tem efeitos importantes sobre a redução dos custos de produção das empresas, contribui para reduzir os impactos ambientais (menos emissão de CO₂, de consumo de água, de uso de recursos etc.), mas também reduz a demanda de mão de obra, a massa salarial e, portanto, os benefícios para a economia regional.

Machado e Figueiroa (2020) mencionam aumento de 15% a 20% na produtividade das empresas, mas reconhecem que os muitos empregos convencionais serão eliminados, em especial, nas áreas em que as máquinas avançam; os autores citam estudo do International Institute for Sustainable Development (IISD), que prevê que “os ganhos de eficiência da automação reduzirão o valor que as minas contribuem para as receitas dos governos em países de renda média e baixa em até US\$ 284 milhões” (Cosbey et al., 2016).



Plantio de mudas contribue para programas de neutralidade de carbono. Foto: Idesam

Em segundo lugar, o conceito de ESG em relação à governança inova por buscar que os interesses de atores locais (*stakeholders*) sejam considerados nas atividades, no impacto ou nos produtos de uma empresa e façam parte do propósito da companhia, superando uma governança que considera apenas os acionistas.

Dessa forma, as empresas devem oferecer oportunidades reais e garantir que profissionais técnicos locais possam ocupar cargos de decisão. As empresas também precisam participar mais ativamente de conselhos e fóruns voltados ao desenvolvimento local, assumindo o papel de agentes relevantes na construção de estratégias de desenvolvimento.

Apesar de haver relativo consenso sobre os critérios ambiental e de governança, a dimensão social da sigla ESG permanece sem entendimento comum, em especial quando discutido qual é o benefício que a mineração, como atividade, e a mineradora, como operadora, devem prover para a sociedade, sua responsabilidade e como articular com políticas públicas para promover sinergias.

Nesse sentido, o *RMI Report 2022* (Responsible Mining Foundation, 2022) mostra que globalmente a maioria das mineradoras ainda não consegue se engajar minimamente com as comunidades e trabalhadores sobre riscos básicos ligados às suas atividades, como de impactos ambientais e segurança. Cerca de 97% das mais de 250 minas analisadas em 53 países tiveram desempenho considerado abaixo de 25% em avaliações que buscavam evidências da capacidade de relatar ou engajar com comunidades e funcionários sobre riscos básicos ou temas de interesse público, como gestão de recursos hídricos e planos de emergência.

Um das medidas possíveis, em especial devido ao fato de que atualmente as empresas são responsáveis por grandes extensões de terra, principalmente de áreas protegidas, é propiciar condições favoráveis para que a população local se organize em forma de cooperativas ou outras entidades e possa explorar de maneira sustentável essas áreas, a fim de promover a sociobiodiversidade.

Importante que mineradoras presentes na AML liderem esse processo de transição para a NEA, com inclusão das comunidades locais na atividade mineral, transparência e monitoramento – e façam sem separar o social do ambiental ou da governança. O *RMI Report 2022* destaca como mineradoras constantemente escolhem um dos três para ser mais forte em detrimento dos demais.

Como reforça o Capítulo 3, uma atividade econômica dentro de uma floresta com alta diversidade social e biológica deve valorizar os três aspectos – ambiental, social e de governança – e incorporar conhecimento local em seus processos, inclusive de gestão. A Tabela 25 indica alguns dos possíveis caminhos para um futuro sustentável e responsável para o setor da mineração na AML.

5.3 Conclusões

A mineração na AML é tema controverso e envolve um conjunto de sistemas produtivos classificados entre mineração industrial e garimpo, este podendo ser legal ou ilegal. Este relatório não tem como objeto de estudo e análise os garimpos na Amazônia. Contudo, o estudo adota como premissa fundamental a contínua proibição de mineração em Terras Indígenas.

Nesse contexto, a análise aprofundou-se sobre a mineração industrial em larga escala, em especial, a de commodities essenciais à transição global para uma economia de baixo carbono. O estudo aponta para a necessidade de que os atuais padrões de produção sejam revistos e seus impactos socioambientais passem a ser mais bem monitorados e mensurados, principalmente se o objetivo é fazer uma transição justa.

Tabela 25 | Requisitos para a mineração de larga escala na Amazônia Legal

Etapa do empreendimento	Requisitos para as empresas	Requisitos para o governo
Outorga de título minerário	Ampliar o diálogo entre comunidades afetadas e empresa para resolver conflitos com outros usos e formas de ocupação do território (pequenos agricultores, população tradicional e pequenos mineradores, entre outros), utilizando critérios de ASG	Definir normas claras sobre a posse de áreas previamente utilizadas, com a revisão do instituto da servidão minerária
Licenciamento ambiental e operação de lavra	Ampliar as oportunidades para que profissionais técnicos locais ocupem cargos decisórios. Ampliar a participação da empresa em fóruns voltados ao desenvolvimento local. Promover e oportunizar que a população local, organizada em cooperativas, explore de forma sustentável as áreas protegidas sob controle da empresa. Destinar um percentual do lucro para gastos em P&D, em parceria com universidades e institutos de pesquisa dos estados e regiões onde está instalada. Apresentar à sociedade os reais números sobre empregos gerados e impostos recolhidos	Deixar de premiar com isenções e subsídios as exportações de bens minerais in natura. Criar um sistema de estímulos para empresas que agregam valor e geram inovação nos territórios em que estão instaladas. Criar normas para que a mineração promova a inclusão e a diversificação produtiva no território
Fechamento da mina	Envolver a população local na definição do uso subsequente à mineração	Criar normas sobre garantias financeiras ao fechamento de mina

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em relatórios publicados (ANM, 2023; ICMM, 2023; GRI, 2023; SASB 2023).

A agenda a ser implementada pelos governos para garantir a sustentabilidade e o desenvolvimento regional também é vasta. Uma medida pode ser a revisão da política de concessão de isenções e subsídios às exportações de bens minerais in natura, substituindo-a por um sistema que estimule mineradoras e empresas de transformação a agregar valor ao produto e gerar inovação no território.

Além disso, um percentual das receitas deveria ser direcionado a investimentos em pesquisa e desenvolvimento, o que tem o potencial de contribuir para a superação dos gargalos tecnológicos e sociais inerentes às operações na Amazônia. Esses investimentos podem ser realizados por meio de parcerias com universidades e institutos de pesquisas da região, que acumulam conhecimento para atuar nessas áreas.

Em relação às empresas, elas podem garantir, por exemplo, que a área onerada pela mineração seja a mínima necessária⁵⁴. Essa medida poderia prevenir conflitos com formas pré-existentes de uso e ocupação do território na fase de outorga.

A aplicação de critérios de ESG em concomitância com a implementação de sistemas de MRV que abarquem os impactos diretos e indiretos das atividades mineradoras, incluindo escopos 1, 2 e 3 para mitigação de GEE, permitirá aos setores público e privado maior acesso a novos mercados (como o de carbono) e melhor qualificação para recebimento de financiamento climático.

Para garantir a viabilização do cenário NEA, é necessário redimensionar a distribuição da renda mineral, incluindo alterações na estrutura tributária e criação de fundos voluntários e regulados, além de empoderar as comunidades locais para que sejam agentes de seu próprio desenvolvimento, empregando capacitação e qualificação profissional e, por fim, ancorar o processo de desenvolvimento local em ciência, tecnologia e inovação, visando transitar para uma sociedade geradora de conhecimento, não só de minério.



Transporte hidroviário no rio Amazonas, nas proximidades de Belém, Pará. Foto: ESB Profissional/Shutterstock.



CAPÍTULO 6

INFRAESTRUTURA

A transição para a NEA requer o desenvolvimento de nova infraestrutura⁵⁵, compatível com as diferentes realidades socioeconômicas e a biodiversidade da AML. O desafio é desenvolver uma infraestrutura compatível com a floresta em pé, que aproveite as vocações regionais (como sistemas fluviais), minimize a dependência das fontes não renováveis, alavanque o desenvolvimento de fontes locais (Junior, 2012; Pereira, 2017), seja competitiva e ainda fomente a economia circular e de proximidade (Gatto, 2022; Laurance, 2019). A trajetória atual precisa sofrer uma forte guinada para atender a essas condições (Barros et al., 2020; IDB, 2018; Abramovay, 2022; Bandura, McKeown e Silveira, 2020).

Como exposto no Capítulo 2, a NEA adota a abordagem de infraestrutura induzida por mudanças na matriz energética (Ribas, Lucena e Schaeffer, 2017; 2019). Adequada às capacidades e limitações dos DOM e GEM utilizados, as soluções energéticas resultam de combinações ótimas de pacotes tecnológicos de fontes que atendam simultaneamente às restrições de emissões de GEE, Custos Nivelados de Energia (em inglês, *Levelized Cost of Energy*) e às potencialidades e limites locais, como irradiação solar, velocidade do vento, temperatura, disponibilidade de biomassa, mão de obra, minerais essenciais, logística, entre outros.

De forma mais detalhada, as projeções da infraestrutura energética dos cenários REF e NEA foram realizadas pelo acoplamento das projeções dos GEM (BLUES-REGIA) com um refinamento setorial, seguindo metodologia de SEMAS (2022). Choques de mudanças na matriz energética se reverberam pelos demais setores da economia, demandando novas infraestruturas, como redes de transmissão de energia elétrica, biorrefinarias, indústrias de minerais metálicos não ferrosos, sistemas fotovoltaicos flutuantes, estruturas portuárias, carregadores para eletrificação dos modos e consumo final de energia (doméstico, industrial, serviços, rural e transportes).

A logística existente nas redes de geração-transmissão-distribuição elétrica bem como as vias de transportes são acopladas aos modelos para permitir a penetração e permeabilidade dos fluxos energéticos, físicos, informacionais e financeiros. Estrangulamentos estruturais são solucionados pela requisição de investimentos adicionais para ampliação da base industrial e logística, obedecendo a critérios que podem ser previamente selecionados, como impossibilidade de duplicação de estradas ou de construção de novas vias terrestres, forçando o deslocamento de investimentos para vias fluviais ou marítimas previamente existentes e com capacidade ociosa.

As soluções elétricas e de transporte são detalhadas, mas as demais soluções – logística, por exemplo – não são espacialmente explícitas (não são traçadas novas rotas), mas simplesmente traduzidas em investimentos adicionais dadas as peculiaridades dos modos ou fontes requisitadas (registradas nos bancos de dados dos modelos), por isso também as respostas de necessidade de investimentos são agregadas e indistinguíveis.

A imediata relação entre crescimento econômico e consumo de energia (Correia-Silva, Simões e Oliveira, 2017) e demanda por transportes (Marazzo, Scherre e Fernandes, 2021) foi inferida nos modelos através dos resultados de PIB, população e renda dos cenários REF e NEA. Para a demanda de energia para o transporte também foram considerados o aumento de eficiência (Serra e Fancello, 2020; Bouman et al., 2017; Kozuba e Mateusz, 2019) e a

mudança modal (Almeida, 2008; Costa, Caixeta-Filho Arima, 2019). Posteriormente, como os cenários consideram eletrificação dos modos de transporte (Baptista, 2020), a demanda por eletricidade para o setor de transporte foi adicionada à demanda elétrica total dos demais setores.

Sabe-se de antemão que a abordagem da infraestrutura induzida é insuficiente para alcançar as especificidades no nível local, para o que são imprescindíveis planejamentos detalhados. Por outro lado, permite soluções de larga escala compatíveis com a realidade da AML, funcionando como um marco para as principais diretrizes que devem balizar o planejamento local. Muitas das soluções encontradas pela otimização e convergência de restrição de emissões, custo nivelado de energia e peculiaridades locais (especialmente a capacidade fluvial e os resíduos da bioeconomia) exigirão forte inflexão das curvas tendenciais, o que denota o tamanho do desafio a ser enfrentado rumo à descarbonização da economia.

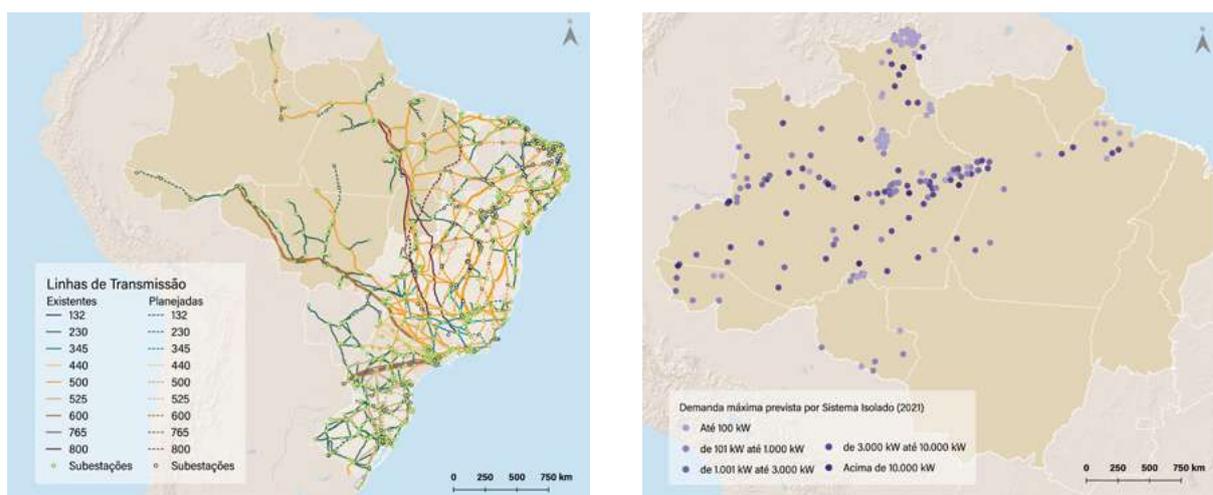
6.1 As limitações da matriz energética atual na AML

6.1.1 Energia elétrica

A AML foi responsável por gerar 160 TWh (25,7% do total de gerado no país) em 2020, com predominância da fonte hídrica, responsável por 83% dessa geração (EPE, 2021b). A maior parte dos estados da AML exportou eletricidade – sendo o Acre a única exceção. Com essa geração, a capacidade instalada na AML seria capaz de garantir a expansão de sua economia para além de 2050 se toda a geração permanecesse exclusivamente na região (EPE, 2020b).

Apesar disso, quase 60% da geração elétrica da AML é transmitida para o restante do país, e muitas regiões amazônicas não são ligadas ao SIN, sendo que em vários pontos da região não há acesso ao serviço público de eletricidade. Os Sistemas Isolados estão presentes em algumas regiões, mas as longas distâncias e barreiras físicas e ambientais tornam suas conexões ao SIN economicamente inviáveis. A Figura 9 ilustra o SIN e os 258 Sistemas Isolados⁵⁶ existentes no país atualmente.

Figura 9 | Localização do Sistema Interligado Nacional e dos Sistemas Isolados



Nota: Além dos estados da AML, os Sistemas Isolados só estão presentes em Pernambuco.

Fontes: ONS (2022) e EPE (2021a).

O modelo atual dos sistemas isolados não é capaz de suprir a demanda de alguns serviços, como tratamento de água e esgoto e inclusão digital, restringindo a ampliação de infraestrutura de saneamento e conectividade (Matiello, 2018; IEMA, 2018; EPE, 2021). Ademais, mais de 90% da matriz elétrica dos sistemas isolados depende do óleo diesel, com impacto significativo no custo final da energia elétrica e emissões de GEE⁵⁷ (EPE, 2021a). A geração de energia é subsidiada por meio de um encargo setorial, a Conta de Consumo de Combustíveis, pago pelos consumidores do SIN, através da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) (EPE, 2021a).

O uso do diesel nos sistemas isolados tem outras desvantagens além do elevado custo, emissões e transferência tarifária. O suprimento do combustível depende de uma complexa logística baseada sobretudo no transporte fluvial, dificultado no período de estiagem devido à diminuição do nível dos rios, expondo a população a interrupções frequentes no fornecimento de energia. A formação de estoques de combustíveis em entrepostos para atender aos sistemas isolados pode perdurar semanas (IEMA, 2018), com elevado risco de acidentes e explosões, o que redundaria custos adicionais de armazenamento (ONS, 2022; EPE, 2021a). A substituição da geração a diesel por fontes renováveis de energia (biomassa ou energia solar) poderia de uma só vez reduzir as emissões de gases poluentes, o custo dos sistemas isolados e estimular a economia de proximidade.

Na AML, existem ainda as chamadas regiões remotas não conectadas ao SIN nem beneficiadas pelos sistemas isolados nacionais⁵⁸. Em alguns casos, há suprimento de energia de forma independente, por iniciativa privada e coletiva da população na aquisição de geradores a diesel ou à gasolina, como na comunidade Vila Nova no Arquipélago do Marajó, no Pará, na Comunidade Indígena Wai-Wai, em Roraima, e na Comunidade Cavalcante, em Rondônia. Em outros casos, as prefeituras e governos estaduais arcam com os custos desse combustível, como no Amapá, com o Programa Luz Para Viver Melhor, que distribui diesel mensalmente para 152 comunidades no estado (Amapá, 2021). Entretanto, mais de 475 mil pessoas em 161 municípios da AML continuam desassistidas, sem qualquer programa de fornecimento de luz elétrica, inclusive sem sequer saber suas demandas reais por energia (IEMA, 2020).

Com o objetivo de ampliar a distribuição de energia elétrica, o governo federal lançou em 2003 o programa Luz para Todos, que possibilitou a ampliação do acesso à energia (Eletrobras, 2021). Reconhecendo que a AML contém mais regiões sem acesso público a eletricidade, foi criado em 2020 o programa Mais Luz Para a Amazônia, que estabelece que o atendimento das unidades consumidoras deve ser feito por meio de sistemas descentralizados como os Microsistemas Isolados de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) e Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI).

Para compor essas infraestruturas de energia elétrica, o programa institui a prioridade em fontes renováveis – eólica, solar, biomassa e hidreletricidade (MME, 2021). Contudo, o foco do programa é a demanda residencial e de alguns serviços básicos (como postos de saúde, escolas, igrejas, centros comunitários). Além de ainda incipiente e sem monitoramento de performance, o programa deixa descoberta a demanda proveniente das atividades econômicas (Ferreira e Silva, 2021).

De fato, a falta de energia elétrica prejudica a produção local. Atividades como pesca, cadeias do açaí e produção de farinha de mandioca são limitadas, pois etapas como irrigação, trituração, moagem, descasque e refrigeração, por exemplo, precisam de energia elétrica para uma produtividade adequada e competitiva (Barron-Gafford G. A. et al., 2019). Regiões como o sul do Amazonas, Arquipélago do Marajó e Baixo Amazonas, que possuem os piores indicadores de pobreza e IDH da AML, têm potencial para melhorar suas atividades econômicas e impulsionar o desenvolvimento comunitário socioambiental se dispuserem de eletricidade a baixo custo (Barra, 2021).

A energia viabilizaria também o suprimento de serviços básicos para as comunidades mais distantes, como iluminação pública, iluminação de escolas para funcionamento noturno, energia para postos de saúde (refrigeração de medicamentos, vacinas e soros), refrigeração de alimentos, bombeamento e tratamento de água, conectividade e melhoria no conforto térmico e bem-estar (Di Lascio e Barreto, 2009; Pereira et al., 2011).

6.1.2 Energia para o transporte

Além da energia elétrica para abastecimento de domicílios e estruturas produtivas, outro problema estrutural incompatível com a NEA é o transporte de passageiros e cargas na região. Na AML, 6 milhões de veículos circulam para a mobilidade urbana de passageiros, sendo cerca de 38 mil ônibus, 4 milhões de carros e 1,9 milhão de motocicletas (ONTL, 2019). A gasolina é o principal combustível utilizado para o transporte individual de passageiros, atendendo 70% dessa demanda, seguido pelo etanol (20%) e diesel (10%). No transporte coletivo de passageiros, o diesel é o principal combustível com participação

próxima a 93%, descontando-se aqui somente o percentual de biodiesel (ANP, 2021b). Segundo as estimativas do presente estudo, as emissões deste segmento somaram 15 MtCO₂ em 2020.

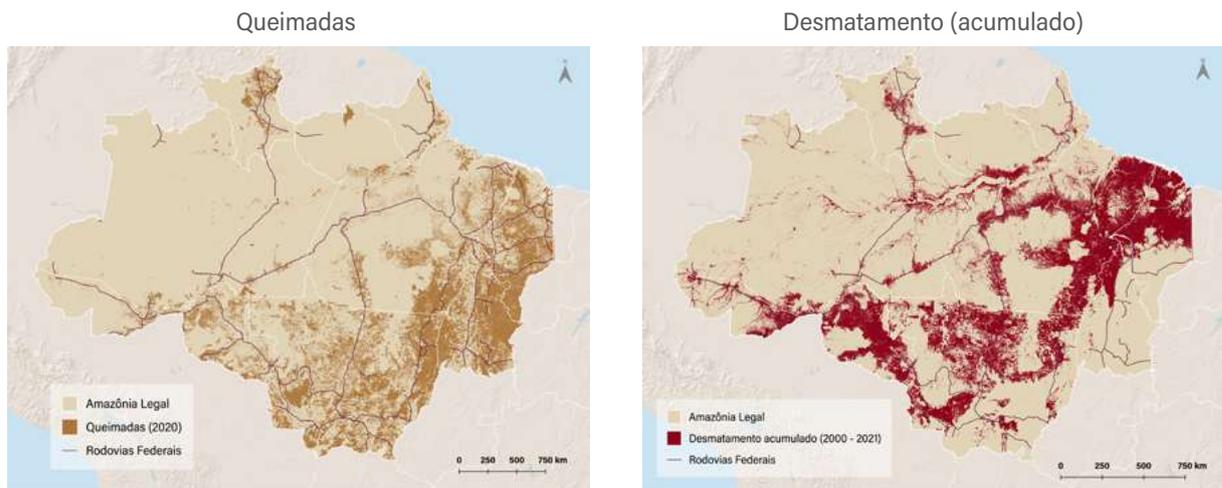
O transporte rodoviário de cargas era composto, em 2019, por 271 mil caminhões leves, 72 mil caminhões pesados e 441 mil veículos comerciais leves (Denatran, 2021), com emissões estimadas pelo presente estudo em 13,5 MtCO₂. A maior parte dessa frota está concentrada no chamado arco do desmatamento, que detém 80% da extensão das rodovias, principalmente no estado do Mato Grosso, que apresenta 31% da frota de veículos de carga registrados na AML (DNIT, 2021). A frota de caminhões brasileira usa majoritariamente diesel com 13% de biodiesel na mistura (ANP, 2021a; 2021b).

As condições de tráfego nas rodovias são ruins devido à ausência de pavimentação na maioria delas (CNT, SEST e SENAT, 2022) e à concentração dessas rodovias em poucas áreas. O estado do Mato Grosso, por exemplo, concentra 28% das rodovias da AML (DNIT, 2021). Embora a expansão e pavimentação de rodovias em regiões de floresta conservada, como a Amazônia, possam proporcionar o acesso a áreas para extrativismo, atividades agropecuárias e núcleos habitados, são vastas as evidências de que essa expansão gera desmatamento acompanhados por incêndios (Figura 10). 94% do desmatamento na Amazônia ocorre num raio de 5,5 quilômetros das estradas existentes (Barber et al., 2014).

As grandes distâncias, baixas densidades populacionais, intempéries e sazonalidades climáticas fazem com que a implantação de uma infraestrutura de transportes terrestres se torne onerosa, tanto financeiramente quanto para os ecossistemas. A falta de logística eficiente para promover o deslocamento de produtos e pessoas aumenta os custos de transação da produção na AML, diminuindo sua competitividade. A dificuldade do escoamento da produção é considerada um dos entraves da bioeconomia regional (Chelala, Chelala e Almeida Carvalho, 2022).

Excluindo operações comerciais profissionais, o parque de transportes amazônico tem nível tecnológico e consequentemente eficiência bastante abaixo em relação à tecnologia disponível comercialmente (CGEE, 2013). Desse modo, uma possível modernização do setor de transporte

Figura 10 | Relação entre rodovias (federais), incêndios e desmatamento



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Prodes (2022) e RAISG (2022).

regional traria impactos positivos em termos de economia e de redução de emissões. Destaca-se nesse quesito a ampla rede fluvial da região, que oferece uma alternativa ao transporte terrestre, sendo o principal meio utilizado já em boa parte da AML. Apesar das baixas velocidades atingidas, essa rede é fundamental para trocas comerciais e escoamento da produção regional, com a vantagem adicional de se tratar de um modo de transporte com baixa intensidade energética por tonelada transportada em relação à alternativa rodoviária.

O transporte de cargas em embarcações cargueiras puras (barcas e navios oceânicos) atingiu 80,3 milhões de toneladas na região, em 2017, e 96,8 milhões de toneladas, em 2020 (Antaq, 2021). Já as embarcações de passageiros e mistas transportaram 9,3 milhões de passageiros e 3,4 milhões de toneladas de cargas no ano de 2017 (Antaq e UFPA, 2018), divididos entre linhas de travessia, estaduais e interestaduais. As embarcações náuticas usam óleo diesel, óleo combustível ou um mix dos dois, sendo o mais comum o uso de óleo combustível. O balanço energético nacional relativo ao ano 2020 aponta uso de 29% de óleo diesel e 71% de óleo combustível pesado, em base energética nas embarcações (EPE, 2021b), somando emissões da ordem de 2,1 MtCO₂ em 2020 estimadas pelos modelos do presente estudo.

O transporte aeroviário também é um modal fundamental da rede regional. Informações atualizadas da ANAC dão conta de que AML soma 105 aeródromos civis públicos (21% do total do Brasil) e mais 102 novas localidades autorizadas para atendimento humanitário (ANAC, 2022). Adicionalmente, são registrados 1.228 aeródromos privados (41% do total do Brasil), dos quais 699 no Mato Grosso e outros 190 no Pará (ANAC, 2021a). O querosene de aviação é o principal combustível utilizado na aviação comercial atualmente, mas a gasolina de aviação é usada em aviões de pequeno porte, como os monomotores utilizados na agricultura (Petrobrás, 2023a). As emissões desse segmento foram estimadas pelo presente estudo em 150 KtCO₂. Ilegalidades são facilmente registradas ao modal aeroviário na Amazônia. Pesquisa de 2022 com imagens de satélite denunciam ainda a existência de outras 1.269 pistas de pouso clandestinas na AML, especialmente no Mato Grosso e Pará, em áreas identificadas com garimpo (Potter, 2022; Sousa, 2022).

Já o transporte ferroviário é limitado a percursos curtos, à exceção da Estrada de Ferro Carajás que conta com 890 km, ligando os municípios mineradores de Carajás, Marabá e Parauapebas, no Pará, ao Porto de Ponta da Madeira em São Luís do Maranhão (ANTF, 2023).

6.2 Nova infraestrutura para AML

6.2.1 Eletricidade

A partir dos dados de demanda energética e crescimento populacional e do PIB estimados nos DOM e GEM, estimou-se que no cenário NEA a demanda energética total é de 211 TWh contra 255 TWh no cenário REF e 169 TWh no ano-base 2020 (todos os tipos de energia, inclusive combustíveis, convertidos em TWh). Considerando apenas a energia elétrica para consumo doméstico, industrial, rural, serviços e transportes, no cenário NEA, seriam necessários 131 TWh, enquanto no REF 74 TWh, partindo-se de 52 TWh em 2020.

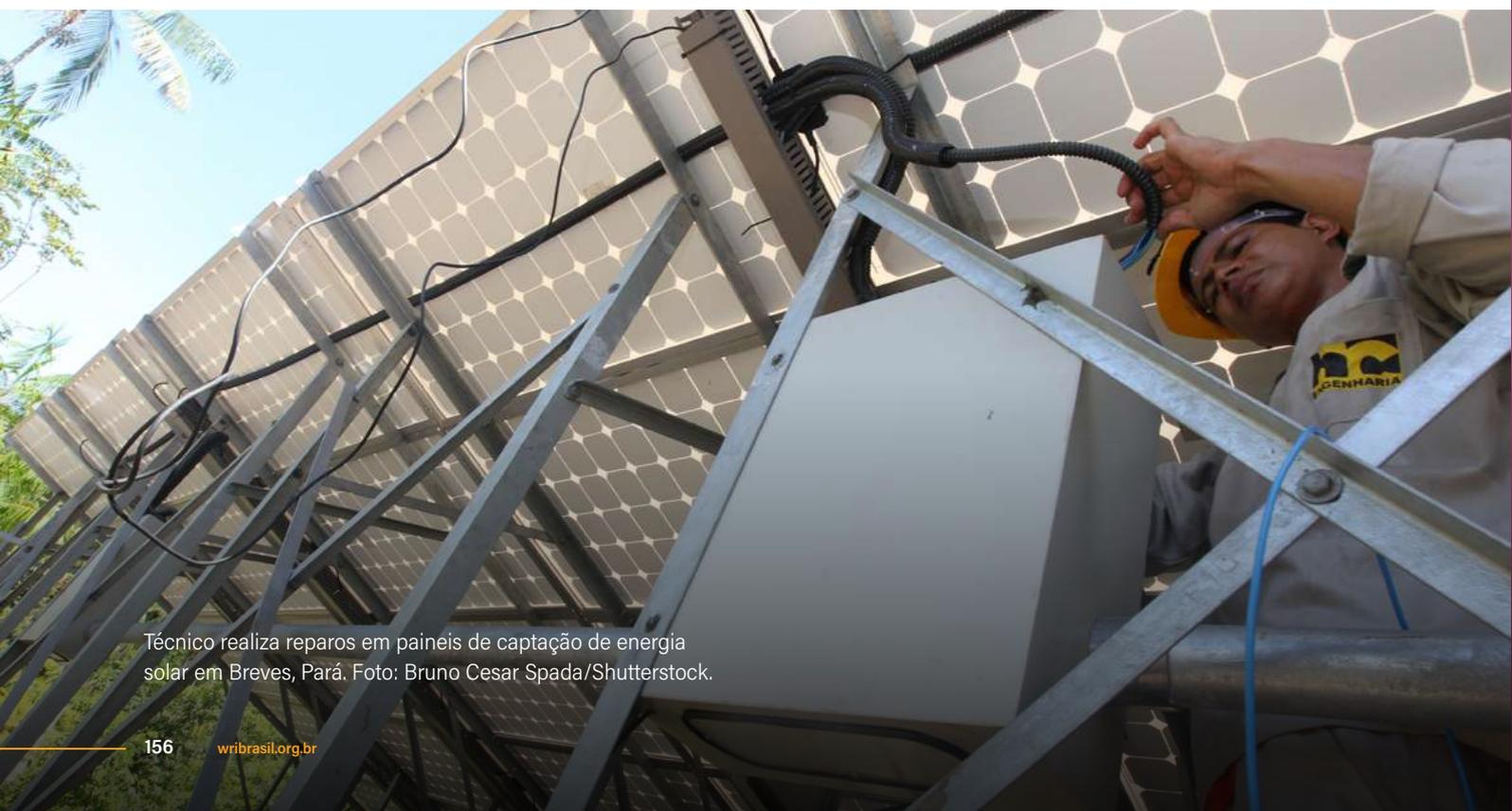
Além das demandas centralizadas de geração elétrica conectadas ao SIN, sustentado essencialmente por usinas hidrelétricas dentro e fora da AML, soluções locais, com geração a partir de fontes renováveis, devem compor a matriz elétrica para alimentar o próprio SIN, os sistemas isolados e regiões remotas.

Identificou-se que o recurso eólico aproveitável se concentra no extremo norte do estado de Roraima, dentro da Terra Indígena Raposa Serra do Sol (Badger et al., 2022). A exploração desse potencial eólico, em prol da população da Terra

Indígena, requer estudos mais aprofundados incluindo o potencial impacto sobre a avifauna, a infraestrutura disponível para as operações de transporte e instalação das turbinas e os impactos ambientais e sociais que poderiam ser causados na região. Impõe restrições sociais e ambientais que requerem profunda avaliação e que ultrapassam a mera viabilidade técnica e econômica, iniciando pelo protagonismo dos próprios indígenas nas decisões. Por isso foram desconsiderados.

Energia solar

A energia solar tem aplicação crescente tanto no cenário REF quanto no NEA. Para dimensionar a oferta de energia solar e priorizar as áreas de implantação, aplicou-se uma metodologia multicritério considerando sistemas flutuantes sobre corpos d'água e sistemas em solo em áreas de pastagens degradadas (Barron-Gafford et al., 2019). As análises consideraram potencial de geração fotovoltaica média anual no plano inclinado e, também, as distâncias para linhas de transmissão, subestações, rodovias, hidrovias e para centros urbanos, no nível municipal para toda a AML (ver Quadro 18). As alocações otimizadas levaram em conta o custo nivelado de energia definido pela razão entre o total de capital investido (Capex) e custos operacionais (Opex) sobre a energia gerada ao longo dos 30 anos.



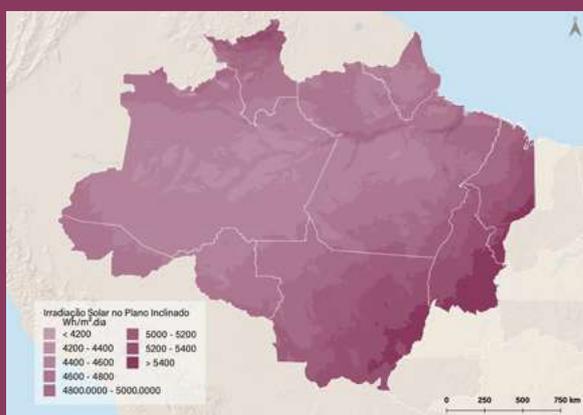
Técnico realiza reparos em painéis de captação de energia solar em Breves, Pará. Foto: Bruno Cesar Spada/Shutterstock.

Quadro 18 | Potencial da geração fotovoltaica na Amazônia Legal

Algumas variáveis meteorológicas afetam a disponibilidade de energia fotovoltaica, como irradiação solar, velocidade do vento e temperatura (Figuras Q18.1, Q18.2 e Q18.3). Essas variáveis climáticas exercem influência na transferência de calor que ocorre em módulos fotovoltaicos,

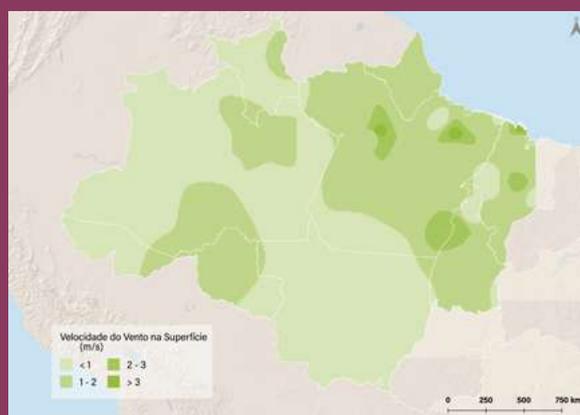
impactando a geração final de energia fotovoltaica (Santos e Lucena, 2021). A partir dos estudos de Santos e Lucena (2021) e Skoplaki, Boudouvis e Palyvos (2008), estimou-se o potencial de geração fotovoltaica no plano inclinado por município da AML (Figura Q18.4).

Figura Q18.1 | Irradiação solar no plano inclinado na Amazônia Legal (Wh/m² dia)



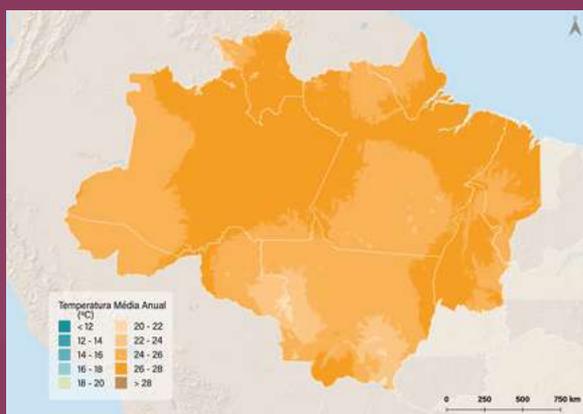
Fonte: Pereira et al. (2017).

Figura Q18.2 | Velocidade média anual do vento na Amazônia Legal (m/s)



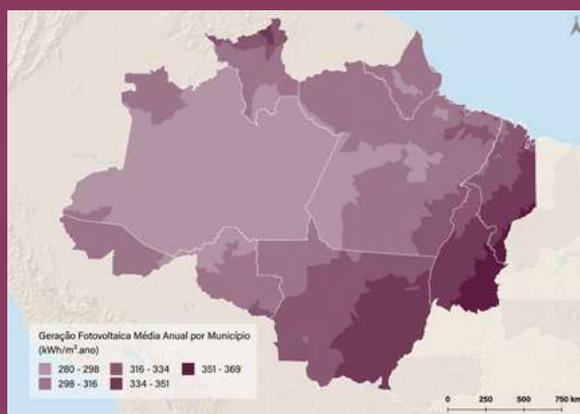
Fonte: INMET (2022).

Figura Q18.3 | Temperatura média anual na Amazônia Legal (°C)



Fonte: INPE (2022)

Figura Q18.4 | Potencial estimado de geração fotovoltaica no plano inclinado média anual por município da Amazônia Legal (kWh/m² ano)

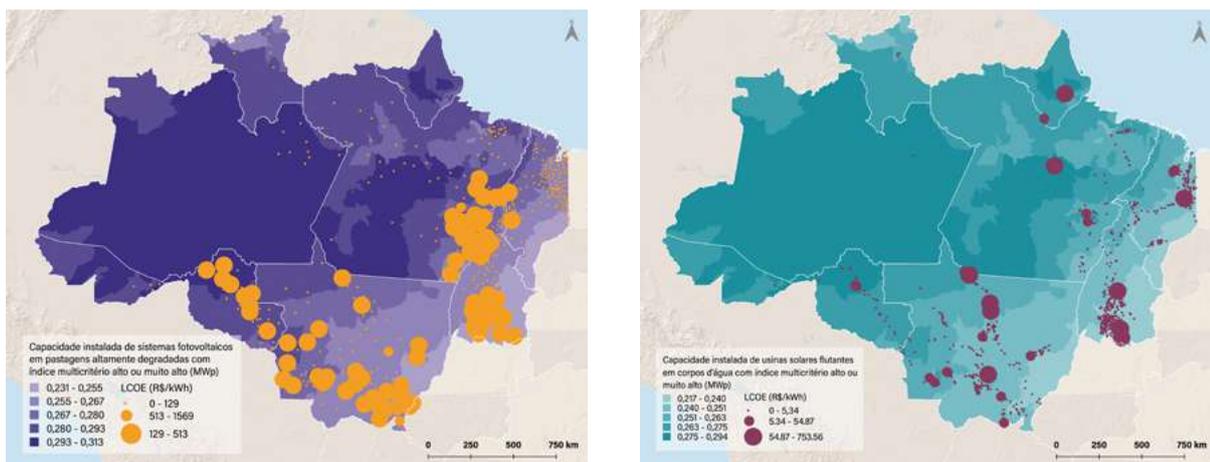


Fonte: Elaborado pelos autores.

O potencial técnico em sistemas fotovoltaicos flutuantes foi avaliado em 3,1 GWp, com capacidade de geração de 5,7 TWh por ano. Esse valor representa cerca de 8% da energia gerada pela usina de Itaipu em 2021 (Itaipu Binacional, 2021). Considerando que o consumo de energia elétrica na AML, em 2021, foi de 54.399 GWh (EPE, 2022), o potencial técnico estimado apenas nos sistemas flutuantes seria equivalente a quase 11% da demanda atual da região.

Aproximadamente 95% do potencial técnico de geração fotovoltaica está localizado em represas de usinas hidrelétricas já existentes, viabilizando a interligação ao SIN, com destaque às represas nos estados do Tocantins (38,8%), Mato Grosso (30,7%), Pará (20,4%) e Amapá (4,0%). Para preços inferiores a R\$ 217/MWh, nenhuma usina fotovoltaica em sistemas flutuantes seria viável economicamente. Como as tarifas médias da região da AML são de R\$ 633/MWh atualmente (EPE, 2022), mais de 95% dos sistemas flutuantes seriam economicamente viáveis. A Figura 11 apresenta os mapas com as localizações dos pontos ótimos identificados para a instalação dos sistemas.

Figura 11 | Potencial técnico em corpos d'água e custo nivelado de energia para sistemas fotovoltaicos flutuantes e sistemas em solo em pastagens degradadas na AML



Fonte: Elaborado pelos autores.

Já os sistemas fotovoltaicos em solo exclusivamente sobre pastagens altamente degradadas seriam instalados em área total de 37,7 mil hectares, com potencial técnico de 36,6 GWp e capacidade de geração de 66,7 TWh por ano. Esse potencial é equivalente a toda energia gerada pela usina de Itaipu em 2021 e é cerca de 125% maior que a demanda total atual da AML. Aproximadamente 35,7% do potencial estaria no Mato Grosso, 26,6% no Tocantins, 22,2% no Pará e 8,5% no Maranhão.

Considerando apenas a demanda para atender à pecuária, a capacidade instalada total requerida foi estimada em 10,3 GWp, o que exigiria área de cerca de 5 mil hectares de sistemas em solo, suficientes

para sombrear, em sistemas de rodízio, rebanho de 25,5 milhões de cabeças de gado. A partir de preços de energia de R\$ 606/MWh, todo o potencial técnico seria economicamente viável. Como a tarifa de energia elétrica do grupo rural na AML é de R\$ 780/MWh (EPE, 2022), esses sistemas fotovoltaicos seriam viáveis em quase toda a AML.

Somente com energia fotovoltaica, o potencial técnico dos sistemas flutuantes e em solo seriam capazes de atender a 55% dos 131 TWh demandados pela AML em 2050 no cenário NEA.

Tabela 26 | Geração e capacidade Instalada de sistemas fotovoltaicos para a AML projetados para 2050

UF	Geração fotovoltaica média (kWh/m ² /ano)	Capacidade instalada potencial (MWp)	Potencial Técnico (TWh/ano)
AC	328	62	0,1
AM	316	22	0
AP	331	1	0
MA	359	3.107	5,6
MT	357	12.856	23,7
PA	338	8.429	14,8
RO	329	2.726	4,6
RR	342	25	0
TO	368	9.346	17,7
AML	na	36.575	66,7

Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Biomassa de resíduos

Outra fonte para o fornecimento de eletricidade é a biomassa, com ênfase na biomassa de resíduos da produção de cadeias da bioeconomia, como açaí e cacau, ou ainda do aproveitamento de resíduos sólidos urbanos para geração elétrica. Os resíduos também podem ser usados na produção de biocombustíveis (ver Quadro 19). O aproveitamento de resíduos pode se dar por diversas tecnologias com diferentes custos operacionais, complexidades, e eficiência de conversão em energia. Algumas tecnologias de tratamento de resíduos com conversão para geração de energia elétrica que se destacam para países em desenvolvimento são digestão anaeróbica, gaseificação e incineração (Coelho, 2020).

Na transição para o cenário NEA, o aproveitamento de resíduos sólidos é condição obrigatória para reduzir a poluição e gerar energia. Atualmente, cerca de 40% dos resíduos gerados nas cidades da AML ainda são descartados em lixões e 25% em aterros controlados, havendo poucas e isoladas iniciativas de aproveitamento como a captação de metano em aterros sanitários para geração de eletricidade (SNIS, 2021). Além dos resíduos agrícolas, outra grande fonte potencial é o uso de coque de açaí, cujo descarte atinge atualmente cerca de 1 milhão de toneladas ao ano, a despeito de sua capacidade de gerar por volta de 5,23 MWh/ano/tonelada incinerada.



Catamarã de passeio e barco-hotel, em Novo Airão, Amazonas. Foto: Karoline Barros/WRI Brasil.

Quadro 19 | Biocombustíveis na Amazônia Legal

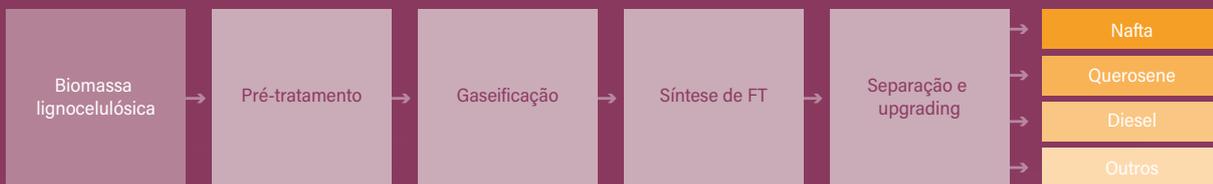
Os biocombustíveis possuem diversas matérias primas e rotas de produção distintas. De maneira sucinta, as matérias primas dos biocombustíveis vão desde oleaginosas em geral, que geram óleos vegetais, a biomassa lignocelulósica, como resíduos agrícolas e florestais, que podem gerar álcoois ou gás de síntese. Cada um desses subprodutos passa por diferentes processos, como hidrogenação e síntese de Fischer-Tropsch, que ao final geram uma gama de produtos, os quais passam por uma separação e são obtidos os vetores energéticos (Szklo et al., 2021).

No cenário analisado, os resultados mostram que os biocombustíveis utilizados na AML, tanto para o setor naval quanto para o aéreo, são feitos a partir do processo de Fischer-Tropsch Biomass-to-Liquids (FT-BTL), considerando que a biomassa utilizada como matéria-prima é proveniente principalmente de florestas energéticas localizadas em regiões fora da Amazônia.

Não obstante, caso 10% das áreas degradadas da região fossem utilizadas para produção de diesel por meio da rota FT-BTL, seria possível atender a 23% da demanda atual por diesel para transporte de carga rodoviário. E essa mesma área atenderia 100% da demanda, em 2050, no cenário NEA, no qual prevalece a eletrificação de uma grande parcela da frota.

Nesse processo, o produto final não é único, gerando assim alguns produtos heterogêneos, de forma similar ao que acontece no refino de petróleo, com a composição dos produtos finais sendo determinada pelo tipo de catalisador e reator empregados, além das condições de operação das etapas do processo. A Figura Q19 mostra o processo de FT-BTL.

Figura Q19 | Processo de produção de combustíveis através da rota tecnológica FT-BTL



Fonte: Szklo et al. (2021).

Inicialmente, a biomassa passa por um pré-tratamento, seguida da gaseificação, que é feita com uma oxidação parcial da matéria-prima, formando um gás de síntese que em sua maioria é composto por hidrogênio, nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e metano (Tagomori, 2017). Após tratamento para remoção de impurezas e ácidos, o gás passa pela síntese de Fischer-Tropsch, processo no qual ocorrem diversas reações de

adsorção e dissociação das substâncias do gás e são formados compostos mais simples, que posteriormente se combinam e formam cadeias mais longas de hidrocarbonetos. Após isso, é feita a separação dos produtos e o *upgrade* das correntes com o objetivo de aumentar a quantidade de certo produto final demandado e adequar o composto às especificações técnicas, que para o caso da AML serão o bioquerosene e o diesel verde marítimo.

Por meio da recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, estimou-se que seria possível gerar aproximadamente 10.500 GWh/ano até 2050, além de outros 1.900 GWh/ano com resíduos agrícolas e 2.200 GWh/ano com coque de açaí e biomassa de cacau.

O potencial por fonte estaria distribuído de maneira heterogênea na AML, com o Pará representando 30% da energia gerada por resíduos sólidos, seguido do Maranhão com 21% e o Amazonas com 17%. Já o Mato Grosso responderia por 81% da geração oriunda dos resíduos agrícolas, seguido pelo Pará com outros 11%. Entre a energia gerada pelos resíduos de açaí e cacau, o Pará representaria 91%, enquanto Amazonas e Rondônia teriam outros 2% cada.

Em seu conjunto, os resíduos sólidos urbanos, resíduos agrícolas e resíduos da bioeconomia gerariam cerca de 14.290 GWh/ano até 2050.

Essa oferta extra de energia, embora signifique menos de 1% da demanda por energia elétrica na AML no cenário NEA, representaria, somente no ano de 2050, a substituição de 358,7 milhões de litros de diesel ou 398,9 milhões de litros de gasolina para uso em geradores em regiões remotas, diminuindo as emissões em quase 1,5 MtCO₂, além de minimizar interrupções e aumentar a economia circular por reduzir a importação de combustíveis e gerar renda na compra de resíduos.

Microrredes

A transição energética para a NEA considerou opções de custos eficientes tanto para soluções centralizadas de geração elétrica como para soluções de microrredes. Se, por um lado, as soluções centralizadas constituem possibilidade exclusiva para as regiões conectadas ao SIN, por outro, as soluções de microrredes são factíveis também para locais não cobertos por rede elétrica, para os sistemas isolados e para as regiões remotas.

A geração em microrredes é vantajosa também em outros aspectos: (1) permite estabilidade na oferta de energia gerada a partir de fontes renováveis intermitentes (energias eólica, solar e da biomassa, dentre outras); (2) é condizente com o cenário de transição para a NEA, incorporando resíduos da bioeconomia; e (3) permite expandir a oferta de energia em localidades e setores cujas projeções de demanda reprimida eventualmente tenham sido subestimadas (Ustun, 2016).

Considerou-se assim as microrredes com recursos renováveis locais, com soluções de geração de energia descentralizadas para os sistemas isolados e regiões remotas, substituindo o uso do diesel, como já discutido anteriormente, ineficiente, caro e poluente. Analisou-se não só a disponibilidade do recurso, mas também as configurações capazes de promover a segurança energética e os mecanismos mais adequados para lidar com a intermitência da disponibilidade de fontes de energia. Para isso, fez-se uso do software de microrredes Homer. Trata-se de um modelo de simulação que configura vários sistemas em uma única execução e, em seguida, classifica os sistemas de acordo com a variável de otimização (BrasilSofts, 2023).

As simulações no Homer permitiram investigar as complementaridades das fontes de geração de eletricidade para as microrredes da AML, cujos resultados foram imputados nos GEM para retornarem os respectivos impactos no atendimento da demanda e investimentos. Em adição aos recursos renováveis mencionados, foram consideradas as tecnologias de armazenamento: baterias de íons de lítio, baterias de sódio-enxofre (NaS), volantes de inércia (ou *flywheel*) e hidrogênio (somente para regiões próximas a rios).

Além da otimização de custos, as microrredes simuladas foram escolhidas por contemplarem o máximo de recursos e diferentes perfis de demanda de eletricidade (ver apêndice para mais detalhes). Algumas arquiteturas para atendimento da demanda em microrredes na AML estão na Tabela 27, onde é possível ver a variação de custos e notar que as configurações de menor custo do cenário NEA são mais baratas do que a configuração do cenário REF, com geradores a diesel.

Tabela 27 | Microrredes simuladas

Microrrede	Arquiteturas possíveis	Geradores a diesel (kW)	Eólica (unidades de 275 kW)	Solar FV (kW)	Gerador com RSU (kW)	Gerador com resíduos agrícolas e sociobio (kW)	Li-ion (unidades de 100 kWh)	NaS (unidades de 1450 kWh)	Flywheel (unidades de 100 kW)	H2	Custo a valor presente (milhões de R\$)	Custo nivelado de energia (R\$/kWh)	
Urucumacua Bioeconomia	16	-	-	2225	-	400	-	4	-	-	22,9	0,611	
		-	-	2173	100	400	-	4	1	-	23,8	0,635	
		-	-	4012	-	-	218	-	-	-	-	47,2	1,26
		-	Não foi encontrada arquitetura possível para atender a demanda sem energia solar										
Urucumacua diesel	1	700	-	-	-	-	-	-	-	-	51,2	1,37	
Com. Ind. Santa Creuza Bioeconomia	40	-	-	16,3	50	50	1	-	-	-	0,64	0,886	
		-	1	-	50	-	1	-	-	-	2,1	2,9	
		-	1	8,91	50	50	-	-	1	-	3,32	4,57	
		-	-	-	50	50	-	5	-	-	13,3	18,29	
Com. Ind. Santa Creuza diesel	1	50	-	-	-	-	-	-	-	-	1,61	2,21	
Com. Ind. Do Canavial Bioeconomia	44	-	-	90,3	50	50	3	-	-	-	1,23	0,804	
		-	1	-	50	50	1	-	-	-	2,25	1,47	
		-	-	-	50	50	-	31	-	-	79,1	51,5	
Com. Ind. Do Canavial diesel	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-	3,09	2,01	
Codajás Bioeconomia	4	-	-	6434	3000	5000	101	-	-	-	160	0,332	
		-	-	5951	3000	5000	-	18	-	-	183	0,381	
		-	-	7479	3000	7000	-	-	-	-	232	0,484	
		-	-	8203	3000	7000	-	-	30	-	256	0,534	
Codajás diesel	1	7000	-	-	-	-	-	-	-	-	614	1,28	

Nota 1: A fonte hidrocinética foi excluída das simulações devido à ausência de dados para cálculos de geração de energia elétrica.

Nota 2: Em nenhum dos casos, o Homer escolheu hidrogênio como armazenamento de energia.

Nota 3: A tabela mostra somente algumas das arquiteturas encontradas para atendimento da demanda.

Nota 4: As simulações foram realizadas para preços do diesel referentes a 2019.

Nota 5: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O acesso à eletricidade confiável é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades. As microrredes são uma alternativa para esse fim e, nas configurações propostas, ainda reduzem as emissões de GEE e os custos, em comparação ao uso de diesel. Nas simulações, os resíduos se mostraram ótimos aliados de energias renováveis variáveis por reduzirem a necessidade de baterias e assim baratear as microrredes.

Para o planejamento da implementação e operação de soluções, é importante melhorar as medições relacionadas à oferta (por exemplo, a velocidade dos rios na AML) e, pelo lado da demanda, o número de pessoas sem o acesso à energia e possíveis déficits de eletricidade em sistemas existentes. Além disso, é fundamental o envolvimento das comunidades em todo o processo que envolve as soluções, principalmente na manutenção e no descomissionamento, com destinação adequada de peças e equipamentos remanescentes. Isso envolve treinamento e capacitação das comunidades. Por

fim, a variabilidade das fontes renováveis de energia requer uma estratégia de monitoramento e controle em tempo real para as microrredes. Nesse sentido, o acesso à conectividade via internet de qualidade é condição importante para a sua implementação.

Os investimentos totais no setor elétrico para o cenário NEA – apenas os referentes à geração – foram estimados em R\$ 395 bilhões, dos quais 72% seriam para potencializar o uso de biomassa produzida localmente.

Investimentos necessários para a transmissão e distribuição, bem como as demais infraestruturas induzidas, como limitação dos modelos utilizados, são apresentadas em agregados não distinguíveis das demais infraestruturas. A Tabela 28 mostra os investimentos nos cenários REF e NEA na geração de energia elétrica.

Tabela 28 | Investimentos estimados na geração de energia elétrica na AML, nos cenários REF e NEA (em bilhões de R\$ de 2020)

Energia elétrica		942,8	1.337,4
Sistema Interligado Nacional	Geração Eólica	195,7	199,1
	Geração Solar	73,8	75,1
	Biomassa	77,1	359,9
	Outras Fontes	433,2	432,9
Sistemas locais	Geração solar	163,1	268,9
	Resíduos	0,0	1,5

Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Energia dos rios

A hidreletricidade, fonte ainda presente em programas governamentais como o Programa Mais Luz Para a Amazônia, deve priorizar opções de menor impacto, como as usinas hidrocinéticas. A tecnologia que aproveita a energia cinética das correntes dos rios é uma solução tecnológica capaz de fornecer energia elétrica para áreas rurais remotas

(Davila-Vilchis e Mishra, 2014; Guner e Zenk, 2020; Salleh, Kamaruddin, e Mohamed-Kassim, 2019).

No entanto, há grande escassez de dados referentes à velocidade dos rios da Amazônia, essenciais para identificação e estimativas de regiões com potenciais de utilização da energia hidrocinética, o que impossibilita o cálculo da geração de energia elétrica com essa fonte. O cenário NEA não projeta a expansão de hidrelétricas convencionais.

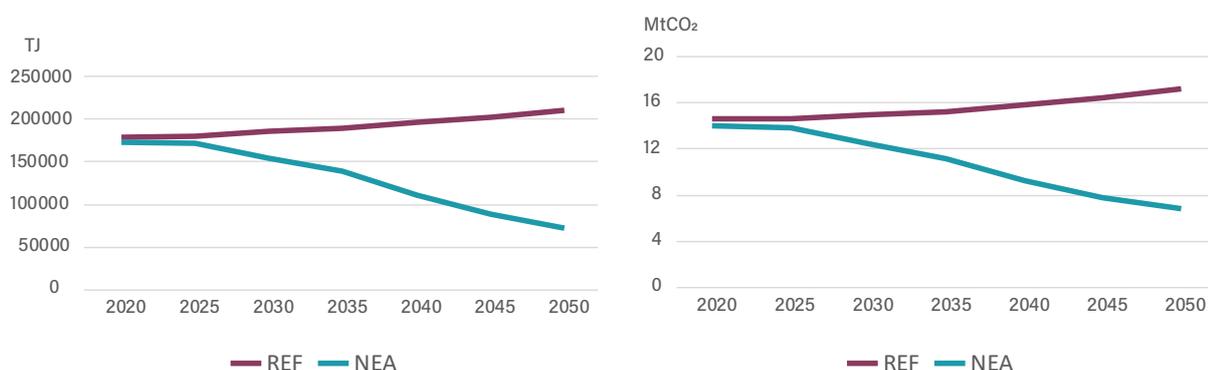
6.2.2 Energia para o transporte

A infraestrutura de mobilidade deve atender a necessidades estratégicas da transição, priorizando o deslocamento de mercadorias e pessoas com menos emissões e menor impacto socioambiental, com inexorável substituição dos combustíveis não renováveis por eletrificação e, em menor escala, por biocombustíveis de segunda e terceira gerações.

No transporte rodoviário de passageiros, os resultados dos modelos apontaram a necessidade de eletrificação, até 2050, de 75% da frota de veículos leves, 95% das motocicletas e 94% da frota de

transporte público, com concomitante aumento de 30% no uso de transporte coletivo. Tais mudanças resultariam em aumento da mobilidade urbana e redução significativa do tempo gasto em trânsito, o que representaria um ganho de produtividade, ao final de 2050, de 37 bilhões passageiro-km (pkm). A demanda total por energia, bem como as emissões de GEE e poluentes locais, poupariam ao longo dos 30 anos, 2,3 M TJ e 177 MtCO₂, respectivamente, quando comparadas ao cenário REF. O Gráfico 20 compara a demanda energética e as emissões estimadas para o transporte rodoviário de passageiros na AML nos cenários REF e NEA.

Gráfico 20 | Comparação da demanda energética e emissões estimadas para o transporte rodoviário de passageiros na AML nos cenários REF e NEA



Nota 1: Demanda energética em Tera Joules (TJ) no gráfico da esquerda e emissões em milhões de toneladas de CO₂ (MtCO₂) à direita.

Nota 2: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora essas mudanças pareçam ousadas, são aderentes com experiências anteriores vividas no Brasil, e não fogem às expectativas da própria indústria automotiva, ao menos no caso de veículos leves. Estudo da Anfavea (Boston Consulting Group, 2021), por exemplo, projeta que, já em 2031, veículos eletrificados atinjam a paridade de custo de propriedade com veículos flex para carros com preços até R\$ 180 mil e, em 2035, para carros com preços até R\$ 100 mil, sendo antecipado para 2028 quando a paridade de custo se faz para veículos leves compartilhados (Boston Consulting Group, 2021).

Segundo a própria Anfavea (Anfavea, 2022), o licenciamento de veículos eletrificados no país cresceu a taxas de 56% ao ano na última década, menor

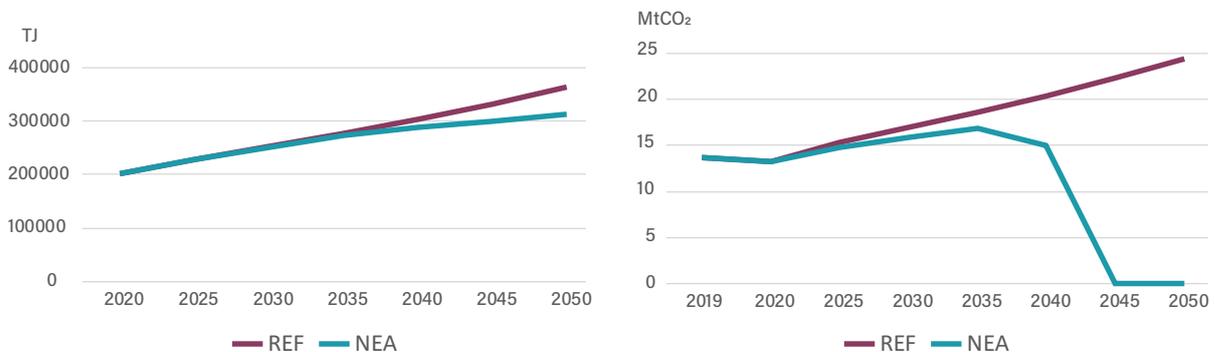
do que a taxa observada para veículos a álcool nos primeiros dez anos do Proálcool, a partir de 1979, mas o dobro da taxa de crescimento para veículos *flexfuel* nos dez primeiros anos, desde o lançamento em 2003. Mesmo que a base de cálculo para as taxas de crescimento no caso dos veículos eletrificados seja muito menor do que nas outras experiências, o estudo da Anfavea (2021) projeta que, já em 2035, veículos eletrificados devam representar 32% dos novos licenciamentos em cenário conservador e 62% se regulações em favor da baixa emissão de carbono entrarem em vigor. Nesses casos, veículos eletrificados devem representar entre 10% e 18% da frota circulante de veículos leves no país já em 2035.

Paralelamente às mudanças previstas para o transporte de passageiros, o transporte rodoviário de cargas precisa ser redefinido, visando uma exploração racional de suas características. Em razão da elevada flexibilidade de operação do modal rodoviário, esse poderia apresentar papel importante em trajetos de curta distância, como no transporte urbano de cargas, ou como extensor ou conector da malha hidroviária. Ademais, na medida em que o cenário NEA deve contemplar uma abordagem integrada de soluções, ressalta-se a importância de alternativas técnico-energéticas, bem como estratégias de eficiência e otimização logística para a redução de GEE.

O cenário de transição desenha um transporte rodoviário de cargas requerendo 197 mil TJ de biocombustível e 119 mil TJ de eletricidade, enquanto o cenário REF requer 366 mil TJ de fontes fósseis (Pfaff, 2007), sendo poupadas emissões da ordem de 214 MtCO₂ no cenário NEA em comparação com o REF.

O Gráfico 21 compara a demanda energética e emissões estimadas para o transporte rodoviário de cargas na AML nos cenários REF e NEA.

Gráfico 21 | Comparação da demanda energética e emissões estimadas para o transporte rodoviário de cargas na AML nos cenários REF e NEA



Nota 1: Demanda energética no gráfico da esquerda e emissões à direita.

Nota 2: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A transição para a NEA propõe no transporte rodoviário de longas distâncias que a fração de biocombustíveis (biodiesel e HVO) no diesel suba dos atuais 10% para 100% em 2050, o que representa crescimento de 5% ao ano acima do observado desde 2004, quando foi lançado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (Brasil, 2020). Concomitantemente, o transporte rodoviário de curta distância seria progressivamente preenchido por frota elétrica, em ritmo no qual caminhões eletrificados pudessem representar 100% dos novos licenciamentos em 2050. O estudo da Anfavea projeta que já em 2035 esses caminhões podem participar com 15% das vendas no mercado nacional (Boston Consulting Group, 2021). A adoção dessas medidas pouparia o consumo de energia e respectivas emissões de GEE e poluentes locais em, respectivamente, 1,3 M TJ e 29 MtCO₂ ao longo dos 30 anos.

Algumas medidas adicionais para o transporte rodoviário de cargas incluem: redução de condições de retorno vazio; conscientização e capacitação dos motoristas; *eco-driving* (Xu, 2017); padronização do empacotamento de cargas (Mahmoudi, 2020); redução do tempo em marcha lenta (Kamakate e Schipper, 2009); promoção da manutenção adequada dos veículos (Bartholomeu, Péra Caixeta-Filho, 2016); otimização da carga e de rotas (Fleury, 2012); adoção de ferramentas virtuais de otimização e monitoramento (Arruda et al., 2018); cooperação horizontal e vertical entre *stakeholders* do setor logístico (Marcucci, 2017); estabelecimento de centros de consolidação urbana (Schor, 2016); estabelecimento de pontos de carga e descarga em locais estratégicos (Meidute-Kavaliauskiene, 2022); diversificação do porte veicular em trechos de última milha (por exemplo, bicicletas e triciclos) (Oliveira, 2017); e planejamento do espaço urbano (De Oliveira, 2014).

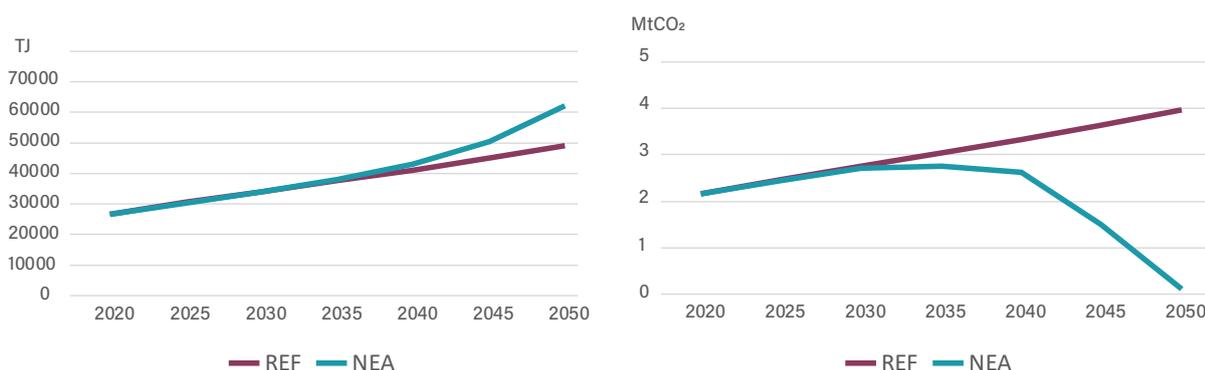
O transporte hidroviário, já favorecido pela extensa rede fluvial e por ser o modal com a maior eficiência por tonelada transportada (Trancossi, 2016), seria expandido e mais intensamente utilizado, absorvendo 30% do transporte de carga rodoviário atual e todo o crescimento projetado até 2050. De fato, o modal fluvial de carga pode substituir fontes fósseis com a eletrificação das rotas nas quais o uso de baterias esteja disponível e seja economicamente viável, além do uso de biocombustíveis oriundos de resíduos locais (Mauler et al., 2021; Kim et al., 2020).

A nova infraestrutura poderia se beneficiar da extensão do uso das hidrovias em detrimento do modal rodoviário, que é menos eficiente, gera mais emissões e tem maior potencial de desmatamento (Pfaff, 2007).

Enquanto o cenário REF projeta uma demanda de 49 mil TJ para o transporte fluvial misto (passageiros e cargas), com 7,5% sendo de biocombustíveis e o resto de fóssil, o cenário NEA aumentaria a demanda em 26% (62 mil TJ), com 70% de biocombustíveis e 30% de eletrificação em 2050. Assim, o cenário REF acumularia, no período 2020-2050, emissões de 6,92 MtCO₂ a mais do que o cenário NEA.

O Gráfico 22 compara a demanda energética e as emissões estimadas para o transporte hidroviário misto na AML nos cenários REF e NEA.

Gráfico 22 | Comparação da demanda energética e emissões estimadas para o transporte hidroviário misto na AML nos cenários REF e NEA



Nota 1: Demanda energética no gráfico da esquerda e emissões à direita.

Nota 2: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A otimização das rotas e das embarcações é outro componente fundamental para o setor, visto que a maximização do fator de capacidade das embarcações, o controle de velocidade e o uso de tecnologias mais eficientes tendem a causar um efeito benéfico no consumo energético do modal, diminuindo a demanda energética por tonelada-quilômetro. Um destaque importante seria a viabilização da hidrovia que liga os rios Juruena e Teles Pires, que aliviaria o uso das rodovias entre os estados de Mato Grosso e Pará, importantes rotas para o transporte de grãos a partir do Mato Grosso (Amorim e Lopes, 2017).

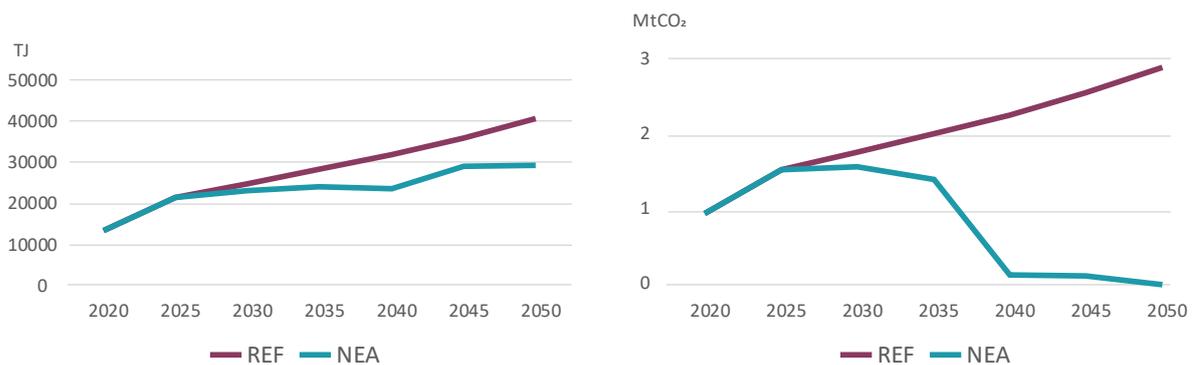
O transporte fluvial de longas distâncias para passageiros também poderá se beneficiar com a eletrificação do transporte aéreo (Bauen, 2020; Rendón, 2021). O uso de aeronaves elétricas do tipo hidroavião, em substituição às rotas regulares de transporte fluvial, pode trazer ganhos financeiros, sem a necessidade de investimento massivo em infraestrutura aeroportuária devido à utilização da infraestrutura já existente para o transporte fluvial (Lanaro, 2021). Além disso, o setor aéreo é responsável pela conexão direta da região amazônica entre si e com o resto do mundo para o transporte de pessoas e de cargas de alto valor agregado (Azevedo, 2022).

Com a evolução da tecnologia de baterias, a adoção do transporte aéreo de propulsão elétrica, inicialmente em rotas regionais e de menor volume, poderia aprimorar a eficiência com a melhoria da tecnologia de baterias, impulsionando a viabilidade do emprego desse modal. A região amazônica configura o tipo de mercado que mais se beneficiará desse tipo de aeronave inicialmente.

A eletrificação traz uma oportunidade para a economia local devido às sinergias com diversas indústrias presentes na região (automotiva, naval, eletrônica), que a tornariam um polo potencial para essa nova indústria (Azevedo, 2022). O emprego de drones para o transporte sob demanda de bens

de alto valor agregado poderá se tornar um fator de alavancagem para a economia local, sendo vantajosa em várias aplicações. Contudo, é necessária a liberação das operações de aeronaves autônomas e remotamente pilotadas, além do alcance visual por parte da Anac para que isso se torne realidade (ANAC, 2021). Com essas ações de eletrificação do transporte aéreo, o cenário REF traça emissões acumuladas (de 2020 a 2050) de 13,05 MtCO₂, enquanto o cenário NEA acumula 4,79 MtCO₂, uma redução de 63% das emissões derivadas desse modo de transporte. O Gráfico 23 compara a demanda energética e as emissões estimadas para o transporte aerofluvial na AML nos cenários REF e NEA.

Gráfico 23 | Comparação da demanda energética e emissões estimadas para o transporte aerofluvial na AML nos cenários REF e NEA



Nota 1: Demanda energética no gráfico da esquerda e emissões à direita.
 Nota 2: Resultados deste estudo.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

As principais alternativas propostas, portanto, consistem na adoção de alternativas de propulsão mais eficientes e de menor intensidade de carbono, bem como na priorização de modos de menor intensidade energética no escoamento de cargas. Essas soluções podem ajudar a economia local ao fomentar indústrias, dada a base já instalada na região para fabricação e montagem de ciclomotores e de equipamentos eletrônicos. Além disso, há a oportunidade de criação de indústrias focadas na produção de aviões e barcos elétricos que teriam um impacto econômico significativo. O conjunto de soluções poderia, além da mitigação de emissões

de GEE, apresentar outros aspectos favoráveis, como a melhoria da qualidade do ar, a geração de empregos e o reaproveitamento de resíduos orgânicos (De Oliveira, 2017). No entanto, a adoção das alternativas propostas esbarra em distintos desafios, como aqueles de ordem logística e de custos de produção de manufatura de navios e aviões, além de custos de aquisição tecnológica e de investimentos em infraestrutura de recarga para veículos elétricos (Bouman et al., 2017; Zhang e Fujimori, 2020). A Tabela 29 mostra o balanço energético, em TWh, no ano-base 2020 e nos cenários REF e NEA em 2050.

Tabela 29 | Balanço energético estimado no ano-base 2020 e nos cenários REF e NEA em 2050

TWh	Ano-base 2020		REF 2050	NEA 2050
DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL	169,2		255,1	211,3
Energia elétrica	52,0		74,0	131,2
Combustíveis	117,2		181,1	80,1
USO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA	52,0		74,0	131,2
Residencial, industrial, rural, serviços e outros	52,0		69,5	78,0
Transportes	0,0		4,5	53,1
FONTES DE ENERGIA ELÉTRICA				
Sistema Interligado Nacional (exceto solar em sistemas flutuantes e pastagens degradadas)	49,1		69,0	77,0
Solar em sistemas flutuantes e pastagens degradadas (do total de 72.4 TWh economicamente viável)	0,0		0,0	44,8
Sistemas isolados (combustíveis fósseis)	2,9		5,0	0,0
Sistemas isolados (resíduos sólidos urbanos, agrícolas e bioeconomia do total de 14.6 TWh economicamente viáveis)	0,0		0,0	9,4
ENERGIA PARA TRANSPORTES				
Energia para transporte rodoviário de passageiros	Combustíveis fósseis	46,1	49,5	6,9
	Biocombustíveis	4,2	8,0	2,8
	Eletricidade	0,0	1,7	10,4
Energia para transporte rodoviário de cargas	Combustíveis fósseis	49,8	79,5	0,3
	Biocombustíveis	6,5	19,9	54,6
	Eletricidade	0,0	2,3	33,0
Energia para transporte hidroviário de cargas	Combustíveis fósseis	6,9	12,2	0,1
	Biocombustíveis	0,1	1,0	11,8
	Eletricidade	0,0	0,3	5,3
Energia para transporte aereoflúvia	Combustíveis fósseis	3,7	10,6	0,5
	Biocombustíveis	0,0	0,4	3,1
	Eletricidade	0,0	0,2	4,5

Nota: Resultados deste estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os investimentos necessários para financiar a transição nos transportes são compostos de duas contas específicas. A primeira é relativa à demanda pela eletrificação do transporte, embutida na geração de energia elétrica, como mencionado anteriormente. A segunda conta diz respeito aos investimentos necessários para ampliação da capacidade de produção de biocombustíveis para atender à demanda pelos setores de transporte. Esses investimentos foram estimados *ex post*, pela conversão da demanda energética por etanol e biodiesel (TJ) nos modelos para os dois cenários e rateados segundo os investimentos calculados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022). Os resultados são expostos na Tabela 30.

Tabela 30 | Investimentos em biocombustíveis por modal de transporte, nos cenários REF e NEA (em bilhões de R\$ de 2020)

	REF	NEA
Biocombustíveis	17,2	33,0
Transporte rodoviário de passageiros	4,0	11,7
Transporte rodoviário de cargas	6,9	15,4
Transporte hidroviário misto	4,9	1,7
Transporte aeroflúvia	1,3	4,1

Nota: Resultados deste estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os modelos utilizados pressupõem equilíbrio entre oferta e demanda energética, embora enfatizem o lado da produção – na medida em que buscam as soluções otimizadas para geração. Deve-se admitir, porém, que a oferta energética daí derivada depende de demanda estruturada para ser realizada. Os métodos utilizados não permitem detalhamento da estruturação da demanda, mas é de se destacar os papéis que as cidades deverão exercer nessa realização.

Entre as principais mudanças que dependerão crucialmente das cidades, em especial as de porte médio e grande, estão políticas de mobilidade, como (1) concessão de transporte público visando a eletrificação da frota; (2) incentivos via condições do contrato de concessão ao aumento do número

e frequência de micro-ônibus como parte do desestímulo à utilização do transporte individual, (3) implementação de faixas exclusivas de circulação para o transporte público, (4) implementação de sistemas sobre trilhos nos grandes centros urbanos, (5) políticas de transferência modal, visando a substituição do transporte individual pela micro-mobilidade, (6) adoção de ferramentas de tecnologia da informação para otimização, segurança e monitoramento logístico, (7) coordenação integrada entre provedores logísticos rodo-hidroviário, com sincromodalidade, (9) redução das taxas de atracagem para embarcações com baterias.

Investimentos devem compreender, entre outros, (1) adequação da infraestrutura hidroviária e terminais intermodais com disponibilização de carregamento e troca de baterias em postos rodoviários, portos e aeroportos; (2) implementação de redes de recuperação de insumos para a fabricação de biocombustíveis (rejeitos agrícolas, industriais e urbanos), (3) adequação da rede elétrica para suporte da demanda, podendo a Zona Franca de Manaus exercer papel crucial na produção e distribuição dos insumos e produtos necessários para essas mudanças.



Construção de ponte sobre o rio Negro, de Manaus para Iranduba, Amazonas.
Foto: GuenterManaus/Shutterstock.

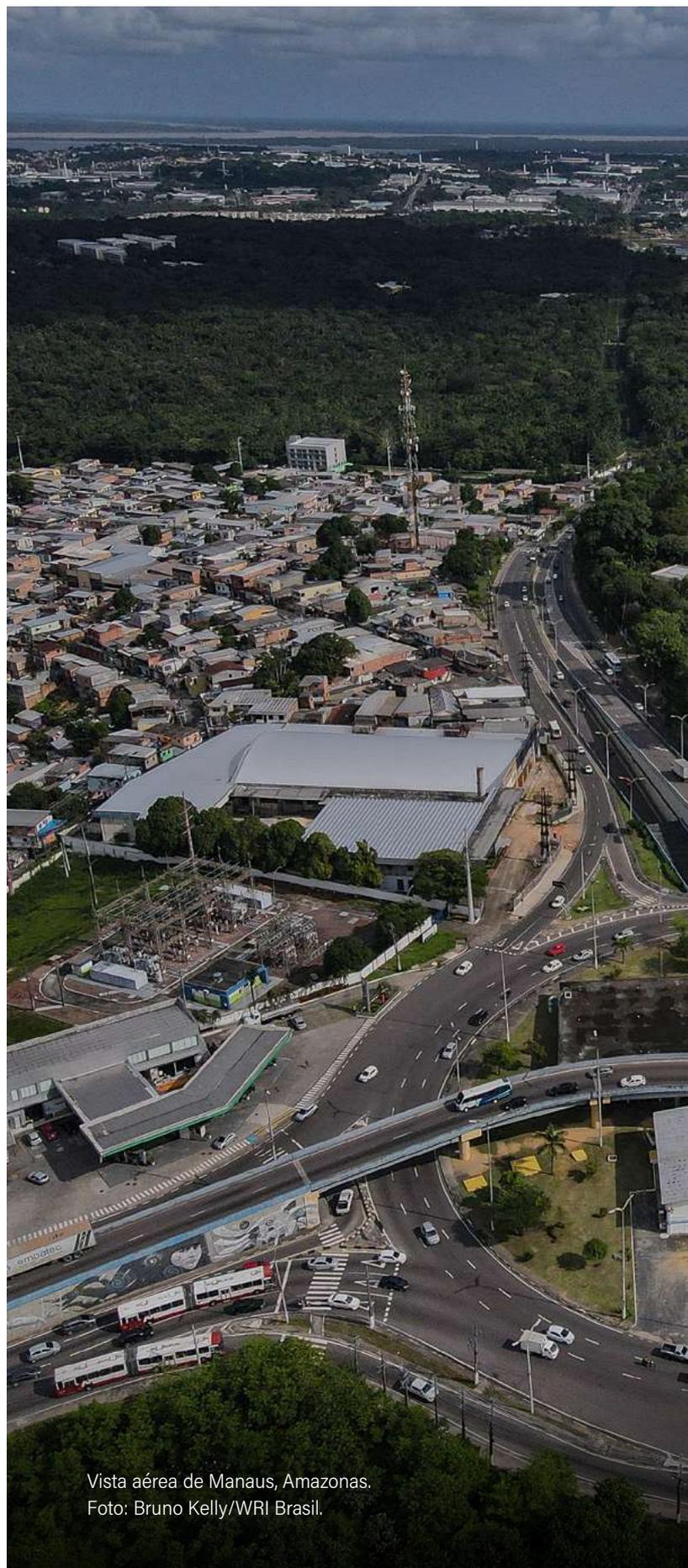
6.2.3 Considerações sobre conectividade

A conectividade é um elemento importante para o desenvolvimento regional, a inclusão digital e a integração da região. O acesso à conectividade de internet de qualidade pode favorecer a transição para uma economia de baixo carbono ao oferecer soluções para a mitigação de GEE, como as alternativas de geração de energia elétrica de menor emissão, e a adaptação de atividades humanas diante de riscos associados a desastres naturais.

O processo de “desmaterialização” ou “virtualização” de atividades presenciais, como a substituição de reuniões e prestação de serviços por conexão remota, favorecem a redução das emissões de GEE. Ainda, ao facilitar a difusão em tempo real de informações, como previsão do tempo e alertas de riscos de desastres naturais, que permitem a adaptação de atividades humanas e a prevenção de riscos (Broadband Commission, 2012). Há evidências de que o uso de telefones móveis com acesso à internet diminui a assimetria de informações em atividades rurais. Por exemplo, na determinação de preços entre comerciantes de grãos (Aker, 2010) e na redução do impacto acerca da disseminação de doenças em aves entre avicultores (FAO, 2017).

A conectividade de internet pode ainda contribuir para a melhoria de diferentes aspectos sociais, econômicos e políticos, diminuindo o “apartheid digital” (Brown e Czerniewicz, 2010). A internet pode facilitar o acesso a informações, recursos educacionais, serviços de saúde, oportunidades de trabalho e engajamento social, além de criar condições para maior transparência das políticas públicas (UNDP, 2022) e para a fiscalização de crimes ambientais, como o desmatamento e a grilagem de terras (Amaral, 2006; Souza, 2018). Sob a perspectiva econômica, o acesso à internet por empresas pode promover oportunidades de negócios digitais e inovação na prestação de serviços, além de reduzir custos das transações comerciais (Melhem, 2016).

O e-commerce pode favorecer a diversificação das fontes de renda e a geração de novos empregos (ITU, 2021). Por exemplo, no arquipélago do Marajó, no estado do Pará, o acesso à internet tem facilitado a comercialização de produtos



Vista aérea de Manaus, Amazonas.
Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.



florestais e agrícolas de comunidades rurais, além do acesso a programas sociais como o Bolsa Família. Contudo, a expansão dessas atividades é limitada pelos custos e a qualidade da infraestrutura de conexão disponível (Euler e Ramos, 2021).

Ainda assim, a desigualdade de acesso à internet permanece um entrave ao desenvolvimento social e ao crescimento econômico. Em 2022, estima-se que aproximadamente 5,3 bilhões de pessoas (66% da população mundial) teriam acesso à internet, por via móvel ou fixa, representando um incremento de 1,1 bilhão de pessoas com acesso desde 2019 (ITU, 2023). Apesar do número crescente da população mundial com acesso à internet, a distribuição da infraestrutura de acesso é desigual entre países e localidades.

No Brasil, a infraestrutura de internet móvel é a principal via de acesso, seguida do acesso por computador (ITU, 2023). Embora a internet móvel esteja presente em 100% dos municípios, cobrindo 92,3% da população, o acesso à infraestrutura de internet móvel ainda é muito desigual entre áreas rurais e urbanas. Em áreas rurais, somente 53% dos moradores têm acesso à internet móvel, enquanto em áreas urbanas o percentual chega a 99% dos moradores. Dentre os estados da AML, a diferença de acesso entre áreas rurais e urbanas é ainda maior. A população coberta nessas áreas é de 79%, sendo que somente 30% dos moradores em áreas rurais têm acesso ao serviço (ANATEL, 2022).

A transição para a NEA depende, portanto, da superação deste contexto de desigualdade de acesso à conectividade. Na estruturação das soluções que conciliam cobertura com qualidade de conexão, considera-se que sistemas finais acessam a internet a partir de residências, centros comunitários, escolas, universidades ou empresas, por meio de redes de acesso, também chamadas de redes de última milha. As redes de acesso conectam-se às redes de maior capacidade de transmissão de dados, por meio de redes intermediárias, chamadas de *backhaul*, as quais, por sua vez, acoplam-se às redes de núcleo, denominadas *backbone*, principal via de acesso de uma rede de comunicação para escoar o tráfego agregado de dados, viabilizando a conexão dos usuários finais remotos.

Entre as soluções viáveis ao contexto amazônico, para as redes de núcleo, estão os cabos ópticos instalados em linhões de transmissão de energia já estabelecidos, como o de Tucuruí, ou os cabos de fibra óptica subfluviais, criando as chamadas “infovias digitais” (Horewicz, 2019). Para as redes intermediárias, as mais promissoras por oferecerem menores custos de instalação, manutenção e melhor qualidade de conexão, são os enlaces satelitais, como já adotado pelo Programa Governo Eletrônico – Serviço de Atendimento ao Cidadão (Gesac), que oferece conexão à internet em banda larga por meio de satélites geoestacionários (Nascimento et al., 2022; Lara, 2021).

Para as redes finais de acesso a partir de antenas localizadas em torres altas, as soluções variam desde aquelas com cobertura mais abrangente, como wi-fi de alcance individual, até redes ópticas passivas. O wi-fi é a solução coletiva de menor custo de implantação, inclusive já utilizada para acesso em centros comunitários ou escolas (Leão et al., 2019; Neves, 2019). Além dessas, entre as soluções de menor custo e alcance individualizado estão o acesso via 4G e 5G, este último ainda em fase inicial de expansão no Brasil.

O avanço de novas soluções de infraestrutura, como os enlaces de satélites e cabos de fibra óptica, e tecnologias de conectividade, como o 5G e 6G, tem o potencial de promover a inclusão digital com qualidade e reduzido impacto ambiental na AML. A inclusão de populações residentes em áreas rurais, de pequenos e médios negócios, aliados à maior capacidade de fiscalização de crimes ambientais e do monitoramento de eventos climáticos extremos, podem ser impulsionados através dessa conectividade cujo adensamento promoveria um cenário propício à transição para uma nova economia regional na AML.

6.3 Conclusões

A falta de energia elétrica e de uma logística eficiente de transporte representam gargalos à transição para a NEA. A região precisa de uma infraestrutura sustentável de qualidade pensada para a sua diversidade socioeconômica e ambiental. As principais estratégias de transição da infraestrutura envolvem, por um lado, a diversificação das estruturas de geração de energia elétrica e dos modos de transporte tanto de cargas quanto de passageiros. Por outro lado, envolvem a substituição dos recursos



Posto de combustível fluvial “Pontão” nos arredores de Tefé, Amazonas. Foto: Karoline Barros/WRI Brasil.

necessários para a geração de energia elétrica e para o uso como combustível dos modos de transporte. Nesse cenário de transição, os recursos não renováveis são substituídos gradualmente por recursos locais renováveis e o uso de baterias. Essas mudanças contribuiriam para a redução das emissões de GEE e a manutenção da floresta em pé e dos serviços ecossistêmicos gerados no bioma amazônico, consequentemente, beneficiando a qualidade de vida da população da região.

O capítulo identificou soluções que contribuiriam para esse cenário. No setor de geração de energia elétrica, as soluções apontam uma ampla expansão de energia solar e a geração de energia elétrica descentralizada com uso de resíduos. As microrredes propostas com geração de energia por meio de recursos da Amazônia se mostraram mais baratas do que a alternativa de referência, baseada no uso de geradores a diesel. Essas soluções apresentaram melhor custo-benefício, considerando as características sociais e geográficas da região.

No setor de transportes, há um grande potencial de diversificação dos modos de transporte de passageiros e cargas favorecido pelas condições ambientais

da região, como a disponibilidade de vias fluviais. Essa diversificação deve ser orientada a diminuir a dependência do modal rodoviário e ampliar o uso do transporte de passageiros e cargas pelos modos hidroviário e aeroviário. A otimização de rotas e complementariedade de modais é, portanto, uma questão-chave nessa transição. Em adição à diversificação de modos, deve ocorrer a eletrificação gradual das frotas fluviais e aéreas em rotas onde o uso de baterias seja economicamente viável.

Ademais, a substituição gradual das fontes de energia não renováveis, utilizadas como combustível para os transportes nos diferentes modos, por aquelas renováveis locais, incluindo biocombustíveis em estágio avançado de desenvolvimento, compõe parte das soluções. Medidas complementares que propiciariam a redução de emissões pela melhoria da eficiência energética do transporte de passageiros e cargas envolvem a otimização do uso da capacidade de carga das embarcações. As principais alternativas propostas, portanto, consistem na adoção de alternativas de propulsão mais eficientes e de menor intensidade de carbono, bem como na priorização de modos de menor intensidade energética no escoamento de cargas.





Barcos atracados no Porto de Manaus, Amazonas.
Foto: Bruno Kelly/WRI Brasil.



CAPÍTULO 7

Considerações sobre **FINANCIAMENTO**

A necessidade de descarbonizar a economia e zerar emissões líquidas de GEE até 2050 tem feito prosperar um enorme esforço global e multisetorial para dimensionar os investimentos necessários a fim de viabilizar a transição econômica nos próximos 30 anos. O Relatório Stern, de 2006, indicava a necessidade de investimentos da ordem de 1% do PIB global, à época US\$ 725 bilhões ao ano (valores de 2006 a preços de 2022) (Stern, 2006). Em 2015, o próprio Nicholas Stern (Stern, 2015) revisou suas projeções sugerindo investimentos de 2% do PIB global, ou US\$ 1,8 trilhão ao ano (valores de 2015 a preços de 2022). Os resultados deste estudo estão em linha com essa literatura apontando necessidade de investimento da ordem de 1,8% ao ano do PIB nacional.

Os resultados deste estudo estão em linha com essa literatura apontando necessidade de investimento da ordem de 1,8% ao ano do PIB nacional. Os investimentos adicionais para a transição não seriam aplicados somente na Amazônia Legal, visto os intricados fluxos financeiros, informacionais e físicos entre a região e o restante do Brasil.

A preocupação com o financiamento da transição da economia tem extrapolado a agenda dos organismos governamentais e multilaterais, com notório interesse de grupos setoriais. A McKinsey & Company, por exemplo, focando nos setores de energia, transporte e uso da terra (similar a este relatório), estimou que a neutralidade de emissões na economia global em 2050 demandaria investimentos da ordem de US\$ 3,5 trilhões ao ano (McKinsey Sustainability, 2022). Em contrapartida, o Swiss Re Institute (Guo, Kubli e Saner, 2021) calculou que o custo de não frear o aquecimento abaixo de 2°C deve oscilar entre 4% e 18% do PIB global até 2048. Esses custos, não incorporados a projeções de referência, incluem depreciação prematura de infraestruturas já existentes, mas incompatíveis com a NEA, remediação de problemas climáticos crônicos e abrangentes, como aumento nos preços dos insumos e queda na produtividade dos fatores, além de problemas agudos que exigem reinvestimentos e reparação de danos materiais e imateriais.

A despeito, porém, do conhecimento robusto que se tem produzido para estimar o investimento necessário, poucos avanços ocorreram na mobilização desses recursos. O próprio Swiss Re Institute esclarece que a lacuna tem origem justamente na carência de soluções que permitam inovar os mecanismos de financiamento a partir de um ambiente conservador, paradoxalmente mantido em marcha inercial pelo reconhecimento do aumento dos riscos climáticos. Esse reconhecimento coloca o investidor no dilema entre provisionar recursos de remediação ou ousar na mitigação e adaptação, o que dificulta ainda mais os caminhos para identificação de mecanismos inovadores (Guo, Kubli e Saner, 2021). A distorção causada por subsídios aos fósseis e seus efeitos multiplicadores em toda a economia reduzem a competitividade dos financiamentos alternativos (Naran et al., 2022).

De fato, embora a liquidez nos mercados globais some atualmente US\$ 200 trilhões, suficientes para atingir as metas de descarbonização, os financiamentos empenhados para descarbonizar a economia não ultrapassaram os US\$ 940 bilhões em 2021, com média de US\$ 480 bilhões ao ano na última década. A lacuna obriga deslocamento da curva de oferta, visto o salto necessário de 590% até 2030 a fim de atingir o nível mínimo para os

próximos 30 anos (Naran et al., 2022). Subsídios aos combustíveis fósseis somaram US\$ 6,8 trilhões em 10 anos, 40% a mais do que todos os financiamentos para descarbonização no mesmo período.

No Brasil, os subsídios aos combustíveis fósseis na última década foram estimados em US\$ 222 bilhões (Inesc, 2022), enquanto o total de investimento para energia elétrica em fontes não fósseis nos leilões da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) foi de US\$ 57 bilhões no mesmo período (ANEEL, 2022).

O país, porém, possui uma condição peculiar. Embora tenha exposição a riscos climáticos maior do que a média global (índice de risco Swiss Re Institute) (Guo, Kubli e Saner, 2021), fragilizado especialmente pelo nível de pobreza da população e exposição da agropecuária a eventos crônicos de estiagem e secas agudas, os custos de investimento para a descarbonização do Brasil são menores do que a média global. Isso ocorre porque, diferentemente dos países desenvolvidos e intensivos em petróleo, o país já detém uma matriz energética mais limpa e tem como principal fonte de emissões as mudanças no uso da terra, cujos custos da transição são relativamente menores.

Se na perspectiva global o país desponta como um território de grandes oportunidades, problemas estruturais impõem desafios domésticos de monta. Nas últimas três décadas o Brasil tem apresentado queda sistemática no estoque de infraestrutura em relação ao PIB. Embora as taxas de investimento tenham superado a depreciação, estão aquém da demanda de expansão derivada do crescimento da economia, o que indica estrangulamento estrutural no médio prazo (Frischtak, Mourão, 2017).

Entre os setores com menor investimento, e mais relevantes para a AML, destacam-se aqueles que não têm sido capazes sequer de cobrir a depreciação, como saneamento (0,19% do PIB), portos (0,09% do PIB) e hidrovias (0,01% do PIB). Atingir o estoque-alvo de infraestrutura a 60% do PIB (segundo o Ipea, em 2020 esse indicador era de 41,2% no Brasil), patamar que permitiria o país crescer com mínimo risco de estrangulamento estrutural, exigiria investimento de 4,5% do PIB ao ano a partir de 2020, atingindo-se a meta entre 2041 e 2050, a depender dos níveis de

sobrepreço na economia (Frischtak, Mourão, 2017). Isso implicaria aporte de investimentos totais entre R\$ 8,6 trilhões e R\$ 13,5 trilhões (valores de 2022).

Como estimado pelo presente relatório, a transição para a NEA requer investimentos de aproximadamente R\$ 2,56 trilhões nos próximos 30 anos. Esses investimentos não são necessariamente adicionais aos requeridos para formação de estoque de infraestrutura, já que a própria infraestrutura pode ser já dimensionada e induzida pela matriz energética limpa, mas o ambiente competitivo para cobrir tantas necessidades, incluindo as do saneamento básico, coloca uma barreira ainda maior.

Some-se ainda o fato de que as estimativas se realizam sob premissas de otimização, sem falhas de mercado e custos de transação. Na prática, porém, por se constituírem em investimentos que ainda carecem de aplicações específicas e inovadoras, os arranjos institucionais precisam desempenhar papel efetivo para viabilizá-los. Assim, ficariam restritos os potenciais conflitos provocados pelas disputas de quase-rendas – ou seja, pela preferência por investimentos com remuneração adicional àquela relativa ao uso alternativo do capital –, reduzindo os

custos de transação, não computados nas estimativas de investimentos necessários para a transição.

Por outro lado, o custo de não fazer a transição para a NEA pode ser muito mais alto do que aponta o cenário REF. Nos modelos GEM utilizados neste estudo, o referencial de crescimento econômico da AML não inclui custos de oportunidade das tecnologias empregadas no cenário NEA, nem custos de “não fazer” (*do-nothing costs*), que reduzem o PIB da trajetória de referência por distúrbios crônicos e agudos das mudanças climáticas.

À guisa de comparação, se forem aplicadas as penalizações “não fazer” sugeridas para o PIB do Brasil pelo Swiss Re Institute *vis-à-vis* a evolução do PIB nacional estimado no cenário NEA, o PIB brasileiro na transição acumularia, entre 2020 e 2050, R\$ 6,5 trilhões a mais que o PIB sob cenário de baixa penalização de “não fazer” (aquecimento abaixo de 2°C), R\$ 22 trilhões a mais que no cenário de penalização intermediária (aquecimento de 2°C) e R\$ 40 trilhões a mais que o PIB sob alta penalização (aquecimento até 2,6°C). Aplicando-se o mesmo raciocínio para a AML, sob alta penalização, o PIB da região em 2050 seria de apenas R\$ 1,162 trilhão.



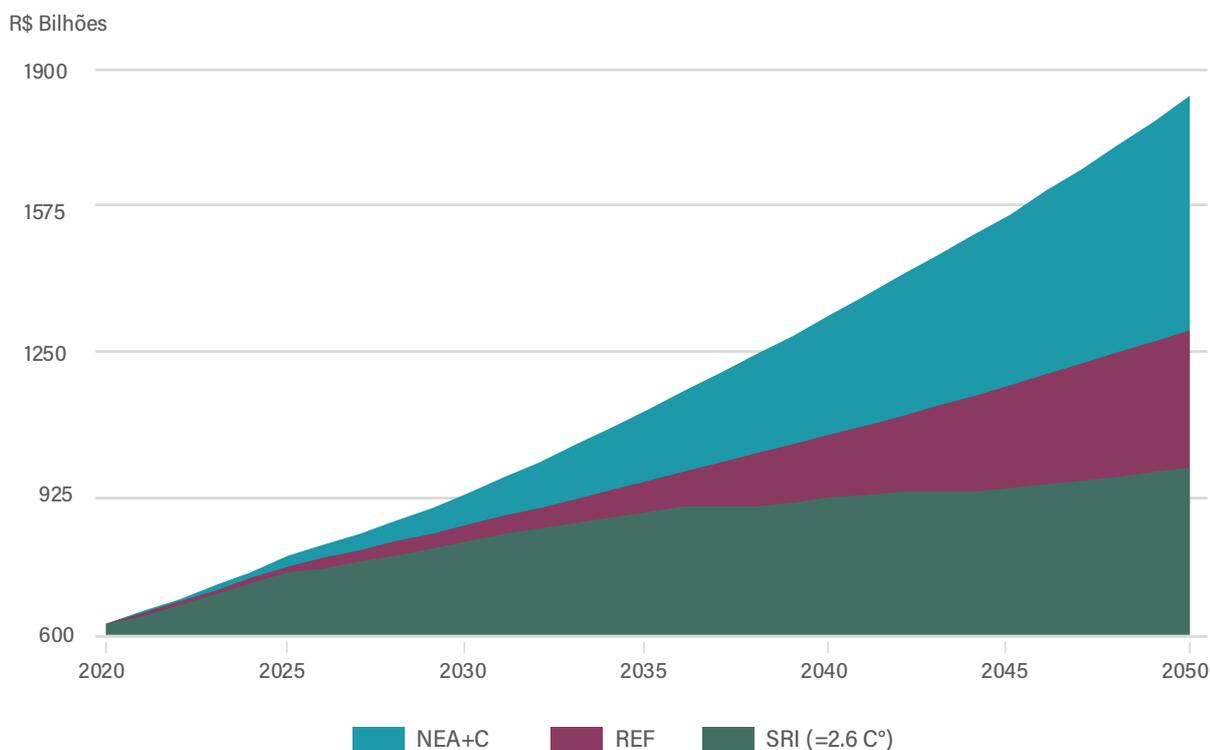
Homem trabalha na produção de mel na comunidade de Arraiol, no arquipélago do Bailique, Amapá. Foto: Diego Baravelli/Greenpeace.

A diferença entre os cenários fica ainda maior se for considerada a precificação dos ativos ambientais, especificamente dos estoques de carbono. Como já salientado em outras seções deste relatório, o cenário NEA terminaria 2050 com estoque de carbono florestal 19% superior ao REF, resultante dos quase 81 Mha de florestas adicionais, dos quais 59 Mha de desmatamento evitado e e 22 Mha de restauração adicionais ao REF.

Considerando que a restauração seja implementada nos 10 primeiros anos sendo 1/10 ao ano a partir de 2020, e que a capacidade de estocar carbono das áreas restauradas se comporte como uma curva em

formato logarítmico com ápice de sequestro no 40º ano após o plantio (Poorter et al., 2016), o estoque de carbono no cenário NEA oriundo apenas da restauração seria, ao final de 2050, de 6,68 GtCO₂ contra 0,65 GtCO₂ no REF. Sob preços de carbono a US\$ 15 por tonelada (metade do custo social do carbono de Stern, 2006), e supondo receitas com carbono investidas na economia com impacto de 2,05 (elasticidade-renda do investimento estimado nesse relatório), o PIB da AML em 2050 sob cenário NEA com precificação de carbono seria de R\$ 1,841 trilhões, contra R\$ 1,301 trilhões do REF e R\$ 1,162 sob alta penalização.

Gráfico 24 | Evolução do PIB da AML em cenários com reinvestimento de carbono e taxas de penalização por custos de “não fazer”, entre 2020 e 2050



Nota: O cenário NEA com precificação de carbono é composto pelo resultado dos modelos GEM e estimado, ex post, o impacto das receitas do carbono sobre o PIB, supondo reinvestimento na economia. Já o Cenário SRI (=2,6), também estimado ex post, representa a penalização do PIB do cenário REF sob condições em que as concentrações de carbono provocam aquecimento acima de 2 °C e deterioram a produção, conforme cenários para o Brasil desenvolvidos por Swiss Re Institute (Guo, Kubli e Saner, 2021).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora os exercícios de inclusão de custos evitados (custo de oportunidade e “não fazer”) e de impactos da precificação do carbono tragam uma nova dimensão de comparabilidade, mostrando um distanciamento muito maior entre os cenários NEA e REF, os esforços de financiamento da

transição devem focar nos R\$ 2,56 trilhões estimados e detalhados no Capítulo 2.

Considerações sobre o financiamento são discutidas nas próximas seções, com ênfase ao uso estratégico do solo, que representa 26% dos investimentos para a transição mas 98% das emissões evitadas.

7.1 Fontes de financiamento

A grande lacuna entre a necessidade de investimento e os financiamentos correntes para descarbonizar a economia tem gerado prolífica discussão sobre os instrumentos necessários. Dos clássicos, como a taxação e subsídios cruzados, aos mais controversos, como diferenciação de reservas compulsórias para expandir a criação de crédito direcionado aos setores de baixo carbono, como sugerida por Campiglio (2015).

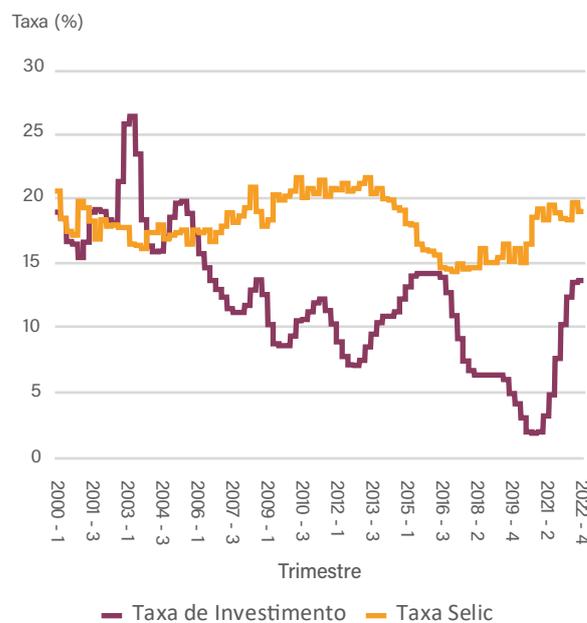
Independentemente do peso dado a cada um deles, tem se formado consenso em torno de dois pontos fundamentais: a relevância do setor público e a necessidade de múltiplas fontes, instrumentos e mecanismos. No primeiro está o reconhecimento da condição de existência do Estado como promotor de bem-estar, que inclui, na sociedade contemporânea, a condução de políticas de mitigação e adaptação climática, exercendo sua função alocativa e distributiva na economia. O segundo ponto consensual é a constatação de que o aumento da oferta de financiamentos, ou pelo menos da disponibilidade de investimentos, não será alcançado sem a conjugação de estratégias convergentes.

De fato, a observação vem reforçando o consenso. A participação dos financiamentos públicos *vis-à-vis* os financiamentos privados na economia global vêm se mantendo relativamente constante com paridade de 1:1, com crescimento do total dos financiamentos em descarbonização em torno de 7% ao ano. O efeito de indução tem levado a espiral crescente e positiva, paralelamente ao fato de que as fontes têm se diversificado (Naran et al., 2022).

Já o Brasil enfrenta entraves históricos não apenas ao financiamento do investimento, mas também de atividades de custeio produtivo. Em termos macroeconômicos, dentre os entraves destacam-se o volume insuficiente de recursos emprestáveis e o alto custo de oportunidade da decisão de investir em atividades produtivas frente à opção de renda via aplicação financeira (custo de oportunidade do dinheiro). Isso está expresso, por exemplo, no Gráfico 25, que a partir de dados do Ipea, mostra que enquanto na primeira metade da década de 2010 o investimento representava, em média, 20,8%

do PIB, o indicador passou a 15,3% no período de 2016 a 2020, refletindo um longo período (2013 a 2016) de alta da taxa básica de juros da economia.

Gráfico 25 | Evolução da Selic e da participação dos investimentos no PIB do Brasil, entre 2010 e 2021



Fonte: Elaboração dos autores, com base em Ipea (2023) e Banco Central do Brasil (2022).

Em termos microeconômicos e entre as características peculiares da AML, destacam-se a baixa produtividade dos fatores de produção. Em geral, tal ineficiência deriva da distância entre os centros consumidores e fornecedores de insumos-produtos, o que forjou, por isso mesmo, políticas especiais de subsídios diretos e indiretos, inauguradas pelo Plano de Valorização da Amazônia e mantidas com a Sudam e Suframa (FiBraS, LAB e FEBRABAN, 2020; FiBraS, 2021).

Se o Brasil carece de investimentos (Trace & Considera, 2021), a região Norte tem quadro pior, enfrentando marginalização no fluxo de crédito. Pamplona, Salarini e Kadri (2021), IBGE (2021d) e BNDES (2021) demonstram que enquanto o Brasil tem, em média, crédito em montante equivalente a 6% do PIB, a região da AML tem apenas 3%. A região Norte é destino de apenas 5% dos desembolsos totais do BNDES, embora tenham dobrado entre abril de 2012 e abril de 2021, chegando a R\$180 bilhões.

Considerando a inclusão do estado do Mato Grosso e municípios do Maranhão, o volume de crédito de toda a AML passa a 6,8% do total nacional, ainda assim aquém de sua participação no PIB nacional, de 8% (BNDES, 2023).

A bioeconomia da Amazônia é caracterizada por uma ampla relação de produtos e produção relativamente pequena e sazonal. Outra característica são produtos provenientes de regiões distantes entre si, com capacidade limitada de transporte, armazenamento e distribuição, além de muitos produtores de pequeno porte, grande parte na informalidade, sem condições de oferecer garantias a financiamentos. Em geral, tais características ampliam os custos de transação e os riscos das operações de crédito voltadas ao financiamento da bioeconomia. Pamplona, Salarini e Kadri (2021), IBGE (2021d) e BNDES (2021) revelam que, entre 2017 e junho de 2021, o BNDES teve um desembolso médio mensal de apenas R\$ 425 mil com produtos potencialmente pertencentes à bioeconomia na região Norte.

Isso demonstra que os subsídios diretos e indiretos que perduram há décadas na Amazônia, em especial os gastos tributários na Zona Franca de Manaus (ZFM), não têm tido impacto positivo sobre a produtividade do trabalho, do capital e da terra além do que se observa nas áreas fora da influência da ZFM. Somado a isso, as evidências de ampliação de desmatamento na região da AML discutidas na Parte 1 deste relatório mostram que tais incentivos econômicos tampouco têm refletido em menor desmatamento, o que indica que para a NEA a distribuição atual desses benefícios não tem muito a colaborar.

A transformação da AML, de um imenso território florestal no maior depositário de pastagens do Brasil, se viabilizou a custo desses pesados subsídios (Sudam, 2016). Por isso, não se pode negar que esse seja parte do caminho para uma nova guinada na economia da região, com a vantagem de que agora a economia mundial reconhece a necessidade de reduzir drasticamente a intensidade-carbono, orientação que vem guiando investimentos privados do exterior e a própria massa de renda dispendida em consumo seletivo.

Da ótica regional para a perspectiva setorial, é imperioso considerar, também, que os subsídios a setores ou insumos intensivos em carbono que ainda vigoram no Brasil têm efeitos perversos na viabilização da descarbonização.

Nota-se, por exemplo, que somente os subsídios destinados aos combustíveis fósseis na última década, como já citados anteriormente, estimados em US\$ 222 bilhões (Inesc, 2022), representam quase 60% dos investimentos necessários para a transição da matriz energética no cenário NEA. Na agropecuária, se todo o Plano Safra fosse dedicado a projetos de investimento em ABC, os valores médios anuais de crédito rural contratados na AML seriam suficientes para cobrir (se replicados ao longo dos 30 anos) quase 40% das necessidades de investimento no cenário NEA, e 30% superior à transição.

Os recursos financeiros para viabilizar a transição NEA são basicamente de três tipos:

1. Recursos públicos nacionais:

- a. Incentivos tributários do governo federal ou dos governos estaduais e municipais;
- b. Mecanismos tradicionais de crédito, como recursos direcionados e com equalização de taxa de juros e de preços, a partir de fundos públicos, fundos constitucionais e da poupança bancária;
- c. Gastos orçamentários de manutenção da floresta em pé, como aqueles com gestão climática e políticas de comando e controle;

2. Recursos privados nacionais:

- a. Recursos privados de produtores rurais, empresários, tradings e cooperativas, inclusive de crédito;

- b. Diversos arranjos financeiros e instrumentos dos mercados de capitais;
- c. Fundos de impacto e a fundo perdido etc.; e
- d. Mercado de carbono e pagamento por serviços ambientais.

3. Fontes internacionais:

- a. Fundos públicos, privados e de organismos multilaterais;
- b. Recursos de mercados de capitais, fundos de pensão, fundos de impacto e recursos a fundo perdido; e

- c. Mercado de carbono e pagamento por serviços ambientais.

A Figura 12 apresenta as fontes de recursos mencionadas, associando-as aos agentes e aos instrumentos financeiros atualmente disponíveis para financiar a transição para a NEA. Da esquerda para a direita, as seis fontes de financiamento expressas na figura mostram progressiva mudança de composição de recursos, com participação do Estado e de recursos públicos gradativamente menor, além de maior participação do setor privado produtivo e particularmente financeiro e de capitais.

Figura 12 | Fontes de financiamento, agentes e instrumentos financeiros para a transição econômica na Amazônia Legal

	1. Fundos Internacionais Multilaterais De impacto	2. Gastos públicos, fundos públicos e subsídios (OGU, UFs e municípios)	3. Recursos privados de PF e PJ	4. Recursos do sistema bancário comercial (poupança rural, compulsórios e recursos próprios dos agentes financeiros)	5. Mercado de capitais (CRA, LCA, fundos e mercado de carbono)	6. Mercados voluntários de carbono, de serviços ecossistêmicos, etc
Agentes	<ul style="list-style-type: none"> • Bancos de desenvolvimento, incluindo BNDES • Instituições públicas e privadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Bancos comerciais públicos e privados • Organizações públicas e privadas, empresas, OSCIPs, Sistema S, seguradoras, etc • Governos federal, estadual e municipal • Bancos de desenvolvimento, incluindo BNDES 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtores rurais e pecuaristas • Agroindústria • Tradings • Cooperativas • Fornecedores de insumos 	<ul style="list-style-type: none"> • Bancos comerciais públicos e privados • Cooperativas financeiras • Fintechs 	<ul style="list-style-type: none"> • Corretoras e distribuidoras de valores aptas a negociar junto à B3 • Estruturadoras de operações • Agentes de segunda opinião • Seguradoras e resseguradoras • Bancos comerciais, de investimento e de desenvolvimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os agentes
Instrumentos financeiros privados e de políticas públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Fundo Verde para o Clima (GCF) • Fundo Amazônia e REDD+ • PCI MT 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos equalizados do Plano Safra (inclui Plano ABC, Pronaf, Pronamp, PSR) • FNO e FCO • Política de preços mínimos • Lei Kandir 	<ul style="list-style-type: none"> • Cédula do Produtor Rural (CPR), CPR verde e CPR em dólar • Barter • Certificados de Direitos Creditórios do Agronegócio (CDCAs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Funding do Plano Safra (inclui Plano ABC, Pronaf, Pronamp, PSR, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificados de Recebíveis do Agronegócio - CRA Verde (Rizoma/ Ecoagro, Klabin, Tereos, Suzano, FS Bioenergia) • Títulos verdes (green bonds), de Sustentabilidade e Sociais (BRF, Suzano, IBS e Marfrig) • Fundos de Investimentos em Direitos Creditórios (FIDCs) • Letra de Crédito do Agronegócio (LCA) • Fundos de Investimentos nas Cadeias Produtivas Agroindustriais (Fiagro)" 	<ul style="list-style-type: none"> • Créditos de descarbonização (CBIOS) • Pagamento por serviços ambientais (PSA) • Mercado de carbono

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar do baixo volume de recursos públicos historicamente alocados para políticas públicas de manutenção da floresta em pé, da biodiversidade e para o desenvolvimento da bioeconomia, o Brasil já acumula experiência significativa no desenvolvimento de portfólios compatíveis com essas práticas. Parte disso deriva da expertise desenvolvida pelo BNDES na gestão do Fundo Amazônia, financiado em grande parte pela Noruega, e do Fundo Clima, que dispõe de recursos orçamentários e registra baixa execução nos últimos anos.

Embora os bancos comerciais (públicos e privados) e de desenvolvimento tenham um papel de destaque na estratégia de financiamento, o significativo volume de recursos estimado para a transição (R\$2,56 trilhões) torna o mercado de capitais, nacional e internacional, o grande agente capaz de torná-la realidade. Ao setor financeiro cabe contribuir sobretudo na redução dos custos de transação e de riscos das operações de financiamento da nova economia, bem como tornar os modelos de negócios compatíveis, econômica e financeiramente, com as ambições climáticas e a sociobiodiversidade.

Por meio da estruturação de operações financeiras que incorporem os atributos de baixa emissão de carbono, de biodiversidade e impactos sociais às populações locais, os bancos e cooperativas de crédito podem constituir agentes transformadores da realidade amazônica na direção da NEA (FiBraS, LAB e FEBRABAN, 2020).

Isso deve ser feito não apenas com recursos públicos investidos diretamente, mas também por meio de captações e parcerias com o mercado de capitais nacional e global, via títulos verdes e mecanismos de *blended finance* (financiamento misto), em que o setor financeiro atua reduzindo riscos, oferecendo garantias e apoiando a consolidação e desenvolvimento de modelos de negócio compatíveis com a preservação e o desenvolvimento da Amazônia (BNDES, 2023). Os bancos de desenvolvimento

também podem fornecer mecanismos especiais de financiamento para projetos verdes, como BNDES Finame Energia Renovável, Fundo Amazônia e Programa Fundo Clima (BNDES, 2022).

Além de reconhecer que por algum tempo o desenvolvimento da bioeconomia ainda dependerá do aumento da disponibilidade de recursos não reembolsáveis para a Amazônia, o BNDES tem buscado e estimulado importantes estratégias de atuação, como a estruturação de cadeias de valor, que conecta cooperativas e associações de pequenos produtores e extrativistas. A instituição, por exemplo, já vem atuando com mecanismos de *blended finance*, composto por investidores que buscam contribuir com o desenvolvimento sustentável e aceitam menor retorno financeiro e prazo maior do que em operações sem atributo sustentável.

Quadro 20 | Fundo garantidor já fomenta a bioeconomia no Pará

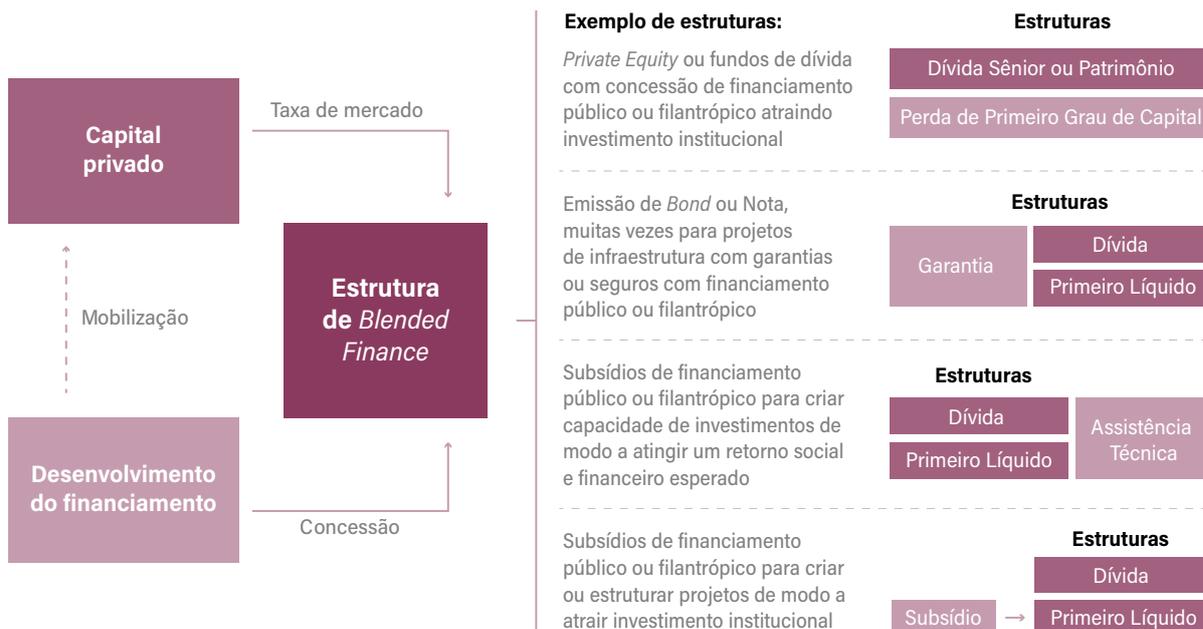
O estado do Pará criou em 2021 o Fundo Garantidor do Pequeno Produtor Rural e da Indústria para Bioeconomia (Lei nº 9.312/2021), a partir da observação de que parte da demanda por crédito rural para atividades ligadas à bioeconomia estava represada por falta de garantias à operação. Diferentemente do crédito para sistemas produtivos tradicionais, como pecuária extensiva ou monocultura, as atividades ligadas à bioeconomia, sobretudo da cadeia da restauração, careciam de produtos adequados no mercado financeiro. Isso levou o estado a ir além do Fundo Garantidor e estruturar uma linha de crédito apropriada ao fomento da bioeconomia, a Banpará Bio, através do Banco do Estado do Pará.

Até 2022, mais de R\$ 15 milhões já foram contratados, sobretudo para restauração com sistemas agroflorestais.

Esses novos mecanismos financeiros – *blended finance* e títulos verdes – têm potencial de viabilizar investimentos e atividades produtivas na transição para a NEA, por lidar melhor com os altos custos associados às novas tecnologias envolvidas na transição, as incertezas relativas à demanda dos bens que se almeja estimular e o longo período para

retorno dos investimentos envolvidos. Um exemplo é a linha de financiamento na área de bioeconomia disponibilizada pelo Banco do Estado do Pará, o Banpará Bio (ver Quadro 20). A linha, inaugurada em 2021, foi possível a partir da criação de um mecanismo financeiro específico em que o banco atua como fundo garantidor de investimentos em bioeconomia.

Figura 13 | Estruturas e mecanismos típicos de *blended finance*



Fonte: Convergence (2021).

O incremento recente de acesso a recursos significativos no mercado de capitais, via títulos verdes, Letras de Crédito, e Certificados de Recebíveis também demonstra o enorme potencial dessas fontes alternativas de financiamento exclusivamente privado para a AML. Os títulos verdes são títulos de dívida emitidos para captação de recursos para investimentos em projetos de sustentabilidade e mitigação das mudanças climáticas. Podem ser emitidos por governos, bancos ou empresas. Versões verdes de instrumentos já comuns no mercado brasileiro e internacional podem ser utilizadas para essas operações, como debêntures, debêntures de infraestrutura, Certificado de Recebíveis do Agronegócio (CRA), Certificado de Recebíveis Imobiliários (CRI), Letra de Crédito do Agronegócio (LCA), Letra de Crédito Imobiliário (LCI), Fundo de Investimento em Direitos Creditórios (FIDC).

Em junho de 2020, a Agência Alemã de Cooperação Internacional (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ) publicou um relatório sobre o mercado emergente de finanças verdes no Brasil que demonstrou uma demanda ainda incipiente por produtos financeiros verdes, mas com tendência de crescimento. Segundo a análise, os títulos verdes no Brasil tiveram uma participação pequena no mercado em 2020, comparado ao total captado em renda fixa. Ainda assim, o Brasil é o segundo maior mercado da América Latina, com a emissão de cerca R\$ 8 bilhões em 28 títulos verdes e um título social entre 2015 e 2020. De acordo com outro levantamento feito pela Federação Brasileira de Bancos (Febraban) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV) em 2018, os bancos destinaram pelo menos R\$ 314 bilhões (21% do total da carteira) a operações de crédito para empresas relacionadas à economia verde.

7.1.1 Recursos públicos nacionais

Incentivos tributários e financeiros

O aporte de dinheiro público para a equalização de juros de financiamentos impacta no resultado primário fiscal da União. Já os incentivos fiscais representam uma renúncia de receita por parte dos governos, o que prejudica a arrecadação de tributos, e pode reduzir a capacidade de financiamento de políticas públicas, como a própria equalização de juros. Ambos são considerados subsídios.

O Gráfico 26 mostra que o total de subsídios tributários e financeiros no Brasil chegou a 4,6% do PIB em 2018, dos quais 4,3% foram subsídios tributários.

A crise fiscal agravada pela pandemia da Covid-19 impõe limites à ampliação de gastos públicos. O cumprimento das regras fiscais vigentes no

país, como a Emenda Constitucional 109/2021, tem cobrado a redução dos benefícios tributários, financeiros e creditícios de 4,6% do PIB em 2018 para 2% até 2028. Assim, o esforço de priorizar a AML no acesso a subsídios alinhados ao cenário NEA tende a evoluir em um contexto de acentuada disputa por esse tipo de benefício tributário.

Embora a maior parte dos subsídios beneficie o setor de comércio e serviços (em grande parte devido ao Simples Nacional), destaca-se o setor agropecuário, que acessou R\$28,5 bilhões em subsídios tributários (9,7% do total desse incentivo), R\$10 bilhões em subsídio financeiro (35% do total desse incentivo) e R\$5,1 bilhões em benefícios creditícios (55,9% do total desse incentivo). O setor agropecuário é beneficiado com subsídios em proporção muito maior (mais que o triplo, R\$ 43,5 bilhões ou 13,9% do PIB) do que sua contribuição na geração de riquezas no Brasil, 4,42% no PIB de 2018.

Gráfico 26 | Evolução dos subsídios da União, de 2003 a 2018 (% PIB)



Fonte: Secap (2020).

Dos R\$ 28,5 bilhões em benefícios tributários concedidos à agropecuária brasileira, por exemplo, R\$1,7 bilhão referiam-se às isenções de PIS (R\$ 300 milhões) e de Cofins (R\$1,4 bilhão) sobre defensivos agrícolas. Outros R\$3,2 bilhões foram em isenções sobre o Fundo de Assistência ao Trabalhador Rural (Funrural) e R\$7,3 bilhões sobre exportações rurais.

Há pouca informação disponível por região referente a subsídios. Ainda assim, a Tabela 31 revela que os incentivos econômicos estão fortemente concentrados na região Sudeste. Já a Região Norte, apesar da Zona Franca de Manaus, está ainda entre as regiões que menos se beneficia desses instrumentos de política pública. Há, portanto, muito espaço para reorientação dos recursos em favor do desenvolvimento da bioeconomia na região e da transição para uma economia de baixo carbono.

Tabela 31 | Distribuição dos incentivos econômicos no Brasil, em 2017 e 2018, por região (em bilhões de R\$)

Região/ano	Benefícios financeiros e creditícios		Benefícios tributários	
	2017	2018	2017	2018
Norte	7,1	3,7	30,5	35,1
Nordeste	20,9	8,4	34,7	38,1
Centro-Oeste	9,7	2,9	21,6	28,7
Sudeste	28,8	4,4	149,8	148,5
Sul	17,8	1,9	42,2	42,5
Brasil	84,3	21,3	278,8	292,9

Fonte: Dados de Secap e Ministério da Economia (2019).

Praticamente não existem incentivos tributários estritamente voltados à produção rural de baixa emissão de carbono ou à produção de bens e serviços compatíveis com a manutenção da floresta em pé e ao reflorestamento. Duas raras exceções são as experiências de ICMS Ecológico implementadas, por exemplo, pelos estados do Amazonas e de Goiás.

Mecanismos tradicionais de crédito

Além dos incentivos tributários, o setor público pode estimular a transição econômica da AML por meio de instrumentos de financiamento tradicionais, como o Pronaf, Plano Safra, Programa de Sustentação do Investimento, entre outros.

O Brasil dispõe de um conjunto de políticas públicas e instrumentos de financiamento rural (ver apêndice) estruturado há décadas, responsável por um salto na produção de alimentos. O financiamento da safra brasileira tem migrado, no entanto, para recursos privados, particularmente do mercado de capitais.

Três elementos principais explicam essa mudança de perfil: o limitado espaço fiscal por parte do Estado brasileiro, a necessidade crescente de recursos para financiar safras cada vez maiores e a ampla oferta de recursos globais nos mercados de capitais, inclusive, mais recentemente, os títulos verdes e outras finanças verdes.

Do início deste século até por volta de 2015, a safra brasileira era financiada, em média, em três fatias iguais. Uma terça parte com recursos do Plano Safra, outra terça parte com recursos de *tradings*, cooperativas e mercado de capitais, e outra terça parte com recursos próprios do produtor. Com a safra se aproximando de R\$ 1 trilhão nos anos seguintes e R\$ 1,2 trilhão em 2021/2022, os recursos do Plano Safra, embora essenciais, financiaram apenas uma quinta parte da produção agropecuária brasileira. Progressivamente, o mercado de capitais vem ampliando sua participação no financiamento agropecuário via bancos comerciais e, mais recentemente, também via bancos de desenvolvimento.

A Política Nacional de Financiamento da Agricultura é operacionalizada pelo Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), criado em 1965, e está ancorada no direcionamento compulsório de recursos pelos bancos, na equalização de taxas de juros inferiores às de mercado, e em incentivos para agricultores familiares, de pequeno e médio portes, por meio de linhas e programas de crédito direcionados. O Plano Safra compreende crédito de custeio, investimento, comercialização e agroindustrialização e instrumentos de mitigação de risco.

Para a agricultura sustentável, as taxas de juros mais baixas são as do Pronaf-Linhas ambientais, depois as do Programa ABC e, em seguida, do Fundo Constitucional do Norte (FNO), no caso do bioma Amazônia, e o Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO), no caso do Mato Grosso. O nível de utilização do crédito para essas linhas é relativamente baixo, como indica a Tabela 32, na linha contratado/programado.

Dos recursos públicos e privados direcionados ao financiamento do Plano Safra, historicamente a participação do Plano ABC tem sido de 2% do total. Mesmo com o salto para R\$5 bilhões disponíveis no Plano Safra 2021/2022, o equivalente a 7% do total de R\$73,5 bilhões direcionados a investimentos naquele ano, o total de recursos contratados no âmbito do Plano ABC não chegou a R\$3 bilhões. O número de contratos registrou queda de 16,5% na comparação com o ano anterior, conforme mostra a Tabela 32.

Tabela 32 | Planos ABC e ABC+: evolução de recursos e contratos firmados

	Milhões R\$ 2020	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Brasil	Total dos créditos contratados	203.029	225.227	190.734	135.350	188.869	197.131	186.602	206.144	266.576	305.291
	Créditos contratados para investimento	53.297	55.979	38.066	23.028	32.017	37.699	35.285	43.520	59.938	58.039
	ABC e ABC+	3.513	4.647	2.761	1.001	1.614	2.271	2.155	2.300	2.383	3.695
AML	Total dos créditos contratados	28.259	34.341	27.693	18.820	30.577	34.880	34.426	40.363	57.078	64.732
	Créditos contratados para investimento	13.364	16.321	11.587	6.877	10.568	12.351	12.589	15.966	22.423	24.737
	ABC e ABC+	728	1.036	676	294	561	800	760	819	825	1.288
AML/ Brasil	% total dos créditos contratados	14	15	15	14	16	18	18	20	21	21
	% créditos contratados para investimento	25	29	30	30	33	33	36	37	37	43
	% ABC e ABC+	21	22	24	29	35	35	35	36	35	35

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir da Matriz de Dados do Crédito Rural (Banco Central do Brasil, 2023).

A avaliação realizada em 2020/21 pelo MAPA e Agroicone (Lima, Harfuch e Palauro, 2020) sobre os dez anos de atuação do Plano ABC e que pautou o planejamento do atual Plano ABC+ concluiu que as metas de impacto na redução de GEE foram atingidas e superadas e, também, que a maior parte dos recursos (acima de 50%) foi alocada para correção do solo, formação ou recuperação de pastagens, seguido de florestamento e reflorestamento, aquisição de bovinos e cana-de-açúcar. Do perfil dos tomadores de crédito, 70% são médios produtores rurais. Contatou-se também

que a maior parte dos recursos foi destinada às regiões Sudeste e Centro-Oeste, além de serem identificados limites no monitoramento desse crédito.

Este relatório defende que o comprometimento de setores como a mineração e o agronegócio brasileiro com a preservação dos ativos naturais, biodiversidade e serviços ecossistêmicos na Amazônia representaria oportunidade única de acesso a recursos, em montante inédito e com condições privilegiadas para atendimento à demanda crescente por minérios, alimentos, fibras e energia.

Gastos orçamentários com bioeconomia, gestão climática e políticas de comando e controle

Este relatório também analisou os gastos diretos da União e dos estados com proteção ambiental, bioeconomia e conservação da floresta. Os nove estados da AML gastaram com gestão ambiental, em

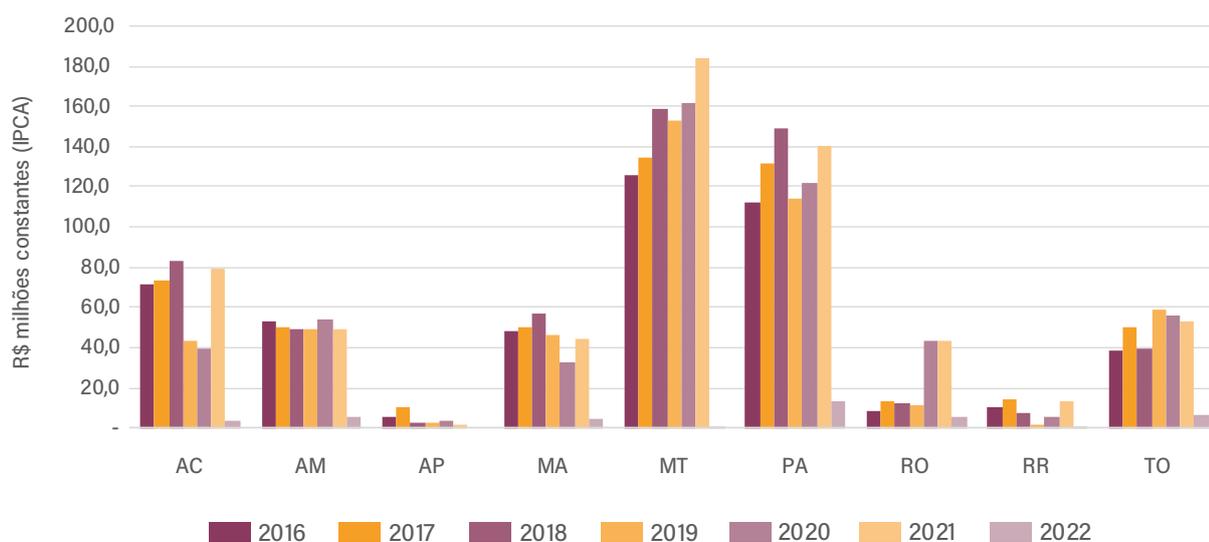
média, apenas 0,41% do seu orçamento entre 2016 e o primeiro bimestre de 2022. A Tabela 33 mostra que no Amapá essa função orçamentária teve a menor participação relativa (0,08%) dentre os estados da AML, enquanto no Acre teve a maior (0,92%). Na União os dispêndios com gestão ambiental foram equivalentes a apenas 0,31% das despesas totais, já descontado o financiamento da dívida pública.

Tabela 33 | Gastos com gestão ambiental, por estado da Amazônia Legal (de 2016 a fevereiro de 2022)

UF	2016 até o 1º bimestre de 2022		
	R\$ de 2020		Gastos com gestão ambiental / Despesa total* (%)
	Gastos com gestão ambiental	Despesa total*	
AC	393.800.994,23	42.879.000.433,42	0,92%
AM	310.650.732,85	125.386.000.249,29	0,25%
AP	25.589.067,17	32.285.090.523,36	0,08%
MA	282.126.499,80	127.040.080.172,25	0,22%
MT	918.816.295,39	122.878.567.743,91	0,75%
PA	782.836.164,29	185.232.365.730,06	0,42%
RO	136.881.773,06	50.317.427.363,40	0,27%
RR	51.803.240,09	26.252.125.935,34	0,20%
TO	302.746.550,05	62.632.679.072,29	0,48%
Gastos dos estados da Amazônia Legal com gestão ambiental x despesa total dos estados	3.205.251.316,95	774.903.337.223,31	0,41%
Gastos de todos os estados brasileiros em gestão ambiental x despesas totais dos estados do país	32.052.476.637,17	5.971.797.847.990,05	0,54%
Gasto da União com gestão ambiental (2016 até março/2022)	33.417.555.363,21	10.683.484.326.519,30	0,31%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos orçamentos estaduais e SIAFI.

Gráfico 27 | Gastos anuais com gestão ambiental, por estado da Amazônia Legal (2016 a fevereiro de 2022)



Valores liquidados (de 2016 a 2021, até dezembro. Em 2022, até fevereiro).

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos orçamentos estaduais.

O Gráfico 27 mostra, para o mesmo período, a evolução anual dos valores liquidados (contabilizadas despesas contratadas em anos anteriores) por estado da AML.

No conjunto de despesas do Orçamento Geral da União é muito baixo o montante de recursos públicos voltados à conservação da floresta em pé⁶⁰. Pilar da NEA, os gastos para manter a floresta em pé têm participação marginal (menos de 0,05%) no orçamento da União, consideradas as despesas com combate ao desmatamento, áreas protegidas, conservação da biodiversidade, bioeconomia e ordenamento territorial.

A Tabela 34 revela um salto no volume de gastos destinado à ação orçamentária de combate ao desmatamento, sobretudo em 2020, quando superou a marca de R\$1 bilhão. Nesse ano, as autorizações de gastos do Ministério da Defesa para a Operação de Garantia da Lei e da Ordem Verde Brasil 2 representaram mais do que o dobro do dinheiro destinado aos órgãos ambientais para combater o desmatamento, somados os gastos do monitoramento por satélite pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O aumento dos gastos militares acompanhou o desmonte dos órgãos ambientais, enquanto o desmatamento na Amazônia aumentou 54% entre 2018 e 2022 (INPE, 2022), denotando clara ineficiência e ineficácia das operações.

Ao longo do período analisado, os gastos autorizados para o INPE monitorar desmatamento e queimadas por meio de satélites reduziram pela metade (de R\$ 7,1 milhões em 2016 para R\$ 3,5 milhões em 2022). Já os gastos autorizados com a criação, implementação e gestão das Unidades de Conservação caíram mais da metade, de R\$ 290 milhões para R\$ 117,5 milhões entre 2017 e 2022, em valores corrigidos pela inflação. As despesas com demarcação e fiscalização de terras indígenas, que junto com as Unidades de Conservação ajudam a conter o desmatamento na Amazônia, caíram 27%, de R\$ 61,6 milhões em 2018 para R\$ 45 milhões em 2022.

Entre 2017 e março de 2022 foram desembolsados apenas R\$ 9,7 milhões para a pesquisa e fomento da bioeconomia, que poderia impulsionar o desenvolvimento sustentável da região. Desse total, R\$ 2,8 milhões foram gastos na ação orçamentária intitulada *Desenvolvimento Sustentável da Bioeconomia*, cujo objetivo era ampliar a participação de agricultores familiares, assentados, povos e comunidades tradicionais em empreendimentos de extrativismo, agroextrativismo, sociobiodiversidade, bioinsumos, sistemas agrícolas tradicionais, energias renováveis, plantas medicinais assim como estruturar cadeias e arranjos produtivos.

Tabela 34 | Dispêndios anuais do Orçamento Geral da União compatíveis com a NEA
(de 2016 a fevereiro de 2022) (em milhões de R\$)

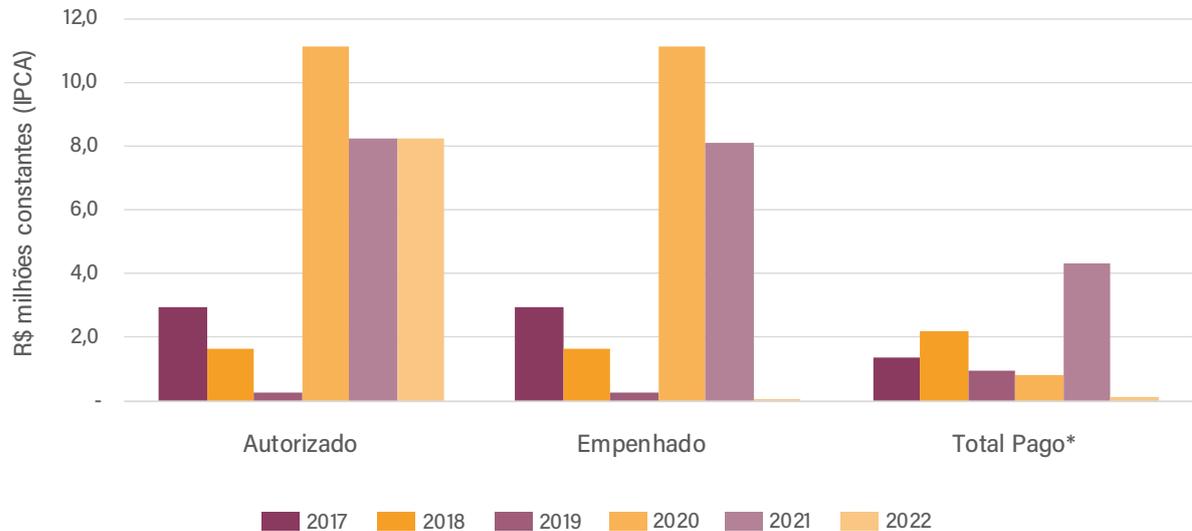
Ano	Combate ao desmatamento	Conservação da biodiversidade	Unidades de conservação	Terras indígenas	Regularização fundiária	Bioeconomia
2016	214,3	164,8	179,0	32,3	25,4	-
2017	166,4	133,2	175,1	22,4	14,4	1,4
2018	185,8	67,2	188,0	43,6	15,1	2,2
2019	201,4	41,5	209,2	53,6	7,0	1,0
2020	669,7	60,7	132,2	48,3	253,7	0,8
2021	407,6	51,8	113,9	43,4	31,0	4,3
2022	56,8	6,4	12,2	3,8	2,2	0,1
Total Geral	1.902,0	525,7	1.009,6	247,3	348,9	9,7

Fonte: SIAFI / Siga Brasil - Elaboração: Contas Abertas.

* De 2016 a 2021, até dezembro. Em 2022, até março.

** Valores pagos com os orçamentos anuais, acrescidos dos restos a pagar pagos.

Gráfico 28 | Execuções anuais dos recursos da função bioeconomia do Orçamento Geral da União, autorizados e empenhados (de 2016 a fevereiro de 2022, em milhões de R\$)



Nota: De 2017 a 2021, até dezembro. Em 2022, dotação autorizada para o ano e valores empenhados e totais pagos* até março.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do SIAFI.

Os gastos com a bioeconomia tiveram o melhor ano do período analisado em 2020, no que diz respeito aos gastos autorizados (R\$ 11,1 milhões), e 2021, para os desembolsos (R\$ 4,3 milhões). A principal ação orçamentária ligada ao tema foi lançada em 2020 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, embora desde 2017 o Ministério da Ciência e Tecnologia fomentasse pesquisas na área, com valores baixos (inferiores a R\$ 3,0 milhões por ano).

No período da análise, algumas ações orçamentárias desapareceram. Associado ao combate à pobreza extrema no país, o Bolsa Verde foi suspenso em 2017. Depois disso, não houve mais gastos com Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) com recursos orçamentários.

7.1.2 Recursos privados nacionais

No setor privado podemos observar iniciativas voltadas para a AML e, em particular, no setor de bioeconomia. Os três maiores bancos privados do país (Bradesco, Santander e Itaú) lançaram em 2020 um projeto intitulado Plano Amazônia, com o objetivo de viabilizar medidas para o desenvolvimento sustentável, desmatamento zero na cadeia de produção de carne e preservação da maior floresta tropical do planeta. E há registro de progressos, como a criação da Amaz, uma aceleradora de impacto de cerca de 30 startups, que hoje é considerada o melhor programa de aceleração do norte do Brasil. Além disso, os bancos estão buscando oferecer mais linhas de financiamento para construir uma cadeia sustentável de negócios e culturas agrícolas da região, como cacau, açaí, cupuaçu e café.

Empresas no setor de bioeconomia também estão florescendo na Amazônia graças a investimentos de outras grandes corporações que atuam na região. Um exemplo de experiência bem-sucedida, a Coex Carajás vende sua produção de ucuúba, andiroba, murumuru e açaí para a Natura. A empresa de cosméticos está presente na região há alguns anos comprando 26 matérias-primas de 34 comunidades. Atualmente, 16,5% dos insumos dos produtos da empresa vêm da região amazônica, com perspectiva de expansão para até 55 bioativos.

A empresa paraense Beraca, que faz uso sustentável da flora brasileira há mais de 20 anos, foi comprada em 2022 pela empresa suíça Clariant. Atualmente a Beraca tem crescimento anual entre 25% e 30% e fornece a empresas como O Boticário, L'Oreal, P&G, Unilever, L'Occitane Brasil, Simple Organic, Aveda e Feito no Brasil. A produção de óleos vegetais, ingredientes minerais e demais ativos é feita a partir de frutas, ervas, arbustos e sementes fornecidos por 1,6 mil famílias nos estados da AML.

Tem crescido o número de empresas do setor de bioeconomia no campo farmacêutico. É o caso do Grupo Centroflora, que recebe a planta jaborandi e produz pilocarpina, substância usada para combater glaucoma, xerostomia e presbiopia. O grupo abastece dois terços da pilocarpina consumida no mundo. São de 500 a 600 toneladas de folhas ao ano, fornecidos por uma rede de 1,1 mil organizadores diretos, que movimenta 30 mil colhedores no Pará, Maranhão e Piauí. A produção é quase completamente exportada para empresas como Aurobindo, Bausch&Lomb, Advanz, AbbVie, Amneal e Tubilux. Nacionalmente, na fabricação de fitomedicamentos, as empresas abastecidas são Aché, Myralis, EMS, Sanofi, Hypera, Arese, Kley Hertz e Takeda.

Além das fontes públicas e privadas, o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e o Mercado de Carbono⁶¹ constituem fontes de recursos com potencial para financiar a transição para a NEA uma vez que favorecem significativamente a conservação e a restauração florestal em áreas degradadas.

Estudos do WRI Brasil (Batista et al., 2021) mostram que, considerando fontes verdes de financiamento, a restauração florestal constitui a maneira mais eficiente e barata de capturar carbono³⁶. Apesar do potencial, as iniciativas em curso no Brasil ainda são modestas. A definição de um marco legal do mercado de carbono no Brasil tem enfrentado resistências, em parte potencializadas pela elevada complexidade do sistema tributário nacional.

O mecanismo de REDD+ é outra opção relevante. Os estados da Amazônia também estão se esforçando em aprimorar (caso do Acre e Mato Grosso) e criar (outros estados da Amazônia) os seus sistemas de REDD+, orientados para cumprir os padrões de certificação de carbono para o mercado voluntário

e regulado. Uma vez regulamentados, esses sistemas poderão comercializar milhões de toneladas de carbono nos próximos cinco anos e apoiar o Brasil no cumprimento de seus compromissos climáticos.

Em 2022, o Ministério da Economia estimou que o Brasil poderia gerar mais de US\$ 100 bilhões com o seu mercado de carbono até 2030 e, também, gerar mais de 8 milhões de empregos, uma grande oportunidade para promover desenvolvimento social e ambiental real para o país³⁷.

No mercado financeiro, também há iniciativas voltadas ao fim do desmatamento na Amazônia e para contribuir com a restauração florestal em locais de maior vulnerabilidade. Uma empresa do Rio de Janeiro recebeu aporte de investimento inicial de R\$ 390 milhões com a meta de reflorestar 1 Mha de Mata Atlântica e Floresta Amazônica. O apoio foi realizado por investidores tradicionais do mercado brasileiro como Lanx Capital, BW, Dynamo e Gávea Investimentos, que esperam obter retorno através de investimentos sustentáveis por meio de *private equity*. O principal plano da empresa é comprar terras em áreas originais de floresta que

foram convertidas em pastagens e restaurá-las, para, ao fim do processo, vendê-las e transformá-las em Unidades de Conservação. Para isso criou o *The Amazon Reforestation Fund* a fim de levantar recursos. A monetização do plano será realizada através da venda de créditos de carbono *premium*.

7.1.3 Fontes internacionais

Segundo a Climate Bonds Initiative (CBI, 2021) o Brasil é o maior mercado de títulos verdes da América Latina e Caribe, e o segundo maior de títulos Verdes, Sociais e de Sustentabilidade (VSS). Entre 2013 e 2020, o somatório desses títulos teve incremento de US\$18 bilhões no Brasil, com 59 emissões que abrangeram diversos setores de atividade econômica: infraestrutura hídrica, transporte de carga e agricultura de baixa emissão de carbono, mobilidade urbana e gestão de resíduos. Do estoque de títulos emitidos no Brasil, seus recursos foram investidos em projetos de energia (50%), uso do solo (25%), transporte (10%), edificações (4%), recursos hídricos (4%), resíduos (4%) e do setor industrial (3%), conforme a Figura 14.



Extração sustentável de madeira na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, em Tefé, Amazonas. Foto: Ricardo Oliveira.

Figura 14 | Emissões de títulos verdes, sociais e de sustentabilidade no Brasil

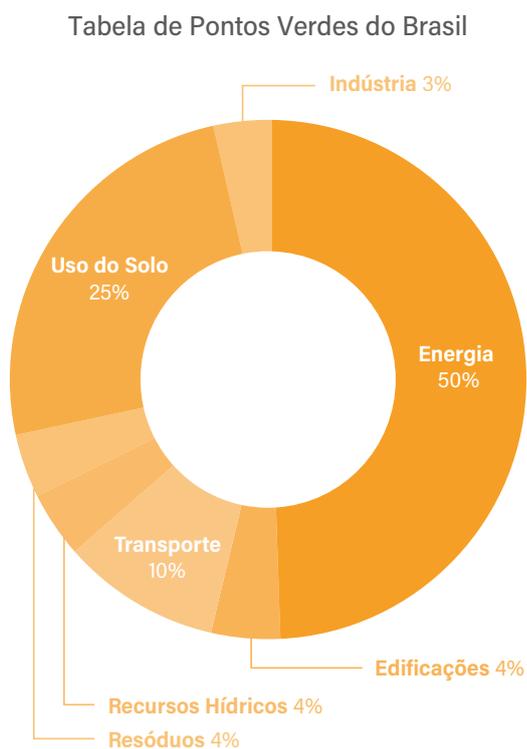


Tabela de Pontos Verdes do Brasil

Ranking da ALC	1
Valor total emitido	USD 10,3 bi
Número de entidades	44
Emissores recorrentes	
Número de transações	78
Valor médio	USD 123 mi
Maior emissor	Suzano Papel e Celulose (USD 1,7 bi)

Tabela de Pontos de Sustentabilidade do Brasil

Ranking da ALC	3
Valor total emitido	USD 1,4 bi
Número de entidades	6
Emissores recorrentes	
Número de transações	8
Valor médio	USD 174 mi
Maior emissor	Amaggi Luxembourg International Sart (USD 750 mi)

Tabela de Pontos Sociais do Brasil

Ranking da ALC	10
Valor total emitido	USD 34,2 m
Número de entidades	19
Emissores recorrentes	
Número de transações	12
Valor médio	USD 9 mi
Maior emissor	Banco ABC (USD 24,9 mi)

Fonte: CBI (2021).

Em 2020, as empresas financeiras fizeram suas primeiras emissões de títulos verdes no Brasil, embora as empresas não financeiras sigam como as principais emissoras no país. Os títulos sociais compõem a menor fração das emissões VSS no Brasil, e em geral propõem-se à ampliação de crédito para micro e pequenas empresas e à geração de emprego. A emissão de títulos sustentáveis (*Sustainability-Linked Bonds*) tem crescido significativamente no Brasil, e já constitui o segundo maior segmento de títulos verdes, atrás apenas dos sociais.

Particularmente sobre agricultura sustentável, de 2015 a fevereiro de 2021, o Brasil acumulou emissões de títulos voltados ao financiamento de projetos, ativos e atividades da ordem de US\$ 9 bilhões. Desses, US\$ 4,4 bilhões em títulos verdes e US\$ 700 milhões em títulos sustentáveis, ambos emitidos pelo setor da agricultura. Empresas ligadas à agricultura, ao setor florestal e à bioenergia foram responsáveis por emissões de US\$ 4 bilhões. Segundo o mesmo estudo, o potencial de investimento para a agricultura no Brasil chega a US\$ 163 bilhões (R\$ 692 bilhões) até 2030.

Na arena dos investimentos realizados por organismos internacionais, destaca-se uma iniciativa lançada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) em março de 2021, voltada à concepção de modelos de desenvolvimento sustentável baseados em capital humano, riqueza natural e patrimônio cultural da região amazônica nos próximos cinco anos. Com US\$ 20 milhões em capital somente do BID, a iniciativa tem execução compartilhada com os países amazônicos e a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), além de parceiros do setor privado, sociedade civil e fundos, como Fundo Verde para o Clima e o Fundo Global para o Meio Ambiente. Bioeconomia, manejo sustentável da agricultura, pecuária e florestas, capital humano e infraestrutura sustentáveis são o foco da iniciativa.

Outra iniciativa internacional anunciada durante a 26ª Conferência do Clima das Nações Unidas (COP26), em 2021, para apoiar o aumento do investimento do setor privado em florestas e soluções baseadas na natureza (SBN) é a *Inovação Financeira pela Amazônia, Cerrado e Chaco* (IFACC), criada por The Nature Conservancy (TNC), Fórum Econômico Mundial e Programa das Nações Unidas

para o Meio Ambiente (PNUMA). Naquele ano, a iniciativa anunciou o compromisso de disponibilizar US\$ 3 bilhões para acelerar a produção de gado e soja livre de desmatamento. Uma das promessas é a implementação do primeiro programa do *Responsible Commodities Facility* (RCF) na América do Sul. Em parceria com os atores envolvidos com a cadeia de fornecimento de soja, o programa RCF planeja fornecer financiamento para a produção e comércio de soja livre de desmatamento e conversão da região do cerrado brasileiro. Compradores de soja do Reino Unido de grandes redes varejistas como Tesco, Sainsbury's e Waitrose participam do projeto que prevê financiamento por meio de CRAs verdes emitidos pelas companhias Gaia Impacto e Traive.

O Fundo Amazônia, criado pelo BNDES em 2008, é responsável pela captação de recursos, contratação e monitoramento de projetos financiados pelo fundo para a região da AML. Até 2021, o fundo tinha recebido aproximadamente R\$ 3,4 bilhões em doações, sendo 93,8% provenientes do governo da Noruega, 5,7%, do governo da Alemanha, por meio do KfW Entwicklungsbank, e 0,5%, da Petrobras. Também até 2021, R\$1,8 bilhão foram alocados (com desembolso de 79,5%) em 102 projetos, sendo 47 deles já concluídos. Após a suspensão da contratação de novos projetos em 2019, o Fundo Amazônia foi reativado em janeiro de 2023, após a posse do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva e da Ministra do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Marina Silva. No mesmo período a Alemanha destinou R\$192 milhões adicionais ao fundo e os EUA anunciaram colaboração com aporte inicial de US\$ 50 milhões.

Em relação ao investimento internacional advindo do setor privado, em 2021 a companhia Amazon anunciou que lançaria, junto da TNC, um Acelerador de Agrofloresta e Restauração na floresta amazônica brasileira, através do fundo *Right Now Climate*. A iniciativa foca no reflorestamento e na regeneração agroflorestal na região, ao mesmo tempo que visa gerar renda na economia do estado do Pará, beneficiando 3 mil agricultores locais.

Há muito a avançar, e o presente capítulo destaca a seguir dois desafios principais relacionados ao financiamento verde da transição no contexto amazônico.

Desafio 1: ampliar a transparência nos recursos direcionados ao Plano ABC+ e à bioeconomia

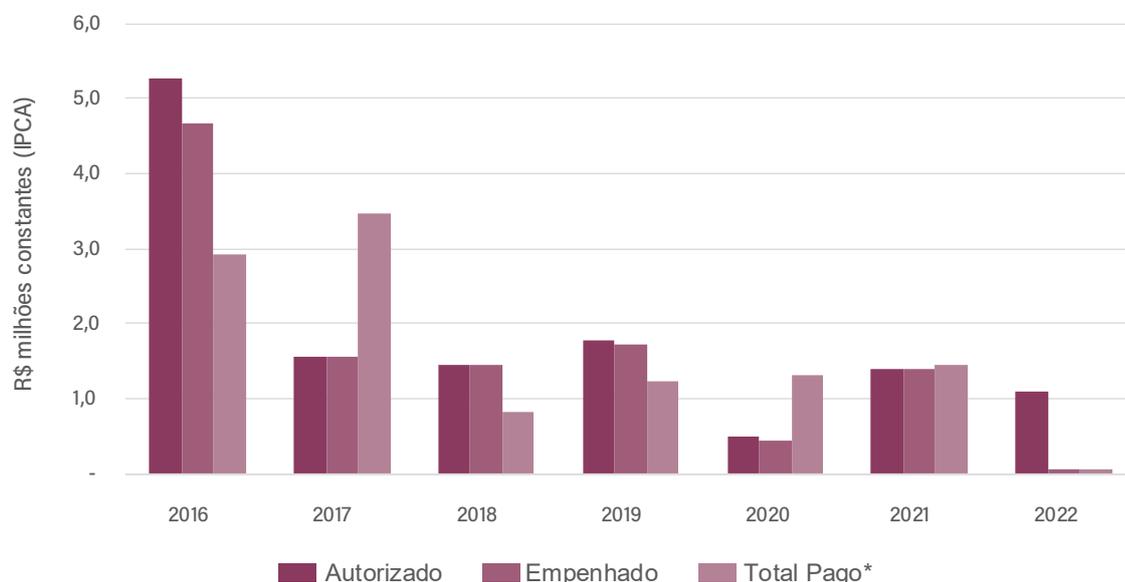
O Plano ABC+ tem como objetivo ampliar o uso em escala de práticas e tecnologias consolidadas e proeminentes, mas não prevê metas específicas por bioma. Faltam critérios e métricas socioambientais claros nas decisões e no monitoramento do crédito do plano, e os agricultores familiares têm dificuldade em acessar esses créditos. Os recursos do Plano ABC+, por sua vez, correspondem a apenas 2% do total de crédito previsto para a safra de 2021/2022 (julho a junho) no total de recursos do Plano Safra e, além disso, não existe transparência sobre quanto dos benefícios financeiros, tributários e creditícios (subsídios) do Plano Safra referem-se ao Plano ABC+.

O Orçamento da União identifica como gasto com agricultura de baixa emissão de carbono apenas um fragmento de uma ação orçamentária intitulada *Apoio ao Desenvolvimento da Produção*

Agropecuária Sustentável. Essa ação inteira desembolsou entre 2016 e março de 2022 apenas R\$ 11,3 milhões. É preciso incluir a bioeconomia da sociobiodiversidade no Orçamento Público da União, a partir da padronização e internalização, pelos gestores públicos, do seu conceito, escopo, objetivos e impactos esperados.

A parcela mais relevante de gastos públicos com a agricultura de baixo carbono decorre da equalização de juros em créditos concedidos a produtores rurais. Mas as despesas com esses subsídios são registradas pelo Tesouro Nacional sem distinção entre agricultura de baixo carbono e agricultura convencional e, ainda, sem associação à bioeconomia, impondo obstáculos críticos ao acompanhando e avaliação da eficácia e eficiência dessa política pública. Tampouco há separação dos gastos desses subsídios por região do país. Portanto, não é possível saber quanto dos R\$25,6 bilhões desembolsados entre 2016 e março de 2022 a título de subsídios ao agronegócio financiou a redução das emissões (Ministério da Economia, 2019).

Gráfico 29 | Recursos públicos anuais autorizados e empenhados destinados à equalização do crédito rural (de 2016 a março de 2022) (milhões de R\$ 2022)



De 2016 a 2021, até dezembro. Em 2022, dotação autorizada para o ano e valores empenhados e totais pagos* até março.

* Valores pagos com os orçamentos anuais, acrescidos dos restos a pagar pagos. Não há distinção entre subsídios à agricultura intensiva e à de baixa emissão. No período da análise, algumas ações orçamentárias desapareceram, como a que tratava da recuperação da cobertura vegetal em áreas degradadas, e o Bolsa Verde.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do SIAFI.

Pesca do Mapará na cidade de Cametá, Pará. Foto: Raimundo Pacco.



Além das citadas restrições de ordem financeira, também existem barreiras técnicas à massificação do acesso do produtor rural às linhas de financiamento da agricultura de baixa emissão de carbono no Brasil, relacionadas aos sistemas agroflorestais e à agricultura regenerativa. A principal delas é a resistência do próprio produtor em migrar do sistema produtivo tradicional para o sustentável. De forma geral, o produtor não reconhece os benefícios sociais e os que alcançam a própria atividade agropecuária, em termos de redução de riscos a eventos extremos. A disseminação de boas práticas, aliada à garantia de acesso do produtor rural à assistência técnica, à agregação de valor ao seu produto, e a novos mercados, é essencial para superar essa resistência.

Desafio 2: estabelecer um quadro de referências que oriente investimentos verdes compatíveis com NEA

A busca por reduzir riscos, típica das decisões de investimento, assume um significado particular nos empreendimentos que, direta ou indiretamente, podem afetar a biodiversidade amazônica. Esse princípio básico encontra desafios particulares na região diante da inexistência de taxonomia, critérios

e indicadores de referência sobre impactos derivados de empreendimentos produtivos e de infraestrutura. Mesmo a agropecuária de baixa emissão de carbono pode estimular o desmatamento por meio da dinâmica regional única do mercado de terras, analisada na Parte 1 do presente estudo. Ou seja, no contexto da AML, mesmo que a agricultura de baixa emissão intensifique a substituição do componente “químico” pelas biotecnologias e biorecursos, o padrão “mecânico” por si só tende a manter a pressão sobre o ativo terra, uma vez que é pautado em atividades de monocultura em tensão com a conservação da biodiversidade.

Faltam, portanto, garantias mínimas aos investidores e aos setores produtivos do agronegócio, da indústria, da mineração, do setor energético e demais infraestruturas do que é realmente um investimento verde e compatível com a sociobiodiversidade na Amazônia. O estabelecimento de taxonomia aderente à realidade amazônica tem potencial de destravar o fluxo de recursos, particularmente internacionais, em toda sua potencialidade.

7.2 Conclusões

Estimados em R\$ 2,56 trilhões, os investimentos para NEA dão a dimensão dos desafios e esforços necessários para viabilizar a descarbonização e a sociobiodiversidade original da AML.

Pautada no uso estratégico do solo, a NEA foca nas fontes e instrumentos financeiro disponíveis e promissores à viabilização, até 2050, dos requeridos e vultosos investimentos para mudar a matriz econômica regional. Ou seja, para atender demandas de investimentos em infraestruturas sustentáveis, agricultura, pecuária e mineração de baixa emissão de carbono, para o desenvolvimento

da bioeconomia, na garantia de restauração florestal e da oferta dos serviços ecossistêmicos, e no alcance do desmatamento zero. As diretrizes políticas de comando e controle aliadas à realocação e provisão dos incentivos econômicos são essenciais e urgentes. Enquanto políticas públicas dependem essencialmente de orçamento da União, o financiamento da transição dependerá de recursos tanto públicos, como privados, nacionais e internacionais.

O financiamento da transição proposto pela NEA deve ser orientado pela combinação de mecanismos tradicionais de crédito – com equalização de juros a partir de recursos orçamentários e de fundos de governos –, incentivos tributários do governo federal e/ou de governos estaduais e municipais,



Habitações de palafitas em Igarapé no bairro Educandos, em Manaus, Amazonas. Foto: Guentermanus/Shutterstock.

subsídios e subsídios cruzados em favor de atividades de baixa emissão de carbono, fundos de impacto, constitucionais e internacionais, e fontes alternativas de financiamento via mercados de capitais. Ao setor bancário caberá, sobretudo, contribuir na redução dos custos de transação e de riscos das operações de financiamento.

Por meio de diversos instrumentos e arranjos financeiros – com destaque para os títulos verdes e os mecanismos de *blended finance* – estruturados e operacionalizados principalmente por bancos comerciais, de investimento e de desenvolvimento, a NEA reconhece o mercado de capitais (nacional e internacional) e os fundos não reembolsáveis,

como o Fundo Amazônia, como agentes primordiais no financiamento da transição.

Enquanto só o mercado de capitais tem volume para atender à necessidade crescente por fundos emprestáveis, os fundos não reembolsáveis constituem a fonte mais promissora, e muitas vezes a única disponível, para o financiamento de iniciativas de pequeno porte, de altos custos fixos e operacionais, de elevados riscos, testes de mercados – inclusive de carbono –, iniciativas de impacto social e de atividades, em geral, onde os interesses públicos seguem negligenciados por benefícios privados, particularmente nos casos de preservação dos ativos naturais e da oferta de serviços ecossistêmicos.





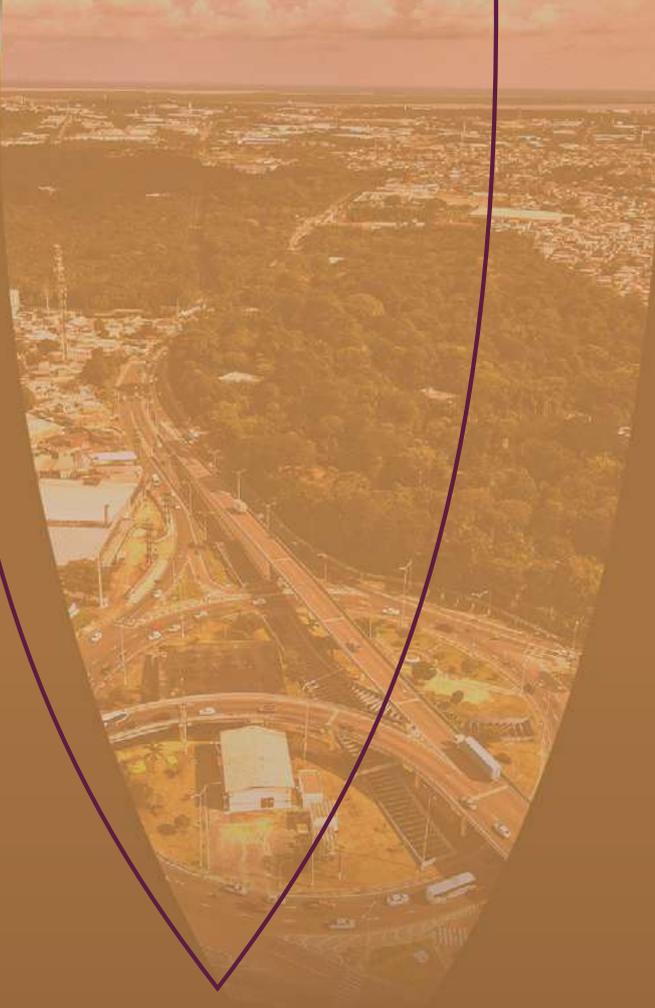
Como fazer a nova
economia da Amazônia

PARTE 3

ACONTECER

ACONTECEB







PARTE 3

O relatório a Nova Economia da Amazônia apresenta eixos propositivos para o crescimento econômico com conservação e expansão de ativos ambientais, compatíveis com a necessidade de conter o aquecimento global a 1,5°C.

O caminho até 2050 precisa ser amplamente debatido, mas também pavimentado e trilhado com urgência. Por isso, o relatório finaliza propondo ações a serem priorizadas nos próximos cinco anos para melhor orientar uma transição justa para a NEA.

A transição para esse novo modelo econômico sustentável, socialmente inclusivo e coerente com a conservação da Amazônia demanda ao menos

30 anos para se realizar. Nesse período, atividades consolidadas na região, como agricultura, pecuária e mineração, passariam por um ajuste de rota, e a bioeconomia ganharia escala.

A última parte deste relatório organiza as principais conclusões e dispõe recomendações que devem contribuir para o planejamento de ações coerentes com a NEA. A transição deverá ser conduzida por planos e programas de altíssimo nível técnico e forte priorização política – a começar pelo planejamento orçamentário da União e dos estados. As recomendações aqui propostas reconhecem esses limites e os colocam como diretrizes que podem orientar os diferentes agentes públicos e privados em suas decisões.



Menino em canoa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, na região do médio Solimões, Amazonas. Foto: Ricardo Oliveira.



CAPÍTULO 8

Conclusões e **RECOMENDAÇÕES**

A economia da AML é caracterizada pela especialização regional da produção, sobretudo de commodities agrícolas e minerais de baixo valor agregado e intensivas em emissões de carbono e desmatamento. Estimou-se, através do desenvolvimento da MIIP-AML que em 2015 somente 12% do VA nas cadeias do complexo grãos-algodão, pecuária e mineração tiveram origem na demanda da própria AML, contra 41% na demanda do restante do Brasil e 47% na demanda internacional. Do total de quase 1,5 Mha desmatados na AML em 2015, 919 mil hectares (58%) tiveram origem na demanda do restante do Brasil, 362 mil hectares (25%) na demanda internacional e somente 245 mil hectares (17%) na demanda local.

Outras características importantes da economia da AML são a alta participação dos serviços da administração pública na formação do PIB, déficit nas transações comerciais com o restante do país, alta informalidade do trabalho, menor qualificação profissional e salários aquém das médias nacionais. Por outro lado, a AML apresenta percentual acima da média nacional na participação de pessoas negras e indígenas no total de ocupações (80% contra 74%), especialmente nas atividades extrativistas (92%).

A economia da Amazônia pode ser ainda muito melhor. Na MIIP-AML, a distinção dos setores de extrativismo vegetal exaustivo (madeira, lenha e carvão) e não exaustivo (produtos não madeireiros) permitiu avaliar que VBP e VA do setor não exaustivo, R\$ 1,49 bilhão e R\$ 935 milhões, respectivamente, já são muito próximos do setor exaustivo (R\$ 1,97 bilhão e R\$ 1.099 milhões). Também tem multiplicador de produção local com impacto líquido proporcionalmente maior (32% contra 31% do exaustivo). A expansão da economia do extrativismo vegetal não exaustivo geraria um grande impacto positivo na geração de emprego e renda para minorias raciais e étnicas na AML.

Os aglomerados urbanos possuem estrutura produtiva bastante integrada com suas regiões contíguas, atuando como grandes polos consumidores e inovadores dos produtos regionais, sendo os principais mobilizadores e realizadores da economia de proximidade e circular da bioeconomia. Os centros urbanos realizam papéis logísticos, articulando os produtos da biodiversidade à vida social. Funcionam como plataformas que adensam as relações sociais baseadas nesses produtos, e também como elos de relações (diretamente) econômicas, articulando a economia de modo intra e intersetorial. Por outro lado, têm pouca integração com o restante da AML. Os aglomerados concentram os setores de tecnologia e valor adicionado sem propagar seus benefícios para a região, ao mesmo tempo em que pouco atuam como demandantes dos produtos do restante da AML, caracterizados pela especialização em commodities de baixo valor agregado, que têm demanda maior no restante do Brasil e no comércio exterior.

A bioeconomia (setores primário extrativista e agropecuário, secundário e terciário) analisada através do desenvolvimento da MIP-Alfa com 13 produtos e 14 segmentos setoriais, gera na AML atualmente VBP de R\$ 15 bilhões e VA de R\$ 9,5 bilhões, com massa salarial de R\$ 1,9 bilhões, valores muito superiores ao extrativismo não exaustivo (setor primário extrativista) contabilizado na MIIP-AML.

Projeções da economia para 2050 permitem avaliar que a bioeconomia com apenas 13 produtos pode gerar, em 2050, PIB da ordem de R\$ 38,5 bilhões com 947 mil postos de trabalho. A bioeconomia,

no entanto, deve ser muito maior se considerados as centenas de produtos da biodiversidade já utilizadas pelas populações locais.

Utilizando-se DOM e GEM acoplados a Módulos Computáveis de Mudanças de Uso da Terra foram elaborados quatro diferentes cenários para a economia da AML em 2050, combinando duas restrições: restrição de emissões totais para cumprimento do Acordo de Paris (estimada em 7,7 GtCO₂ para o Brasil e 1,4 GtCO₂ para a AML) e restrição ao desmatamento (desmatamento zero a partir de 2025), focando no uso do solo e matriz energética (que respondem atualmente por 98% das emissões da AML). No cenário Referencial (REF) nenhuma restrição foi previamente estabelecida; no cenário de Sustentação Tecnológica (STE) impôs-se a restrição de emissões para cumprimento do Acordo de Paris, mas sem controle do desmatamento. No cenário de Sustentação Florestal (SFL), fez-se o inverso, sem restrição de emissões totais, mas desmatamento zero a partir de 2025. Já o cenário de transição para a Nova Economia da Amazônia (NEA) atendeu às duas restrições, combinando otimização do uso do solo e da matriz energética para atingir a meta de 7,7 GtCO₂ com desmatamento zero.

O Brasil não conseguirá atingir as metas do Acordo de Paris mantendo-se os desmatamentos. O cenário de Sustentação Tecnológica (STE) não apresentou solução, não atingindo convergência matemática, do que se deduz a impossibilidade de alcançar as metas do Acordo de Paris sem restrições ao desmatamento. Apenas zerar o desmatamento também seria insuficiente para cumprir as metas. Sem combinar a descarbonização da agropecuária e da matriz energética, o cenário de SFL indica que as emissões acumuladas seriam de 21,1 GtCO₂ ao final de 2050, valor quase três vezes acima da meta. Já no cenário da NEA, as emissões ficariam restritas à meta de 7,7 GtCO₂, desmatamentos seriam zerados, a restauração florestal chegaria a 24 Mha e mais de 95% da matriz energética de base fóssil na AML seria substituída por elétrica e biocombustíveis. O cenário REF mostra que manter as práticas atuais até 2050 significa atingir desmatamento líquido de 57 Mha, valor similar ao que foi desmatado nos últimos 36 anos, e as emissões líquidas totais chegariam a 43,6 GtCO₂, cinco vezes a meta de 1,5°C.

A análise dos resultados dos cenários para o PIB mostra como é possível manter o crescimento econômico com a floresta em pé, mesmo com valores subestimados para a bioeconomia. O PIB nacional em 2050 no cenário REF foi estimado em R\$ 14,432 trilhões, enquanto no NEA foi de R\$ 14,658 trilhões. Ao analisar apenas o PIB da AML, no cenário REF seria alcançado R\$ 1,301 trilhão contra R\$ 1,340 trilhão no cenário NEA, diferença de R\$ 40 bilhões. Sob o cenário NEA também seriam gerados 312 mil postos de trabalho adicionais ao REF, totalizando 23,1 milhões de empregos, dos quais 365 mil adicionais somente na bioeconomia, substituindo postos de trabalho nas cadeias intensivas em carbono.

Embora o PIB seja muito semelhante nos dois cenários, O PIB qualificado na NEA chega ao final de 2050 com menos do que um quinto das emissões totais do cenário REF e 81 Mha adicionais de vegetação nativa, sendo 59 Mha de vegetação já existente em 2020 (desmatamentos evitados) e outros 22 Mha restaurados. O estoque de carbono seria 19% maior, perda de água por escoamento

superficial seria 13% menor (maior absorção de água no solo) e perda de nitrogênio e fósforo 16% e 18% menores, respectivamente, exigindo menores custos de reposição de fertilizantes.

Os investimentos ao longo dos 30 anos foram estimados em R\$ 3,36 trilhões no cenário REF (1,03% do PIB nacional ao ano) e R\$ 5,92 trilhões no cenário NEA (1,81% do PIB nacional ao ano) até 2050. Dos R\$ 2,56 trilhões adicionais do cenário NEA, R\$ 659 bilhões seriam empregados no uso estratégico do solo – através de técnicas de intensificação de produção agropecuária e dos setores ligados a agricultura, pecuária, bioeconomia e restauração –, R\$ 410 bilhões nas mudanças na matriz energética, e outros R\$ 1,49 trilhão em infraestruturas induzidas. Os investimentos não seriam aplicados somente na AML, visto a intrincada relação de insumo-produto entre a região e o restante do país, implicando em harmonização de normas, produtos e processos. A Amazônia seria a grande catalisadora da descarbonização da economia brasileira.



Tradicional feira do açaí em Belém, Pará. Foto: Paralaxis/Shutterstock.

Recomendações

Inovação Metodológica

Adoção de Matrizes de Insumo-Produto que sejam capazes de segmentar atividades típicas da economia amazônica e de suas diferentes regiões.

O desenvolvimento social e econômico da AML não pode ocorrer sem instrumentos que sejam capazes de identificar as heterogeneidades regionais e setoriais da Amazônia. Instrumentos como a MIIP-AML, com a segmentação proposta, oferecem uma alternativa tecnicamente robusta e sensível a essa heterogeneidade e devem ser adotados por estados e instituições de planejamento e financiamento da AML, permitindo avaliar com maior acurácia os setores considerados fundamentais para a economia atual e futura, bem como das diferentes regiões. Destaca-se a necessidade de segmentar o setor de exploração florestal entre extrativismo vegetal exaustivo (madeira, lenha e carvão) e não exaustivo (produtos não madeireiros da floresta em pé).

Adoção de técnicas de contabilização dos fluxos monetários capazes de revelar as relações intersetoriais que são subdimensionadas pelo viés convencional, a despeito de sustentarem a economia local especialmente em torno da bioeconomia.

Tal como revelado pela MIP-Alfa, a bioeconomia constitui-se de cadeias de alta penetrabilidade na vida econômica e social de parte significativa da população amazônica, com geração de valor e emprego muito maior que a instrumentação atual permite avaliar. Ao reforçar o subdimensionamento dessas atividades, projeta-se seu caráter informal e impede-se que sua relevância seja reconhecida e, portanto, tomada como parte da solução através da economia circular e de proximidade.

Inclusão de dimensões ambientais que possam mensurar o lastro do crescimento econômico em parâmetros convergentes com compromissos climáticos. A qualificação da formação do PIB é crucial para permitir o desenvolvimento de atividades econômicas orientadas pelo cumprimento de metas que transcendam as convencionais, como demonstrado neste relatório, entre elas emissões de GEE, estoque de carbono, disponibilidade hídrica, proteção da biodiversidade e perda de

fertilidade do solo. Somente com Sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) das qualificadoras do PIB é possível ajustar os rumos da descarbonização da economia.

Inovação na rastreabilidade sanitária, fiscal e ambiental dos insumos e produtos da AML, com especial atenção aos mercados regionais e nacional.

Como evidenciado neste estudo, os mercados regionais e nacional são os maiores destinos de alguns dos insumos e produtos da AML. Embora métodos e equipamentos de rastreabilidade possam ter utilização universal independentemente de origem e destino, a integração de sistemas de controle sanitário, fiscal e ambiental precisa ser implementada concomitantemente ao escalonamento de postos físicos e informacionais de checagem. O Brasil já detém sistema de controle fiscal com alto nível de transparência para os insumos e produtos exportados e importados (Secex, 2022), mas não para o mercado doméstico, que carece amplamente de integração e controle sanitário e ambiental.

Bioeconomia

Planos ou programas de bioeconomia devem estabelecer marcos claros na conceitualização desses termos e serem compatíveis com produtos, processos e estruturas produtivas que garantam a manutenção e expansão da floresta em pé.

A bioeconomia não se confunde com agropecuária de baixa emissão de carbono, embora sejam complementares na transição para a NEA. Toda a estruturação de sistemas de fomento, inovação, pesquisa e desenvolvimento de produtos deve se pautar nos preceitos da bioeconomia bioecológica, salvaguardando as pessoas detentoras dos conhecimentos tradicionais, sejam indígenas ou de outras comunidades.

O planejamento municipal deve promover estratégias de desenvolvimento econômico que garantam a permanência e expansão dos mercados locais de produtos da bioeconomia. As cidades, muito além de concentrar consumidores de produtos da sociobiodiversidade, promovem mediação urbana – articulação, intensificação, ampliação e criação de tendências de inovação e diversificação econômica –, impulsionando a economia circular e de proximidade. É preciso trazer para o primeiro plano o mapeamento

dos aparatos técnicos e institucionais, dispostos nos centros urbanos da região, que têm sido capazes de garantir, durante séculos, a conexão entre economia urbana e produtos da biodiversidade da Amazônia. Expandir, sanear, revitalizar e fomentar os mercados populares de produtos da biodiversidade são passos essenciais para fortalecer a bioeconomia.

Garantia da participação efetiva de lideranças indígenas, quilombolas e comunidades locais em todas as instâncias do debate, planejamento, tomada de decisões e execução sobre a economia da Amazônia, não apenas em seus territórios e não restritas à bioeconomia. É imprescindível que a construção de iniciativas e tomadas de decisão se valham sempre de opiniões, conhecimentos e preocupações das populações originárias. Especificamente sobre a bioeconomia em seus territórios, processos e produtos de suas identidades, os indígenas requerem apoio técnico, financeiro e gerencial para o desenvolvimento das cadeias produtivas identificadas, por eles mesmos, como relevantes. É necessário promover sua participação em mercados e o intercâmbio de experiências entre diferentes etnias indígenas e não indígenas, garantindo representatividade e inclusão profissional.

A bioeconomia carece de adequação do sistema de crédito agrícola, pesquisa e desenvolvimento. O crédito à pesquisa científica na Amazônia deve privilegiar o desenvolvimento de tecnologias que se compatibilizem, e não apenas concorram, com as estruturas de produção familiar, indo muito além da produção do setor primário, garantindo valor adicionado com remuneração aos detentores dos conhecimentos tradicionais. Direcionamento de parte dos ganhos com créditos de carbono devem fomentar a implantação de sistemas agroflorestais e restauração para geração de renda de populações tradicionais e vulneráveis.

Agropecuária

Redirecionar a disponibilidade de crédito rural transformando paulatinamente o Plano Safra em Plano de Agropecuária de Baixa Emissão de Carbono (ABC+). Atualmente apenas 3% de todo crédito do Plano Safra para investimento em agropecuária na AML condicionam-se a práticas de baixa emissão de carbono. Como demonstrado

neste estudo, se o volume atual de crédito contratado na AML fosse anualmente aplicado apenas em agropecuária de baixo carbono, seria suficiente para financiar 40% dos investimentos necessários à transição para a NEA nos setores agrícola e pecuário. Endossam-se as recomendações da Coalizão Brasil Clima, Floresta e Agricultura (2022), em especial as de aumentar recursos que autorizem o pagamento de equalização de taxas de juros em financiamentos rurais concedidos no âmbito do Plano Safra para agropecuária de baixo carbono, além de incluir fundos de investimentos privados que financiem linhas de crédito embasadas no Programa ABC+ e Pronaf ABC+.

Massificação das práticas de baixa emissão de carbono e intensificação da agropecuária exclusivamente em áreas degradadas e antropizadas consolidadas, com adoção prioritária de bioinsumos e de sistemas integrados de produção (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e Sistemas Agroflorestais, especialmente com espécies florestais nativas). Expandir o Plano ABC+ através da ampla oferta de assistência técnica e extensão rural (Ater) e de gestão (Ateg) customizados aos produtores e pecuaristas, particularmente aos da agricultura familiar, auxiliando-os na adoção de tecnologias e práticas produtivas de baixa emissão de carbono, agricultura e pecuária regenerativas e sistemas agroflorestais. Implementação do Código Florestal, com a recuperação de passivos florestais e eficiência do Cadastro Ambiental Rural (CAR), além da estruturação e operacionalização do mercado de serviços ambientais (oferta e demanda), conforme a Lei nº 14.119, que institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais.

Matriz energética e infraestruturas induzidas

Zerar subsídios ou promover subsídios cruzados dos combustíveis fósseis para energias de fontes renováveis com ênfase em geração solar e biocombustíveis de segunda geração. Como demonstrado neste estudo, o volume de subsídios aos combustíveis fósseis no Brasil, somente na última década, somou valor equivalente à metade do necessário para estruturar a matriz energética no cenário NEA ou 75% superior aos investimentos para a transição (adicionais ao cenário REF).



Sementes de urucum produzem corante natural em Juruti, Pará. Foto Joana Oliveira/WRI Brasil.

Tributação diferenciada em favor de veículos elétricos, políticas de concessão de transporte público visando a eletrificação da frota, regulamentação para o crescimento progressivo do teor volumétrico de biodiesel no óleo diesel e redução das taxas de atracagem para embarcações com baterias e biocombustíveis são outros pontos a serem enfrentados pelas políticas fiscais a fim de permitir a descarbonização nos transportes da região.

O planejamento da mobilidade nas grandes cidades precisa prever mudanças dos modos de transporte para oferecer serviços compatíveis com a transição para a NEA. A infraestrutura induzida pelas mudanças na matriz energética exigirá investimentos adicionais da ordem de R\$ 1,49 trilhões até 2050 de acordo com este estudo. A oferta energética daí derivada depende da demanda a ser atendida, como da decorrente da implementação de vias prioritárias para circulação do transporte público eletrificado, nova infraestrutura hidrovial e terminais modais e intermodais dotados de carregamento e troca de baterias. Mudanças também passam pela implementação de redes de recuperação de insumos para a fabricação de biocombustíveis (rejeitos agrícolas, industriais e urbanos) e adequação da rede elétrica para suportar a demanda energética.

Mineração

Na transição para a Nova Economia da Amazônia, a atividade minerária industrial e de larga escala deve ter parte de suas receitas direcionadas para financiar setores ligados à economia da sociobiodiversidade. O garimpo ilegal, e outras atividades que operam fora das regras do Estado de Direito, deve ser coibido, promovendo às populações mais vulneráveis alternativas à prática degradante. O desenho de mecanismos compensatórios, tal como a Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), está muito aquém de cumprir o seu objetivo de mitigar os impactos socioambientais da mineração de larga escala. No mais, o arcabouço tributário atual não favorece a agregação de valor do minério no território. Exemplo de política nesse sentido é a tributação regressiva, conforme o grau de beneficiamento, com alíquotas mais baixas para produtos com valor agregado maior.

Institucional

Formação de Grupos Técnicos Interministeriais, secretariados executivos subnacionais e sociedade civil com o objetivo de planejar e realizar ações para transição à NEA. Grupos técnicos temáticos formados por Ministérios, seus equivalentes estaduais, centros e institutos de pesquisa e sociedade civil para elaboração de planos de transição para a NEA. Entre os principais grupos temáticos, Políticas Fiscais para “Priorização de Incentivos da AML para Atividades de baixo Impacto Ambiental” e “Subsídios aos fósseis e Competitividade de Energias Alternativas”; Políticas Setoriais, como “Estratégias Pré-Competitivas em Energia”, “Arcabouço metodológico e Taxonômico para o mercado financeiro e de capitais para investimentos verdes”; Forças-Tarefas para Combate ao desmatamento”, “Promoção da Restauração e Bioeconomia, “Ampliação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas”, e Agropecuária, na “Repactuação e Ampliação da Moratória da Soja para toda a AML”, “Moratória da Pecuária e Intensificação da Produção na AML”, “Plano Safra e Plano ABC+”, nas cidades, “Planos Diretores para a Transição para a Nova Economia”.

Pacto Federativo para equilíbrio de responsabilidades e dotação orçamentária equivalente, com maior autonomia para condução das políticas subnacionais e municipais na transição para a NEA. A descentralização das tomadas de decisão para pleno cumprimento das responsabilidades constitucionais dos entes da Federação exige não apenas redistribuição equivalente de recursos, mas também a própria expansão da base de captação fiscal direta, sobretudo para garantir maior poupança orçamentária e autonomia na aplicação dos recursos. Este estudo endossa as recomendações do Instituto de Desenvolvimento Social (Ribeiro, Checco e Couto, 2022), especialmente no que se refere à adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável como base estruturante de planejamentos de médio e longo prazo, formulação e implementação de estratégia nacional de recuperação econômica sustentável, fortalecimento do papel dos estados como promotores de políticas de desenvolvimento regional sustentável, ampliação e aperfeiçoamento da utilização de indicadores socioambientais como critérios para parte das transferências obrigatórias aos municípios.

Restabelecimento do papel do Estado na gestão e governança territorial

Fortalecimento do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia e apoio à atualização dos Planos Estaduais de Prevenção e Controle do Desmatamento. Ambos são ferramentas necessárias para garantir a integridade dos biomas da AML. O controle do desmatamento depende do planejamento da reestruturação do arranjo e da governança interinstitucional, além do estabelecimento de objetivos, estratégias, ações e metas adequadas equivalentes ao aumento do orçamento, às responsabilidades institucionais e à definição de áreas e ações prioritárias.

Restabelecimento da destinação de florestas públicas para conservação, Terras Indígenas e produção florestal sustentável. As florestas públicas não destinadas na AML somam quase 52 Mha e recentemente compõem a categoria fundiária com maior aumento do desmatamento, somando quase um terço do total desmatado entre 2019 e 2021 (Azevedo-Ramos et al., 2020). Desde a Constituição Federal de 1988, vinha-se destinando, em média, cerca de sete áreas protegidas (entre Unidades de Conservação e Terras Indígenas) por ano, ciclo quebrado em 2019, quando nenhuma área protegida sequer foi homologada. O cancelamento dos registros de CAR em sobreposição a essas áreas é outro sinal de que não serão regularizadas para outro fim que não a conservação e a produção florestal sustentável.

Restabelecimento da segurança territorial de áreas protegidas (Terras Indígenas e Unidades de Conservação) e apoio a economias de base florestal. Garantir a segurança territorial em Terras Indígenas e em Unidades de Conservação já reconhecidas, assim como dos povos e comunidades tradicionais, com a retirada de invasores e apoio à formação de agentes indígenas e comunitários para monitoramento e gestão dos territórios. A estruturação de cadeias de valor com produtos da sociobiodiversidade que beneficia negócios comunitários representa outra importante ação para fortalecer esses territórios a fim de garantir renda e melhoria na qualidade de vida das populações.

Fortalecer a governança e garantir os investimentos do Fundo Amazônia. O Fundo Amazônia, para além do apoio ao comando e controle, amparo às comunidades indígenas e implantação e análise de CAR, deve ter papel crucial no desenvolvimento da bioeconomia. Os recursos do fundo podem tanto iniciar a estruturação de novas cadeias quanto gerar ganho de escala para cadeias e negócios existentes, inclusive grandes projetos de restauração florestal de áreas públicas desmatadas e degradadas. Dentre as possíveis ações estão a aplicação prioritária na gestão do empreendimento, a assistência técnica e de gestão, o acesso a mercados, capital de giro, logística, tecnologia e prestação de serviços especializados.

Promoção da restauração em larga escala

Implementação do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg) e de programas estaduais de restauração de paisagens e vegetação nativa, com incentivos econômicos para conservação de ativos florestais privados. Fortalecer a implementação do Código Florestal por meio de incentivos econômicos para produtores em situação ambiental legal a fim de que mantenham a floresta em pé e possam ter acesso facilitado a mercados diferenciados e a linhas de crédito para boas práticas. Mais um ponto importante é o fomento a outros instrumentos econômicos como o pagamento por serviços ambientais, que podem favorecer a redução do desmatamento em imóveis rurais privados.

Estruturação dos sistemas jurisdicionais de Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD+) dos estados amazônicos. Considerando que uma grande área desmatada na Amazônia está em terras públicas (Moutinho e Azevedo-Ramos, 2016; Azevedo-Ramos et al., 2020), é essencial a estruturação dos sistemas jurisdicionais de REDD+ dos estados amazônicos

com a finalidade de fortalecer suas estruturas jurídico-institucionais para a implementação dos seus Planos Estaduais de Prevenção e Controle do Desmatamento. Essa estruturação é necessária para mobilizar recursos nacionais e internacionais, públicos e privados, para a execução das ações de redução dos desmatamentos e para fomentar atividades voltadas a pesquisa científica, aplicação de tecnologias, inovação, empreendedorismo e negócios vinculados ou derivados de ativos ambientais.

Apoio à economia sustentável em Territórios Indígenas com protagonismo dos próprios povos indígenas. Dentre as principais necessidades estão estratégias para escoamento dos produtos em regiões remotas, valorização e retenção de lucro entre os elos indígenas da cadeia de suprimentos, apoio para certificações, educação financeira e melhores práticas tecnológicas de agregação de valor aos produtos florestais. Essas ações devem ser implementadas de forma participativa, valorizando o conhecimento tradicional e envolvendo representações políticas dos Povos Indígenas. Profissionais indígenas devem protagonizar o planejamento e a operacionalização das cadeias produtivas, da produção à comercialização.

Criação de um arcabouço metodológico e de taxonomias que orientem o mercado financeiro e de capitais sobre os requisitos para investimentos verdes na Amazônia que promovam a redução das emissões e a preservação da biodiversidade. Para isso, é necessário um marco legal do mercado de carbono no Brasil, a partir de ampla discussão com a sociedade sobre o redirecionamento de subsídios que, progressivamente, migrariam de atividades intensivas em carbono para o desenvolvimento de tecnologias e para a implementação de práticas produtivas de baixa emissão em toda a economia. O potencial de recursos, doméstico e internacional, é grande. É preciso fazer dessas fontes um novo *mainstream* de financiamento.



Comunidade da Ilha do Combu em Belém, Pará. Foto: Nayara Jinknss/WRI Brasil.

Bibliografia

- ABIOVE Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (2022a). *Estatísticas mensais do complexo soja*. ABIOVE. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas/>.
- ABIOVE Associação Brasileira da Indústria de Óleos Vegetais (2022b). *Moratória da Soja: relatório 14º ano*. ABIOVE. Disponível em: <https://abiove.org.br/relatorios/moratoria-da-soja-relatorio-14o-ano/>.
- Abramovay, R. (2022). *Infraestrutura para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. São Paulo: Editora Elefante.
- Abreu, G. (2021). *Sistema de regularização fundiária do Pará é referência para outros estados e será implantado em Roraima*. 29 de abril de 2021. Agência Pará. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/27879/sistema-de-regularizacao-fundiaria-do-para-e-referencia-para-outros-estados-e-sera-implantado-em-roraima>.
- AEB Anuário Estatístico do Brasil (1947). *Anuário Estatístico do Brasil 1940-1945*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Agência Senado (2022). *Cadastro Ambiental Rural deve ser melhor fiscalizado, apontam especialistas na CMA*. 25 de maio de 2022. Senado Federal. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2022/05/25/cadastro-ambiental-rural-deve-ser-melhor-fiscalizado-apontam-especialistas-na-cma-1>.
- Aker, J. C. (2010). *Information from markets near and far: mobile phones and agricultural markets in Niger*. American Economic Journal: Applied Economics 2(3): 46-59.
- Ali, S. et al. (2017). *Mineral supply for sustainable development requires resource governance*. Nature 543: 367-372.
- Aliança pela Restauração na Amazônia (2020). *Panorama e caminhos para a restauração de paisagens florestais na Amazônia*. Aliança. Disponível em: https://aliancaamazonia.org.br/wp-content/uploads/2021/06/PAPER_ALIANCA_PT_2020_FINAL.pdf.
- Almeida, C. F. (2008). *Elaboração de rede de transporte multimodal de carga para a região amazônica sob o enfoque de desenvolvimento econômico*. Tese (Doutorado). Brasília: FT/UnB.
- Alves, E. S., Silva e Souza, G. & Rocha, D.P. (2012). *Lucratividade da Agricultura*. Revista de Política Agrícola 21(2): 45-63.
- Alves, J. et al. (2022). *O papel da regeneração natural assistida para acelerar a restauração de paisagens e florestas: experiências práticas ao redor do mundo*. São Paulo: WRI Brasil. Disponível em: <http://doi.org/10.46830/wriipn.21.00081pt>.
- Amapá (2021). *Luz para Viver Melhor: Governo leva energia para 152 comunidades do Amapá*. 22 de janeiro de 2021. Governo do Amapá. Disponível em: Governo do Amapá: <https://www.portal.ap.gov.br/noticia/2201/luz-para-viver-melhor-governo-leva-energia-para-152-comunidades-do-amapa>.
- Amaral, A. C. (2022). *Mineradoras são contra projeto de Bolsonaro sobre mineração em terras indígenas*. 15 de março de 2022. Folha de São Paulo. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/03/mineradoras-sao-contraprojeto-de-bolsonaro-sobre-mineracao-em-terras-indigenas.shtml>.
- Amaral, S. et al. (2006). *Redes e conectividades na estruturação da frente de ocupação do Xingu-Iriri-Pará*. Geografia 31(3): 655-675.
- Amazon Watch (2019). *Complicity in destruction II: how northern consumers and financiers enable Bolsonaro's assault in the Brazilian Amazon*. 25 de abril de 2019. Amazon Watch. Disponível em: <https://amazonwatch.org/news/2019/0425-complicity-in-destruction-2>.
- Amazônia 2030 (2020). *Mercado de trabalho na Amazônia Legal: uma análise comparativa com o resto do Brasil*. Rio de Janeiro: PUC-Rio/Amazônia 2030. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Relatorio-Final-Mercado-de-Trabalho-na-Amazonia.pdf>.

Amazônia 4.0 Instituto Amazônia 4.0 (2021). *Amazônia 4.0: viva o futuro com a floresta*. Amazônia 4.0. Disponível em: <https://amazonia4.org/>.

Amiel, F., Muller, A. & Laurans, Y. (2018). *Produire un cacao durable: à quelles conditions ?* Décryptage 14:1-4.

Amnesty International (2020). *Da floresta à fazenda: gado bovino criado ilegalmente na Amazônia Brasileira encontrado na cadeia de fornecimento da JBS*. 15 de junho de 2020. Anistia Internacional. Disponível em: <https://www.amnesty.org/en/documents/amr19/2657/2020/bp/>.

Amorim, J. & Lopes, D. (2017). *Estudos de viabilidade da hidrovía do Tapajós-Teles Pires-Juruena*. XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte ANPET2. Disponível em: http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/documentos/2017/Aspectos%20Economicos%20Sociais%20Politicos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Economia%20dos%20Transportes%20II/4_394_AC.pdf.

ANAC Agência Nacional de Aviação Civil (2021a). *Lista de aeródromos civis cadastrados*. ANAC. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/lista-de-aerodromos-civis-cadastrados>.

ANAC Agência Nacional de Aviação Civil (2021b). *RBAC-E 94 - Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil – Emenda 2*. Brasília: ANC.

ANAC Agência Nacional de Aviação Civil (2022). *Em dois anos, Programa Voo Simples possui 70 iniciativas que visam a modernização, desburocratização e eficiência do setor aéreo*. 25 de outubro de 2022. ANAC. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2022/em-dois-anos-programa-voo-simples-possui-70-iniciativas-que-visam-a-modernizacao-desburocratacao-e-eficiencia-do-setor-aereo>.

ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações (2022). *Painel de Dados*. ANATEL. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/infraestrutura/panorama>.

Andrade, L. M. (2018). *Antes a água era cristalina, pura e sadia: percepções quilombolas e ribeirinhas dos impactos e riscos da mineração em Oriximiná, Pará*. São Paulo: Comissão Pró-Índio de São Paulo. Disponível em: https://cpisp.org.br/wp-content/uploads/2019/02/Antes_agua_era_cristalina.pdf.

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica (2022). *Resultados dos leilões de expansão da geração e transmissão de energia elétrica e de sistemas isolados*. ANEEL. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/leiloes>.

Anfavea Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2022). *Anuário da indústria automobilística Brasileira*. São Paulo: Anfavea. Disponível em: <https://anfavea.com.br/anuario2022/2022.pdf>.

Angelo, H., Silva, J. C., Almeida, A. N. & Pompermayer, R. (2014). *Análise Estratégica do Manejo Florestal na Amazônia Brasileira*. Floresta 44(3): 341-348.

ANM Agência Nacional de Mineração (2020). *Anuário Mineral Brasileiro (AMB)*. Brasília: ANM. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/anuario-mineral-brasileiro-amb>.

ANM Agência Nacional de Mineração (2021). *Distribuição CFEM*. Brasília: ANM. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/distribuicao_cfem_ano.aspx?ano=2021.

ANP Agência Nacional de Petróleo (2021a). *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis*. Rio de Janeiro: ANP. Disponível em: <https://www.gov.br/anp> e <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes>.

ANP Agência Nacional do Petróleo (2021). *Mistura de biodiesel ao diesel passa a ser de 13% a partir de hoje*. 01 de março de 2021. ANP. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/mistura-de-biodiesel-ao-diesel-passa-a-ser-de-13-a-partir-de-hoje-1-3.

ANTAQ Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2018). *Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros e cargas na Região Amazônica*. Brasília/Belém: Antaq/UFPA.

ANTAQ Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2021). *Anuário ANTAQ*. ANTAQ. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>.

ANTF Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (2023). *Mapa ferroviário*. Brasília: ANTF. Disponível em: <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>.

APIB Articulação dos Povos Indígenas do Brasil (2022). *Cumplicidade na destruição: como mineradoras e investidores internacionais contribuem para a violação dos direitos indígenas e ameaçam o futuro da Amazônia*. Brasília: APIB/Amazon Watch. Disponível em: <https://cumplicidadedestruicao.org/assets/files/2022-Cumplicidade-na-destruicao-IV.pdf>.

Arruda, E. F. (2018). *Modelo de otimização para avaliação de veículos leves como alternativa em frotas de compartilhamento*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

Assad, E. D. et al. (2020). *Role of ABC Plan and Planaveg in the adaptation of Brazilian agriculture to climate change*. São Paulo: WRI Brasil. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/Working-Paper-Adaptation-ENGLISH.pdf>.

Assad, E. D. et al. (2021). *Potencial de mitigação de gases de efeito estufa das ações de descarbonização na pecuária até 2030*. São Paulo: Observatório da Bioeconomia. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio_potencial_de_mitigacao_de_gee_pecuaria_2112.pdf

Assad, E. D. et al. (2022). *Adaptation and resilience of agricultural systems to local climate change and extreme events: an integrative review*. Pesquisa Agropecuária Tropical 52: e72899.

Azevedo, A. A. et al. (2017). *Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation*. PNAS 114(29):7653-7658.

Azevedo, V. C. (2022). *A importância socioeconômica da aviação regional na Amazônia*. Trabalho

(Conclusão de Curso). FT/PUC Goiás. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/5307>.

Azevedo-Ramos, C. et al. (2020). *Lawless land in no man's land: the undesignated public forests in the Brazilian Amazon*. Land Use Policy 98: e104863.

Bacen Banco Central do Brasil (2022). *Matriz de dados do crédito rural (MDCR)*. Rio de Janeiro: BACEN. Disponível em: <https://dadosabertos.bcb.gov.br/dataset/matrizdadoscreditorural>.

Badger, J. et. (2022). *Global wind atlas*. Energy Sector Management Assistance Program. ESMAP/World Bank. Disponível em: <https://globalwindatlas.info/>.

Baker, J. C. et al. (2021). *Evapotranspiration in the Amazon: spatial patterns, seasonality, and recent trends in observations, reanalysis, and climate models*. Hydrology and Earth System Sciences 25(4):2279-2300.

Banco Mundial (2020). *Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres*. Florianópolis: Banco Mundial/CFDRR/FAPEU/UFSC/CEPED. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/danos_e_prejuizos_versao_em_revisao.pdf.

Bandura, R., McKeown, S. & Silveira, F. M. (2020). *Sustainable Infrastructure in the Amazon: Brazil Country Case Study*. Washington: Center for Strategic & International Studies (CSIS). Disponível em: https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/201022_Bandura_Sustainable_Infrastructure_Amazon_Brazil.pdf.

Baptista, L. B. (2020). *Aprimoramento do modelo de análise integrada blues e estudo de caso para os shared socioeconomic pathways*. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

Barber, C. P., Cochrane, M. A., Souza Jr, C. M. & Laurance, W. F. (2014). *Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon*. Biological Conservation 177:203-209.

Barlow, J. & Peres, C. A. (January de 2006). *Effects of single and recurrent wildfires on fruit production*

- and large vertebrate abundance in a central amazonian forest. *Biodiversity & Conservation* 15(3): 985-1012.
- Barra, P. (2021). *Potencial produtivo de comunidades remotas na Amazônia: a partir do acesso à energia elétrica*. São Paulo: WWF Brasil. Disponível em: https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/estudo_abordagemterritorial_final_v2.pdf.
- Barreto, P. et al. (2021). *Políticas para desenvolver a pecuária na Amazônia sem desmatamento*. Belém: Imazon. Disponível em: https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2021/09/pecuaria-extrativa_final_Paulo-Barreto-1.pdf.
- Barron-Gafford, G. A. et al. (2019). *Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands*. *Nature Sustainability* 2(9): 848–855.
- Barros, A. et al. (2020). *Sustainable infrastructure to secure the natural capital of the Amazon: building the future of quality infrastructure*. In ADBI, A. D. Building the Future of Quality Infrastructure. Tóquio: Asian Development Bank Institute.
- Bartholomeu, D. B., Péra, T. G. & Caixeta-Filho, J. V. (2016). *Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário de cargas*. *Journal of Transport Literature* 10(3):15-19.
- Bartoli, E. (2018). *Cidades na Amazônia, sistemas territoriais e a rede urbana*. *Mercator* 17:1–16.
- Bauen, A. B. et al. (2020). *Sustainable aviation fuels: status, challenges and prospects of drop-in liquid fuels, hydrogen and electrification in aviation*. *Johnson Matthey Technology Review* 64(3): 263-278.
- Baumol, W. J. & Oates, W.E. (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Becker, B. (2005). *Geopolítica da Amazônia*. *Estudos Avançados* 19:71-86.
- Benioff, M. (2018). *The social responsibility of business*. 24 de outubro de 2018. *The New York Times*. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2018/10/24/opinion/business-social-responsibility-proposition-c.html>.
- Bergamo, D., Zerbini, O., Pinho, P. & Moutinho, P. (2022). *The Amazon bioeconomy: beyond the use of forest products*. *Ecological Economics* 199:107448
- Biofuture Platform (2018). *Creating the biofuture: a report on the state of the low carbon bioeconomy*. Brasília: Biofuture Platform. Disponível em: http://www.biofutureplatform.org/_files/ugd/dac106_f28f692c4e9242d9b4552da29e612a74.pdf?index=true.
- BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2021). *Soluções de finanças sustentáveis*. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/solucoes-financas-sustentaveis/solucoes-de-financas-sustentaveis/>.
- BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2022). *Fundo Amazônia: relatório de Atividades 2021*. Brasília: BNDES. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/biblioteca/fundo-amazonia/relatorios-anuais/>.
- BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2023a). *Operações indiretas automáticas*. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <https://dadosabertos.bndes.gov.br/dataset/0f335c85-92a8-4343-9423-f073fb40774e/resource/9534f677-9525-4bf8-a3aa-fd5d3e152a93/download/operacoes-financiamento-operacoes-indiretas-automaticas.csv>.
- BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2023b). *Soluções de finanças sustentáveis*. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/solucoes-de-financas-sustentaveis>.
- Boekhout van Solinge, T. (2014). *Researching illegal logging and deforestation*. *International Journal for Crime, Justice and Social Democracy* 3(2):35-48.
- Boston Consulting Group (2021). *O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil*. São Paulo: Anfavea/BCG. Disponível em <https://web-assets.bcg.com/5b/29/e20c1ac64db99f7f07bcb694ffce/bcg-caminhos-da-descarbonizacao-auto-aug-2021.pdf>.

- Bouman, E. A., Lindstad, E., Riialand, A. I. & Strømman, A. H. (2017). *State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping: a review*. Transportation Research Part D: Transport and Environment Part A (52): 408-421
- Bourscheit, E. et al. (2021). *Sob a pata do boi: como a Amazônia vira pasto*. Associação O Eco. Disponível em: <https://oeco.org.br/publicacoes/oeco-lanca-ebook-sob-a-pata-do-boi-como-a-amazonia-vira-pasto-saiba-como-baixar/>.
- Bradley, S. (2020). *Mining's impacts on forests: aligning policy and finance for climate and biodiversity goals*. Research Paper. Chatham House. Disponível em: <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2020-10/2020-10-14-minings-impacts-forests-bradley.pdf>.
- Brasil (2010). *Decreto 7.246, 28 de julho de 2010*. Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/decreto/D7246.htm
- Brasil (2012). *Lei de Proteção da Vegetação Nativa Nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm#:~:text=Esta%20Lei%20estabelece%20normas%20gerais,n%C2%BA%20571%2C%20de%202012.
- Brasil (2017). *Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa*. Brasília: MMA. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/politica-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa/planaveg_plano_nacional_recuperacao_vegetacao_nativa.pdf.
- Brasil (2020a). *Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel*. Brasília: MDA. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mda/biodiesel/arquivos/cartilha-do-programa-nacional-de-producao-e-uso-de-biodiesel-pnpb.pdf>.
- Brasil (2020b). *Quarta comunicação nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília: MCTI. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4782>.
- Brasil (2021). *Plano Nacional de Fertilizantes*. Brasília: Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos/ MAPA. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/o-plano-nacional-de-fertilizantes>.
- Brasil Mineral (2022). *CREC investe R\$ 1,5 bilhão em rejeitos de garimpo*. 30 de Março de 2022. Brasil Mineral. Disponível em: Brasil Mineral: <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/crec-investe-r-15-bilhao-em-rejeitos-de-garimpo>.
- BrasilSofts (2023). *Homer Pro*. Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources. Disponível em: <https://brasilsofts.com/produto/homer-pro/>.
- Brito, B. et al. (2019). *Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon*. Environmental Research Letters 14:064018.
- Broadband Commission. (2012). *The Broadband Bridge: linking ICT with climate action for a low-carbon economy*. Geneva: UNESCO.
- Brondízio, E. S. (2004). *From staple to fashion food*. In Zarin, D., Alavalapati, J., Putz, F & Schmink M. Working forests in the Neotropics: conservation through sustainable management? New York: Columbia University Press.
- Brown, C. & Czerniewicz, L. (2010). *Debunking the 'digital native': beyond digital apartheid, towards digital democracy*. Journal of Computer Assisted Learning 26(5):357-369.
- Bugge, M. M., Hansen, T. & Klitkou, A. (2016). *What is bioeconomy? A review of the literature*. Sustainability 8: 691.
- Calmon, M. et al. (2021). *Investimento em reflorestamento com espécies nativas e sistemas agroflorestais no Brasil: uma avaliação econômica*. São Paulo: WRI Brasil. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/investimento-em-reflorestamento-com-especies-nativas-e-sistemas-agroflorestais-no>.
- Calzavara, B. B. (1972). *As possibilidades do açaizeiro no estuário amazônico*. Belém: FCAP (Vol. Boletim 05). Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jsui/handle/123456789/363>.

- Câmara dos Deputados (2018). Câmara cria CPI para investigar vazamento de rejeitos de mineração em Barcarena, Pará. 04 de Julho de 2018. Câmara dos Deputados. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/541567-camara-cria-cpi-para-investigar-vazamento-de-rejeitos-de-mineracao-em-barcarena-para/>.
- Campiglio, E. (2016). *Beyond carbon pricing: the role of banking and monetary policy in financing the transition to a low-carbon economy*. Ecological Economics 121:220-230.
- Campos, A. (2019). *Pão de Açúcar suspende compra de carne após denúncias de trabalho escravo*. 18 de setembro de 2019. Repórter Brasil. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2019/09/pao-de-acucar-suspende-compra-de-carne-de-fornecedores-autuados-por-trabalho-escravo/>.
- Carimentrand, A. (2020) *Cacao : etat des lieux sur la déforestation et les standards de durabilité*. Abidjan: CIRAD. Disponível em: https://agritrop.cirad.fr/596409/1/Revue%20litt%C3%A9rature_certification%20CACAO_Carimentrand_CST%20For%C3%AAts.pdf.
- Carlos, S. et al. (2022). *Custos da recuperação de pastagens degradadas nos estados e biomas brasileiros*. São Paulo: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/eesp_relatorio_pasto-ap3_ajustado_0.pdf.
- Castelani, S. A. (2013). *Forest and cities: essays on urban growth and development in the Brazilian Amazon*. Tese (Doutorado). São Paulo: FEA/USP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-06022014-171117/publico/SergioAndreCastelaniVC.pdf>.
- Castro, E. & do Carmo, E. (2019). *Dossiê desastres e crimes da mineração em Barcarena*. Belém: NAEA Editora.
- CBI Climate Bond Initiative (2021). *Análise de mercado América Latina & Caribe*. CBI/BID/GB-TAP. Disponível em: https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_lac_2020_pt_02d.pdf.
- CGEE Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2013). *Plano de Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento da Amazônia Legal*. Brasília: CGEE. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/PCTIAmazonia_miolo_impressao_Web_9526.pdf/063fc289-7420-429b-ace7-025fcc7b42d7?version=1.5.
- CGEE Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2021). *Oportunidades e Desafios da Bioeconomia – Relatório Integrado*. Brasília: CGEE. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_ODBio_Rel_Int.pdf.
- Chazdon, R. L. et al (2016). *When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration*. Ambio 45: 538-550.
- Chein, F. & Procópio, I. V. (2022). *As cidades na Amazônia Legal: diagnóstico, desafios e oportunidades para urbanização sustentável*. Amazônia 2030. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AMZ-31.pdf>.
- Chelala, C., Chelala, C. & Almeida Carvalho, A. C. (2022). *Entraves para o desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia*. In Gomes A.F et al. (orgs.) *Mestrado em desenvolvimento regional: 15 anos, na busca de sinergias, possibilidades e expectativas de desenvolvimento*. Maringá: Uniedusul.
- Christensen, L. (1975). *Concepts and measurement of agricultural productivity*. American Journal of Agricultural Economics 57(7): 910-915.
- Church, C. & Crawford, A. (2020). *Minerals and the metals for the energy transition: exploring the conflict implications for mineral-rich, fragile states*. In Hafner, M. & Tagliapietra, S. (eds.) *The Geopolitics of the Global Energy Transition*. Cham: Springer.
- CNA Confederação Nacional da Agricultura (2022). *Nota Técnica n. 20/2022: síntese do plano agrícola e pecuário 2022/2023*. Brasília: CNA. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/storage/arquivos/files/Nota-Tec.-PAP-1julho2022.pdf>.
- CNT Confederação Nacional do Transporte (2022). *Pesquisa CNT de rodovias 2022*. Brasília: CNT/SEST/SENAT. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/#>.

- Coalizão Brasil Clima, Floresta e Agricultura (2020). *A rastreabilidade da cadeia da carne bovina no Brasil: desafio e oportunidades*. Coalizão. Disponível <https://www.coalizaobr.com.br/boletins/pdf/A-rastreabilidade-da-cadeia-da-carne-bovina-no-Brasil-desafios-e-oportunidades-relatorio-final-e-recomendacoes.pdf>.
- Coalizão Brasil Clima, Floresta e Agricultura (2022). *O Brasil que vem: propostas para a agenda agroambiental do país a partir de agora*. Coalizão. Disponível em: <https://www.coalizaobr.com.br/home/phocadownload/2022/O-Brasil-que-vem-Nota-tecnica.pdf>.
- Coelho, T. P. (2015). *Projeto Grande Carajás: trinta anos de desenvolvimento frustrado*. Marabá: Iguana.
- Coelho ST et al. (eds.) (2020). *Municipal solid waste energy conversion in developing countries*. Technologies, best practices, challenges and policy. Elsevier.
- ComexStat (2021). *Estatísticas de Comércio Exterior em Dados Abertos*. Secretaria de Comércio Exterior. Disponível em: <https://www.gov.br/produktividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/comercio-exterior/estatisticas/base-de-dados-bruta>.
- Condé, M. T., Higuchi, N. & Lima, J. N. (2019). *Illegal selective logging and forest fires in the Northern Brazilian Amazon*. *Forests*, 10(1):61.
- Convergence Blended Global Finance (2021). *The state of blended finance*. Convergence. Disponível em: <https://www.convergence.finance/resource/state-of-blended-finance-2022/view>
- Correia-Silva, D. C., Simões, J. E. & Oliveira C. C. (2017). *Relação entre desempenho econômico e consumo de eletricidade no Brasil*. *Reflexões Econômicas* 2(2): 98-118.
- Cosbey, A. et al. (2016). *Mining a mirage? Reassessing the shared-value paradigm in light of the technological advances in the mining sector*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- Costa, F. A. (2008). *Heterogeneidade estrutural e trajetórias tecnológicas na produção rural da Amazônia*. In Batistella, M., Moran, E. F. & Alves, D. S.(eds.) *Amazônia: natureza e sociedade em transformação*. São Paulo: Edusp.
- Costa, F. A. (2009). *Trajетórias tecnológicas como objeto de política de conhecimento para a Amazônia: uma metodologia de delineamento*. *Revista Brasileira de Inovação* 8(1): 35-86.
- Costa, F. A. (2010). *Mercado e produção de terras na Amazônia: avaliação referida a trajetórias tecnológicas*. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas* 5: 25-39.
- Costa, F. A. (2011). *Políticas de contenção de desmatamento, produção e mercado de terras na Amazônia: um ensaio sobre a economia local do Sudeste Paraense usando Contas Sociais Alfa (CSa)*. *Revista Estudos Econômicos* 41(3): 621-646.
- Costa, F. A. (2014). *Dinâmicas produtivas e inovativas: perspectivas para o desenvolvimento sustentável da Região Norte*. In Siffert Filho, N.F., Santiago, M.C., Magalhães, W.A & Lastres, H.M.M (orgs.) *Um olhar territorial para o desenvolvimento: Amazônia*. Rio de Janeiro: BNDES.
- Costa, F. A. (2016). *Contributions of fallow lands in the Brazilian Amazon to CO₂ balance, deforestation and the agrarian economy: inequalities among competing land use trajectories*. *Elementa: Science of the Anthropocene* 4: 000133.
- Costa, F. A. (2021). *Structural diversity and change in rural Amazonia: a comparative assessment of the technological trajectories based on agricultural censuses (1995, 2006 and 2017)*. *Nova Economia* 31(2): 415-453.
- Costa, F. A., Andrade, W. D. & Silva, F. C. (2006). *O arranjo produtivo de frutas na região polarizada por Belém do Pará*. In Cassiolato, J. E., Lastres, H. M. & Szapiro, M. (orgs.) *Arranjos produtivos locais: novas políticas para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: E-Papers.
- Costa, F. A. & Fernandes, D. A. (2016). *Dinâmica agrária, instituições e governança territorial para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. *Revista de Economia Contemporânea* 20: 517-518.
- Costa, F. A. et al. (2021). *Complex, diverse and changing agribusiness and livelihood systems in the Amazon*. In Nobre, C.A. et al (orgs.) *Amazon Assessment Report 2021*. New York: United Nations Sustainable Development Solutions Network.

- Costa, F. A. et al. (2022). *Uma bioeconomia inovadora para a Amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical*. São Paulo: WRI Brasil. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/uma-bioeconomia-inovadora-para-amazonia-conceitos-limites-e-tendencias-para-uma>
- Costa, F. G., Caixeta-Filho, J. V. & Arima, E. (2019). *Influência do transporte no uso da terra: o potencial de viabilização da produção de soja na Amazônia Legal devido ao desenvolvimento da infra-estrutura de transportes*. Revista de Economia e Sociologia Rural 39(2): 27-50.
- Cunha, B. S. (2019). *Desenvolvimento de um modelo global de equilíbrio geral computável para avaliação de políticas climáticas: o papel da mudança de dieta*. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- Cunha, B. S., Garaffa, R. & Gurgel, A. (2020). *TEA model documentation*. São Paulo: FGV EESP – FGVAGRO n.001. Working Paper Series 520.
- Davila-Vilchis, J. M. & Mishra, R. S. (2014). *Performance of a hydrokinetic energy system using an axial-flux permanent magnet generator*. Energy 65:631-638
- De Oliveira, F. C. & Coelho, S.T. (2017). *History, evolution, and environmental impact of biodiesel in Brazil: a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 75: 168-179.
- De Oliveira, L. K., Oliveira, B.R.P & Correia, V.A. (2014). *Simulation of an urban logistic space for the distribution of goods in Belo Horizonte, Brazil*. Procedia-Social and Behavioral Sciences 125: 496-505.
- Dechen, S. F., Telles, T. S., Guimarães, M. & de Maria, I. C. (2015). *Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo*. Bragantia 74(2): 224-233.
- Delgado, M. & Mills, K. G. (2020). *The supply chain economy: a new industry categorization for understanding*. Research Policy 49(8):104039.
- Denatran Departamento Nacional de Trânsito (2021). *Estatísticas: frota de veículos*. Brasília: Denatran. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-senatran>.
- Di Lascio, M. A. & Barreto, E. J. (2009). *Energia e desenvolvimento sustentável para a Amazônia rural brasileira: eletrificação de comunidades isoladas*. Brasília: MME.
- Dida, J. J., Tiburan Jr, C. L., Tsutsumida, N. & Saizen, I. (2021). *Carbon stock estimation of selected watersheds in Laguna, Philippines using InVEST*. Philippine Journal of Science 150(2): 501-513.
- Dietzenbacher, E., Linden, J. & Steenge, A. (1993). *The regional extraction method: EC input-output comparisons*. Economic Systems Research 5: 185-206.
- DNIT Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2021). *Vgeo: visualizador de dados do DNITGeo*. Brasília: DNIT. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>.
- Drummond, J. A. (2000). *Investimentos privados, impactos ambientais e qualidade de vida num empreendimento mineral amazônico - o caso da mina de manganês de Serra do Navio (Amapá)*. História, Ciências, Saúde - Manguinhos (6):753 - 792.
- Eletrobras (2021). *Programa Luz para Todos*. Brasília: MME. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Luz-para-Todos.aspx>.
- Enriquez, M. A. (2008). *Mineração: maldição ou dádiva*. São Paulo: Signus.
- Enriquez, M. A. et al. (2018). *Contradições do desenvolvimento e o uso da CFEM em Canaã dos Carajás (PA)*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas.
- EPE Empresa de Pesquisa Energética (2020a). *Projeções dos preços dos combustíveis líquidos para atendimento aos sistemas isolados e usinas da região sul em 2021*. Brasília/Rio de Janeiro: MME/EPE.
- EPE Empresa de Pesquisa Energética (2020b). *PNE 2050 - Plano Nacional de Energia*. Brasília/Rio de Janeiro: MME/EPE.

- EPE Empresa de Pesquisa Energética (2021a). *Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados Horizonte 2025 Ciclo 2020*. Brasília/Rio de Janeiro: MME/EPE.
- EPE Empresa de Pesquisa Energética (2021b). *Balanço Energético Nacional 2021*. Brasília/Rio de Janeiro: MME/EPE.
- EPE Empresa de Pesquisa Energética (2022). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica*. Brasília/Rio de Janeiro: MME/EPE.
- Euler, A. M. & Ramos, C. A. (2021). *Marajó conectado: como a internet pode melhorar a vida da juventude marajoara no contexto da pandemia e da bioeconomia*. Macapá: Embrapa Amapá. Nota Técnica 005.
- Fagan, M. E., et al. (2020). *How feasible are global forest restoration commitments?* Conservation Letters 13(2): e12700.
- FAO Food and Agriculture Organization (2017). *The Future of food and agriculture: trends and challenges*. Rome: FAO.
- FAO Food and Agriculture Organization (2021). *The state of food security and nutrition in the World 2021: transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. Rome: FAO.
- Fearnside, P. M. (1986). *Spatial concentration of deforestation in the Brazilian Amazon*. Ambio 15(2): 74-81.
- Fellows, M., et al. (2021). *Amazônia em chamas: desmatamento e fogo nas terras indígenas*. Brasília: IPAM.
- Feltran-Barbieri, R. & Féres, J. G. (2021). *Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration*. The Royal Society Open Science 8:201854.
- Ferreira, A. L. & Silva, F. B. (2021). *Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal*. Revista Brasileira de Energia 27(3): 135-154.
- Ferreira Filho, J. B. & Mark, H. (2014). *Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil*. Land Use Policy 36:595-604.
- FiBraS Finanças Brasileiras Sustentáveis. (2020). *O mercado emergente de finanças verdes no Brasil: principais participantes, produtos e desafios*. Brasília: GIZ/Lab/Febraban.
- FiBraS Finanças Brasileiras Sustentáveis (2021). *Taxonomia em finanças sustentáveis: panorama e realidade nacional*. Brasília: GIZ/Lab/ABDE/CVM.
- Filho, E. C., Loureiro, S. M., Filho, C. F. & Bertaso, J. M. (2020). *Impactos socioambientais da mineração sobre povos indígenas e comunidades ribeirinhas na Amazônia*. Manaus: Editora UEA.
- FIRJAN Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (2020). *IFDM 2018 - Índice FIRJAN de desenvolvimento municipal*. Rio de Janeiro: Firjan. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/ifdm/>.
- Fleury, P. F. (2012). *Logística no Brasil: situação atual e transição para uma economia verde*. Rio de Janeiro. FBDS/BNDES.
- Frischtak, C. R. & Mourão, J. (2017). *Uma Estimativa do Estoque de Capital de Infraestrutura no Brasil*. Rio de Janeiro: IPEA.
- Furtado, C. (1959/2005). *Formação econômica do Brasil*. 32 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- G20 Grupo dos 20 (2019). *Principles of quality infrastructure*. Group of the Twenty, Annex 6 of the Osaka Declaration. Disponível em: https://www.mof.go.jp/english/international_policy/convention/g20/annex6_1.pdf.
- Garcia-Drigo, I., Souza, L. I. & Piatto, M. (2021). *Do compromisso à ação: a trilha da carne bovina responsável na Amazônia brasileira*. Piracicaba: Imaflora.
- Gasques, J. &. (1997). *Crescimento e produtividade da agricultura brasileira*. Rio de Janeiro: IPEA.
- Gatti, L. V et al. (2021). *Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change*. Nature 595:388-393.

- Gatto, A. (2022). *The energy futures we want: a research and policy agenda for energy transitions*. Energy Research & Social Science 89:102639.
- Gerard et al, M. (2003). *Rare earth elements in the Amazon basin*. Hydrological Processes 17(7): 1379 - 1392.
- Gibbs, H. K et al. (2015). *Brazil's Soy Moratorium*. Science 347: 377-378.
- Gielen, D. (2021). *Critical minerals for the energy transition*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Global Witness. (2020). *Carne bovina, bancos e Amazônia Brasileira*. Global Witness. Disponível em: <https://www.globalwitness.org/pt/beef-banks-and-brazilian-amazon-pt/>.
- Gomes, D. (2021). *Imerys provoca crimes ambientais permanentes em Barcarena (PA)*. 14 de dezembro de 2021. Movimento pela Soberania Popular na Mineração. Disponível em: <https://www.mamnacional.org.br/2021/12/14/imerys-provoca-crimes-ambientais-permanentes-em-barcarena-pa/>.
- GRI Global Reporting Initiative (2023) Standards. GRI. Disponível em : <https://www.globalreporting.org/standards/>.
- Guedes, G., Costa, S. & Brondizio, E. (2009). *Revisiting the hierarchy of urban areas in the Brazilian Amazon: a multilevel approach*. Population and Environment 30(4-5): 159-192.
- Guilhoto, J. J.M. (2011). *Análise de Insumo-Produto: teoria e fundamento*. MPRA Paper n. 32566. Disponível em: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/2/MPRA_paper_32566.pdf.
- Guner, F. & Zenk, H. (2020). *Experimental, numerical and application analysis of hydrokinetic turbine performance with fixed rotating blades*. Energies 13(3) 766.
- Haddad, E. A. & Araújo, I. F. (2021). *The internal geography of services value-added in exports: A Latin American perspective*. Regional Science 100(3): 713-744.
- Haddad, E. A., Gonçalves Junio, C. & Nascimento, T. (2017). *Matriz interestadual de Insumo-produto para o Brasil: uma aplicação do método IIOAS*. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos 11(4): 424-446.
- Horewicz, M. C. (2019). *O Projeto Amazônia Conectada na integração da região Amazônica*. Monografia. Rio de Janeiro. – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército.
- Hutukara/Wanasseduume. (2022). *Yanomami sob ataque: garimpo ilegal na Terra Indígena Yanomami e propostas para combatê-lo*. Boa Vista: Hutukara Associação Yanomami/ Associação Wanasseduume Ye'kwana.
- IAMC Integrated Assessment Modeling Consortium. (2023). *Model Documentation - COFFEE-TEA*. IAMC. Disponível em: https://www.iamcdocumentation.eu/index.php/Model_Documentation_-_COFFEE-TEA.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018). *Matriz de Insumo-Produto 2015*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html>.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). *Censo Agropecuário 2017*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br>.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021a). *Efetivo dos Rebanhos, por tipo de rebanho*. Pesquisa da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939>.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021b). *Produção de origem animal, por tipo de produto*. Pesquisa da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021c). *Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias*. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021d). *Sistema de contas regionais: Brasil 2019*. Brasília: IBGE. Contas Nacionais n. 83.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021e). *Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo*. Pesquisa da Extração Vegetal e da Silvicultura. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021f). *Quantidade produzida e valor da produção na silvicultura, por tipo de produto da silvicultura*. Pesquisa da Extração Vegetal e da Silvicultura. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/291>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). *Número de informantes, Quantidade e Peso total das carcaças dos bovinos abatidos, no mês e no trimestre, por tipo de rebanho e tipo de inspeção*. Pesquisa Trimestral do Abate de Animais. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1092>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023). *Comissão Nacional de Classificação*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: IBGE: https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?option=com_cnae&view=atividades&Itemid=6160&tipo=cnae&chave=camu-camu&versao_classe=7.0.0&versao_subclasse=10.1.0.

Ibram, Instituto Brasileiro de Mineração. (2020). *Políticas Públicas para a Indústria Mineral*. Brasília: IBRAM.

ICMBio Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (2021). *Plano de Ação Nacional para conservação das espécies ameaçadas*. Brasília: MMA. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-ICMM>.

IDB Inter-American Development Bank. (2018). *What is sustainable infrastructure? A framework to guide sustainability across the Project Cycle*. Washigton: IDB. Technical Note 1388. Disponível em: <https://publications.iadb.org/en/what-sustainable-infrastructure-framework-guide-sustainability-across-project-cycle>.

IEA International Energy Agency. (2021). *Net Zero by 2050: a roadmap for global energy*. Paris: International Energy Agency.

IEMA Instituto de Energia e Meio Ambiente. (2018). *Acesso aos serviços de energia elétrica nas comunidades isoladas na Amazônia: mapeamento jurídico institucional*. São Paulo: IEMA.

IEMA Instituto de Energia e Meio Ambiente. (2020). *Exclusão elétrica na Amazônia Legal: quem ainda está sem acesso à energia elétrica?* São Paulo: IEMA Disponível em: <https://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2021/02/relatorio-amazonia-2021-bx.pdf>.

Imaflora Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (2018). *Relatório do 2º Workshop sobre Auditorias na Moratória da Soja*. Piracicaba: Imaflora. Disponível em: https://www.soyontrack.org/public/media/arquivos/1605801580-relatorio-webinar_protocolo_auditoria_msa_2018.pdf.

Imaflora, Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (2023). *Atlas da agropecuária brasileira*. Piracicaba: Imaflora. Disponível em: <https://atlasagropecuario.imaflora.org/>.

Imazon Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. (2021). *Sistema de monitoramento da exploração madeireira (Simex): mapeamento da exploração madeireira na Amazônia*. Imazon. Disponível: <https://imazon.org.br/publicacoes/sistema-de-monitoramento-da-exploracao-madeireira-simex-mapeamento-da-exploracao-madeireira-na-amazonia-agosto-2019-a-julho-2020/>.

Inesc Instituto de Estudos Socioeconômicos (2022). *Subsídios aos combustíveis fósseis no Brasil: conhecer, avaliar, reformar*. Brasília: Inesc. Disponível em: https://www.inesc.org.br/wp-content/uploads/2022/11/ESTUDO-COMBUSTIVEIS_final-1.pdf.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia (2022). *Dados históricos anuais*. Inmet. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2022). *Variáveis ambientais para modelagem de distribuição de espécies*. AMBDATA. INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/>.

- Instituto Trata Brasil (2022). *Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil*. São Paulo: Instituto Trata Brasil/Ex ante consultoria econômica.
- IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2019). *Atlas da violência*. Brasil: IPEA. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/>.
- IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2022). *População residente - 1º julho - estimativas*. IPEA.
- IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2023). *Taxa de juros nominal - Overnight/Selic*. IPEA. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?serid=38402>
- ISA Instituto SocioAmbiental (2023). *Povos Indígenas no Brasil: línguas*. ISA. Disponível em <https://pib.socioambiental.org/pt/L%C3%ADnguas>.
- Itaipu Binacional. (2021). **Geração. Itaipu Binacional**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>.
- ITU International Telecommunications Union. (2021). *Connectivity in the least developed countries: status report 2021*. ITU. Disponível em: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/connectivity-in-the-least-developed-countries-status-report-2021/>.
- ITU International Telecommunications Union. (2023). *DataHub*. ITU. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2022/December/CoreHouseholdIndicators.xls>.
- Jaffe, A. B. (2005). *A tale of two market failures: technology and environmental policy*. Ecological Economics 54(2-3):164-174.
- Jorgenson, D. W. (1966). *The embodiment hypothesis*. Journal of Political Economy 74(1): 1-17.
- Junior, H. D., Cavalcante, R.L., Galhardo, M.A., Macedo, W.N. (2012). *Energia solar fotovoltaica: um estudo de Caso na região amazônica*. Revista Geonorte 3(5):1303-1309.
- Kamakate, F. & Schipper, L. (2009). *Trends in truck freight energy use and carbon emissions in selected OECD countries from 1973 to 2005*. Energy Policy 37(10):3743-3751.
- Kent, P., Jensen, R. & Kongsted, A. (2014). *A comparison of three clustering methods for finding subgroups in MRI, SMS or clinical data: SPSS TwoStep Cluster analysis, Latent Gold and SNOB*. BMC Medical Research Methodology 14(1): 1-14.
- Kim, K., Roh, G., Kim, W. & et al. (2020). *A preliminary study on an alternative ship propulsion system fueled by ammonia: environmental and economic assessments*. Journal of Marine Science and Engineering 8(3):183.
- Kinnunen, P. H. & Kaksonen, A. H. (2019). *Towards circular economy in mining: opportunities and bottlenecks for tailings valorization*. Journal of Cleaner Production 228: 153 - 160.
- Koberle, A. (2018). *Implementation of land use in an energy system model to study the long-term impacts of bioenergy in Brazil and its sensitivity to the choice of agricultural greenhouse gas emissions factors*. Tese (doutorado). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/aKoberle.pdf>.
- Kozuba, J. & Mateusz, O. (2019). *Overview of historical and future trends of commercial aircraft fuel efficiency*. Acta Avionica 21(1):0003.
- Lanaro, L. R. (2021). *Engenharia de custos e otimização de projetos de hidroaviões: um estudo de caso de um sistema de transporte para a Amazônia*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/USP.
- Lapola, D. M. et al. (2014). *Pervasive transition of the Brazilian land-use system*. Nature Climate Change 4 (1):27-35.
- Lara, L. C. (2021). *Inclusão digital como política pública: avaliação dos instrumentos de ação pública para execução do Programa GESAC entre 2014 e 2021*. Trabalho (Conclusão de Curso). Brasília: FACE/UnB.
- Laurance, W. (2019). *The thin green line: scientists must do more to limit the toll of burgeoning infrastructure on nature and society*. The Ecological Citizen 3. Disponível em: <https://www.ecologicalcitizen.net/pdfs/thin-green-line.pdf>.

- Leão, G. et al. (2019). *Projeto CELCOM: Um processo de inclusão digital em comunidades isoladas através de redes comunitárias*. X Computer on the Beach. UFPA. Anais. pp. 666-675.
- Lense, G. E., Parreiras, T. C., Spalevic, V. & Avanzi, J. (2021). *Perdas de solo no estado de Rondônia, Brasil*. *Ciência Rural* 51(5): e20200460.
- Levis, C. (2018). *How people domesticated Amazonian Forests*. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5: 171.
- Levis, C. et al (2017) *Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition*. *Science* 355: 925-931.
- Lima, M. G. (2022). *Just transition towards a bioeconomy: four dimensions in Brazil, India and Indonesia*. *Forest Policy and Economics* 136: 102648.
- Lima, R. C., Harfuch, L. & Palauro, G. R. (2020). *Plano ABC: evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030*. São Paulo: Agroicone/Input. Disponível em: <https://www.inputbrasil.org/wp-content/uploads/2020/10/Agroicone-Estudo-Plano-ABC-2020.pdf>.
- Lima Filho, L. F., Bragança, A. & Assunção, J. (2021). *A economia da pecuária na Amazônia: grilagem ou expansão da fronteira agropecuária?* Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/a-economia-da-pecuaria-na-amazonia-grilagem-ou-expansao-da-fronteira-agropecuaria/>.
- Los, B., Timmer, M. & de Vries, G. (2016). *Tracing value-added and double counting in gross exports*. *American Economic Review* 106(4): 1958-1966.
- Loureiro, V. (2022). *Amazônia, colônia do Brasil*. Manaus: Valer.
- Loureiro, V. R. (1992). *Amazônia: Estado, homem e natureza*. Belém: CEJUP.
- Machado, I. F. & Figueiroa, S. F. (2020). *História da mineração brasileira*. Curitiba: CRV.
- Machado, P. M. O. et al. (2018). *Compra de alimentos da agricultura familiar pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE): estudo transversal com o universo de municípios brasileiros*. *Ciência Saúde Coletiva* 23(12):4153-4164.
- Maddox, T., Howard, P., Knox, J. & Jenner, N. (2019). *Forest-Smart Mining: identifying factors associated with the impacts of large-scale mining on forests*. Washington: World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32025>.
- Mahmoudi, M. & Parvisiomran, I. (2020). *Reusable packaging in supply chains: a review of environmental and economic impacts, logistics system designs, and operations management*. *International Journal of Production Economics* 228: 107730.
- Mankiw, G. (2020). *Principles of Economics*. Boston: Cengage Learning.
- Manzoli, B. et al. (2021). *Legalidade da Produção de Ouro no Brasil*. Belo Horizonte: ICG/UFMG.
- MAPA Ministério da Agricultura e Pecuária (2019). *Programa Bioeconomia Brasil Sociobiodiversidade*. Brasília: MAPA. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/hortalicas/2019/58a-ro/bioeconomia-dep-saf-mapa.pdf>.
- Mapbiomas (2020). *Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2019*. São Paulo: Projeto Mapbiomas. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatorios/MBI-relatorio-desmatamento-2019-FINAL5.pdf>.
- Mapbiomas. (2021). *Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020*. São Paulo: MapBiomas. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2020/RAD2020_MapBiomasAlerta_FINAL.pdf.
- Mapbiomas. (2022a). *Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2021*. São Paulo: MapBiomas. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2021/RAD2021_Completo_FINAL_Rev1.pdf.
- Mapbiomas, (2022b). *Coleção 7.1 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil*. São Paulo: MapBiomas. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>.
- Marazzo, M., Scherre, R. & Fernandes, E. (2021). *Air transport demand and economic growth in Brazil: A*

- time series analysis*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 46(2): 261-269.
- Marcucci, E., Gatta, V., Marciari, M. & Cossu, P. (2017). *Measuring the effects of an urban freight policy package defined via a collaborative governance model*. Research in Transportation Economics 65:3-9.
- Martinez-Fernandez, C. et al. (2012). *The shrinking mining city: urban dynamics and Contested Territory*. International Journal of Urban and Regional Research 6(2):245-60.
- Matiello, S. E. (2018). *Energia e desenvolvimento: alternativas energéticas para áreas isoladas da Amazônia*. Revista Presença Geográfica 10(1): 11-21.
- Mauler, L., et al. (2021). *Battery cost forecasting: a review of methods and results with an outlook to 2050*. Energy and Environmental Science 14(9): 4712-4739.
- Maurício, A., Morlin, G. & Callegari, I. (2022). *Tax maneuvers and mining: what's left for communities? Justiça nos Trilhos/Fastenaktion*. Disponível em: https://justicanostrilhos.org/wp-content/uploads/2022/08/Manobras-Relatorio_PT.pdf.
- Mbow, C. et al. (2019). *Food security*. In Shukla, P. et al. (orgs.) *Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- McKinsey Sustainability (2022). *The net-zero transition: what it would cost, what it could bring*. McKinsey. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/the-net-zero-transition-what-it-would-cost-what-it-could-bring>.
- MCTIC Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2018). *Plano de Ação em Ciência, tecnologia e inovação em bioeconomia*. Brasília: MCTIC.
- Meidute-Kavaliauskienė, I. et al. (2022). *Optimizing multi cross-docking systems with a multi-objective green location routing problem considering carbon emission and energy consumption*. Energies 15(4): 1530.
- Melhem, S. (2016). *Harnessing the internet for development*. Washington: World Bank.
- Mendes, F., Mota, A. & Silva, J. (2018). *O cultivo do cacauzeiro no estado do Pará*. Ilhéus: Ceplac.
- Merten, G. H. & Minella, J. P. (2013). *The expansion of Brazilian agriculture: soil erosion scenarios*. International Soil and Water Conservation Research 1(3):37-48.
- Mesquita, G. P. & Barreto, L. N. (2015). *Evaluation of mammals hunting in indigenous and rural localities in Eastern Brazilian Amazon*. Ethnobiology and Conservation 4(2):1-14.
- Miller, R. & Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: foundations and extensions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ministério da Economia (2019). *3º Orçamento de subsídios da União: relatório de benefícios tributários, financeiros e creditícios no período de 2003 a 2018*. Brasília: ME/Secap.
- MME Ministério de Minas e Energia. (2021). *Programa Mais Luz para a Amazônia*. Brasília: MME.
- MME Ministério de Minas e Energia (2022). *Investimento e custos operacionais e de manutenção no setor de biocombustíveis: 2023-2032*. Brasília: MME/EPE. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-343/topico-655/NT-EPE-DPG-SDB-2022-07_Investimentos_Custos_O_e_M_Bios_2023-2032.pdf.
- Moutinho, P., Guerra, R. & Azevedo-Ramos, C. (2016). *Achieving zero deforestation in the Brazilian Amazon: what is missing?* Elementa - Science of Anthropocene 4: 0000125.
- MPF Ministério Público Federal. (2015). *Roteiro de ação: desmatamento*. Brasília: MPF. <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr2/publicacoes/roteiro-atuacoes/docs-cartilhas/desmatamento.pdf>.
- MPF Ministério Público Federal. (2020). *Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas*. Brasília: MPF.
- MPF Ministério Público Federal. (2022). *Amazônia Protege*. Brasília: MPF. Disponível em: <http://amazoniaprotege.mpf.mp.br/>.

- MTE Ministério de Trabalho e Emprego (2020). *Relatório Anual de Informações Sociais*. Brasília: MTE. Disponível em: https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/caged_rais_vinculo_basico_tab.php .
- MTE, Ministério de Trabalho e Emprego (2023). *Base de dados CAGED e Rais*. TEM. Disponível em <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/> .
- Mu, Y. & Jones, C. (2022). *An observational analysis of precipitation and deforestation age in the Brazilian Legal Amazon*. Atmospheric Research 271: 106122.
- Museu Emílio Goeldi. (2023). *Línguas Indígenas da Amazônia*. Museu Goeldi. Disponível em: Museu Goeldi: <http://linguistica.museu-goeldi.br/> .
- Myers, N. et al. (2000). *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature 403: 853-858.
- Naran, B. et al. (2022). *Global landscape of climate finance: a decade of data 2011-2020*. San Francisco: Climate Policy Initiative. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/publication/global-landscape-of-climate-finance-a-decade-of-data/> .
- Nascimento, W. R., Vianna, M. A., De Miranda, M. G. & Ferreira, A. D. (2022). *Participação organizacional e comunitária em direção ao desenvolvimento sustentável local*. Revista Augustus 30(57): 209-223.
- Neri, M. (2022). *Mapa da Nova Pobreza*. Rio de Janeiro: FGV. Disponível em: <https://cps.fgv.br/MapaNovaPobreza> .
- Neves, F. S. & Folly, M. (2021). *Crimes ambientais como crime organizado: a extração ilegal do ouro na Amazônia*. Plataforma Cipó. Relatório Estratégico 04. Disponível em: https://plataformacipo.org/wp-content/uploads/2021/12/Relato%CC%81rio-Estrate%CC%81gico-4_v2.pdf .
- Neves, P. (2020). *Au Brésil, un gros fournisseur de Carrefour et Casino mêlé à la déforestation en Amazonie*. 25 de abril de 2020. Mediapart. Disponível em: <https://www.mediapart.fr/journal/international/250420/au-bresil-un-gros-fournisseur-de-carrefour-et-casino-mele-la-deforestation-en-amazone>
- Neves, S. S. (2019). *Wi-fi na Floresta: Uma comunidade rural amazônica em redes e as mudanças no espaço de sociabilidade*. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: CEH/UERJ. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/8852> .
- New Climate Economy (2016). *The sustainable infrastructure imperative*. NCE. Disponível em: <https://newclimateeconomy.report/2016/> .
- Nobre, C., A. et al. (2016). *Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm*. PNAS 113 (39) 10759-10768.
- Nolte, C., Agrawal, A. & Barreto, P. (2013). *Setting priorities to avoid deforestation in Amazon protected areas: are we choosing the right indicators?* Environmental Research Letters 8(1):015039.
- Nunes, S. & Silva, D. (2017). *Avaliação e modelagem econômica da restauração florestal no Estado do Pará*. Belém: Imazon. Disponível em https://imazon.org.br/PDFimazon/Ingles/books/Evaluation_forest%20restoration_PA.pdf .
- Oliveira, C. M. (2017). *Sustainable vehicles-based alternatives in last mile distribution of urban freight transport: a systematic literature review*. Sustainability 9(8): 1324.
- ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico (2022). *Mapa do sistema de transmissão - horizonte 2024*. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas> .
- ONTL Observatório Nacional de Transporte e Logística. (2019). *Indicadores de recursos e infraestrutura: rodoviário*. Brasília: ONTL. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/paineis-analiticos/painel-de-indicadores-de-transporte-e-logistica/recursos-e-infraestrutura/rodoviario/> .
- Pamplona, L., Salarini, J. & Kadri, N. (2021). *Potencial da bioeconomia para o desenvolvimento sustentável da Amazônia e possibilidades para a atuação do BNDES*. Revista do BNDES 28(56): 55-86.
- Penssam (2021). *Inquérito nacional sobre insegurança alimentar no contexto da pandemia da COVID-19 no Brasil*. Disponível em: <https://pesquisassan.net.br/olheparaafome/> .

- Pereira, E. B., et al. (2017). Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE.
- Pereira, M., Sena, J., Freitas, M. & da Silva, N. (2011). *Evaluation of the impact of access to electricity: a comparative analysis of South Africa, China, India and Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(3): 1427-1441.
- Petrobrás (2023). *Querosene de Aviação (QAV)*. Rio de Janeiro: Petrobras. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/produtos/aviacao/querosene-de-aviacao/>.
- Petterson, S., et al. (2016). *Evaluation of three full-scale stormwater treatment systems with respect to water yield, pathogen removal efficacy and human health risk from faecal pathogens*. Science of the Total Environment 543: 691-702.
- Pfaff, A. (2007). *Road investments, spatial spillovers, and deforestation in the Brazilian Amazon*. Journal of Regional Science 47(1): 109-123.
- Phillips, D. (2020a). *Brazilian meat companies linked to farmer charged with 'massacre' in Amazon*. 3 de março de 2020. The Guardian. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2020/mar/03/brazilian-meat-companies-linked-to-farmer-charged-with-massacre-in-amazon>.
- Phillips, D. (2020b). *Meat giants selling to UK linked to Brazil farms in deforested Amazon reserve*. 5 de junho de 2020. The Guardian. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/05/meat-giants-selling-to-uk-linked-to-brazil-farms-in-deforested-amazon-reserve>.
- Phillips, D. et al. (2019). *Revealed: rampant deforestation of Amazon driven by global greed for meat*. 2 de julho de 2019. The Guardian. Disponível em: https://www.theguardian.com/environment/2019/jul/02/revealed-amazon-deforestation-driven-global-greed-meat-brazil?CMP=share_btn_HDfflKogRtbzCKB6YGAzLPcKIH9di8no.
- Pigou, A. (2017). *The economics of welfare*. New York: Routledge.
- Poorter, L. F. et al. (2016). *Biomass resilience of neotropical secondary forests*. Nature: 211-14.
- Potter, H. (2022). *As pistas da destruição: Amazônia tem 362 pistas de pouso clandestinas perto de áreas devastadas pelo garimpo*. 2 de agosto de 2022. The Intercept Brasil. Disponível em: <https://www.intercept.com.br/2022/08/02/amazonia-pistas-clandestinas-garimpo/>.
- RAISG Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada (2022). *Dados cartográficos: visualização de informações geoespaciais sobre a Amazônia*. Disponível em: <https://www.raisg.org/pt-br/mapas/#descargas>.
- Rendón, M. A. et al. (2021). *Aircraft hybrid-electric propulsion: development trends, challenges and opportunities*. Journal of Control, Automation and Electrical Systems 32: 1244-1268.
- Responsible Mining Foundation (2022). *RMI Report 2022*. Disponível em: https://2022.responsibleminingindex.org/resources/RMI_Report_2022-Summary_EN.pdf.
- Ribas, A., Lucena, A. & Schaeffer, R. (2017). *Bridging the energy divide and securing higher collective well-being in a climate-constrained world*. Energy Policy 108:435-450.
- Ribeiro, D., Checco, G. & Couto, E. (2022). *Pacto federativo municípios para a agenda 2030: diretrizes para o aprimoramento do federalismo brasileiro*. São Paulo: IDS, IEA, USP Cidades Globais, Iclei, Instituto Ethos e Programa Cidades Sustentáveis.
- Ribeiro, F. R. (2016). *História e memória: leituras sobre o trabalho com o açaí e suas transformações*. Dissertação (Mestrado). Belém: IFCH/UFPA. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPA_99ad361850ea77392a0b64450f14806c.
- Roche, M., Creed-Kanashiro, H., Tuesta, I. & Kuhnlein, H. (2008). *Traditional food diversity predicts dietary quality for the Awaajún in the Peruvian Amazon*. Public Health Nutrition 11(5):457-465.
- Rochedo, P. R. et al. (2018). *The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil*. Nature Climate Change 8(8): 695-698.

- Rodrigues, C. I. (2006). *Vem do Bairro do Jurunas: sociabilidades e construção de identidades entre ribeirinhos em Belém-PA*. Tese (Doutorado) Recife: CFCH/UFPE.
- Rodrik, D. (2014). *Green Industrial Policy*. Oxford Review of Economic Policy 30(3): 469-491.
- Rogelj, J. (2021). *Climate science from climate scientists: a deep dive into the IPCC's updated carbon budget numbers*. Real Climate. Disponível em: <https://www.realclimate.org/index.php/archives/2021/08/a-deep-dive-into-the-ipccs-updated-carbon-budget-numbers/>.
- Rogez, H. (2000). *Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação*. Belém: EDUFPA.
- Romeiro, A. R. (1998). *Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura*. São Paulo: Annablume Editora.
- Salleh, M., Kamaruddin, N. & Mohamed-Kassim, Z. (2019). *Savonius hydrokinetic turbines for a sustainable river-based energy extraction: a review of the technology and potential application in Malaysia*. Sustainable Energy Technologies and Assessment 36: 100554.
- Salomão, C. S. et al. (2021). *Amazônia em chamas: desmatamento, fogo e pecuária em terras públicas*. Brasília: IPAM. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/amazonia-em-chamas-8-desmatamento-fogo-e-pecuaria-em-terras-publicas/>.
- Santos, D., Veríssimo, A., Seifer, P. & Mosaner, M. (2021). *Índice de progresso social na Amazônia brasileira: IPS Amazônia 2021*. Belém: Imazon e Amazônia 2030.
- Santos, J. & Lucena, A. F. (2021). *Climate change impact on the technical-economic potential for solar photovoltaic energy in the residential sector: a case study for Brazil*. Energy and Climate Change 2:100062.
- Santos, T. V. (2022). *Belem and Manaus and the urban agglomeration in the Brazilian Amazon*. In Battisti, A. & Baiani, S. (eds.) Sustainable development dimensions and urban agglomeration. IntecOpen
- SASB Sustainability Accounting Standards Board (2023). *SAS Standards*. Disponível em: <https://www.sasb.org/standards/download/>.
- Sassine, V. (2022a). *Presidente do Ibama anula etapas de processos e facilita prescrição de multas ambientais*. 30 de março de 2022. Folha de São Paulo. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/03/presidente-do-ibama-anula-etapas-de-processos-e-facilita-prescricao-de-multas-ambientais.shtml>.
- Sassine, V. (2022b). *Ibama tem multas de R\$ 1 bi sem conciliação e processos repesados incluem 28 madeireiras*. 27 de Novembro de 2022. Folha e São Paulo. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/03/ibama-tem-multas-de-r-1-bi-sem-conciliacao-e-processos-repesados-incluem-28-madeireiras.shtml?origin=folha>.
- Schor, T. et al. (2016). *Apontamentos metodológicos sobre o estudo de cidades e de rede urbana no estado do Amazonas, Brasil*. PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP 9(1): 9-35.
- Schwob, A. C. (2012). *Processando o açaí com qualidade*. In Pessoa, J. D. C. & Teixeira, G.H.A. (eds). Tecnologias para inovação nas cadeiras Euterpe. Brasília: Embrapa.
- SECAP Secretaria de Avaliação, Planejamento, Energia e Loteria. (2020). *Boletim mensal sobre os subsídios da União: distribuição regional dos gastos tributários*. Brasília: ME.
- Secex Secretaria de Comércio Exterior (2022). *Estatísticas de comércio exterior em dados abertos*. Brasília: ME/Secex. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/comercio-exterior/estatisticas/base-de-dados-bruta>.
- SEEG Sistema de Estimativa de Emissão de Gases. (2022). *Mapa de Emissões*. SEEG. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>
- Semas Secretaria de Meio Ambiente. (2022). *Plano de descarbonização Pernambuco*. Recife: SEMAS. Disponível em: https://semas.pe.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/2022_03_16_plano_descarbonizacao_pernambuco-v7.pdf.
- Serra, P. & Fancello, G. (2020). *Towards the IMO's GHG goals: a critical overview of the perspectives and challenges of the main options for decarbonizing international shipping*. Sustainability 12(8): 3220.

- Shand, H. W. (2019). *Plate Tectonics - Mapping Corporate Power in Big Food*. ETC Group. Disponível em: https://www.etcgroup.org/files/files/etc_platetectonics_a4_nov2019_web.pdf.
- Shukla, J. Nobre, C.A. & Sellers, P. (1990). *Amazon deforestation and climate change*. Science 247: 1322-1325. <https://doi.org/10.1126/science.247.4948.1322>.
- Siconfi Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro. Secretaria do Tesouro nacional (2021). *Contas anuais: finanças do Brasil (FINBRA)*. Disponível em: https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/pages/public/consulta_finbra/finbra_list.jsf.
- Silva, A. M. et al (2015). *Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas no Brasil*. Brasília: IPEA. Relatório de Pesquisa.
- Silva, H. (2017). *Socialização da natureza e alternativas de desenvolvimento na Amazônia brasileira*. Tese (Doutorado) Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG.
- Silva, H. (2021). *A economia do açaí em Belém-PA: vida urbana e biodiversidade em uma experiência singular de desenvolvimento econômico*. Novos Cadernos NAEA 24(3): 259-286.
- Silva, H. et al. (2022). *Biodiversidade e economia urbana na Amazônia*. Nota de Política Econômica nº 026 MADE/USP.
- Silva, M., Pereira, F. & Martins, J. (2018). *A bioeconomia brasileira em números*. BNDES Setorial 47: 277-332.
- Simmons, C. S., Perz, S. & Pedlowski, M. A. (2002). *The changing dynamics of land conflict in the Brazilian Amazon: The rural-urban complex and its environmental implications*. Urban Ecosystems 6: 9-21.
- Sindifisco Sindicato Nacional dos Auditores Fiscais da Receita Federal do Brasil (2021). *Boletim 1: a tributação dos bens minerais no Pará*. Belém: Sindifisco Pará.
- Skidmore, M. E. et al. (2021). *Cattle ranchers and deforestation in the Brazilian Amazon: Production, location, and policies*. Global Environmental Change 68: 10180.
- Skoplaki, E., Boudouvis, A. G. & Palyvos, J. A. (2008). *A simple correlation for the operating temperature of photovoltaic modules of arbitrary mounting*. Solar Energy Material and Solar Cells 92(11): 1393-1402.
- SNIS Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2021). *Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento 2021*. Brasília: MDR. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel>.
- Soares, R. R., Pereira, L. & Pucci, R. (2021). *Ilegalidade e violência na Amazônia 2030*. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/ilegalidade-e-violencia-na-amazonia/>.
- Soares-Filho, B. et al. (2014). *Cracking Brazil's Forest Code*. Science 344:363-364.
- Sonter, L., et al. (2017). *Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon*. Nature Communications 8: 1013.
- Sorribas, M. P. et al. (2016). *Projections of Climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin*. Climate Change 136:555-570.
- Sousa, N. W. (2022). *Povos Yanomami sob ataque: violências do garimpo ilegal e os estímulos de uma colonialidade estatal*. Trabalho (Conclusão de Curso). RI/UFPB.
- Souza, R. A. (2018). *Inovações da política pública de combate ao desmatamento da Amazônia*. PPCDAM. Trabalho (Conclusão de Curso). Brasília: ENAP.
- Souza Jr., C. M. et al. (2013). *Ten-Year Landsat classification of deforestation and forest Degradation in the Brazilian Amazon*. Remote Sensing 5(11): 5493-5513.
- Steege, H. et al. (2013). *Hyperdominance in the Amazon tree flora*. Science 342: 6156.
- Stern, N. (2006). *The economics of climate change: the Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stern, N. (2015). *Economic development, climate and values: making policy*. Proceedings of The Royal Society B 282: 20150820.

- Strand, J. et al. (2018). *Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon forest's ecosystem services*. *Nature Sustainability* 1: 657-664.
- Strassburg, B. B. et al. (2019). *Strategic approaches to restoring ecosystems can triple conservation gains and halve costs*. *Nature Ecology & Evolution* 3:62-70.
- SUDAM Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (2016). *Incentivos fiscais concedidos: relatório de avaliação 2007-2014*. Belém: SUDAM.
- Szklo, A. et al. (2021). *Sinergias entre as metas de descarbonização dos setores marítimo e de aviação*. Instituto Clima e Sociedade. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cgQgq5CJLBo&t=3917s>.
- Tagomori, I. S. (2017). *Potencial técnico e Econômico para a produção de Fischer-Tropsch Diesel a partir de biomassa (FT-BTL) associada à captura de carbono no Brasil*. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ.
- Taurus, V. & Madzivanyika, E. (2022). *Do resource-rich countries get a fair share of mineral exports? Insights from their governments*. Disponível em: Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development: Disponível em: <https://www.igfmining.org/resource-rich-countries-fair-share-mineral-exports/>.
- Prodes Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (2022a). *Terra Brasilis Prodes Desmatamento. São José dos Campos: INPE*. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates.
- Prodes Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. (2022b). *Desmatamento nos municípios*. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>.
- The Economist (2020). *How big beef and soya firms can stop deforestation*. 11 de Junho de 2020. The Economist. Disponível em: <https://www.economist.com/the-americas/2020/06/11/how-big-beef-and-soya-firms-can-stop-deforestation>.
- Toledo, L. (2022). *Ibama prevê que quase 40 mil multas ambientais expiram em 2024, diz nota sob sigilo*. 25 de abril de 2022. Fiquem Sabendo. Disponível em: <https://fiquemsabendo.com.br/meio-ambiente/nota-ibama-multas/>.
- Trace, J. & Considera, C. (2021). *Taxa de investimento no Brasil: a dificuldade de crescer*. Rio de Janeiro: FGV/IBRE.
- Trancossi, M. (2016). *What price of speed? A critical revision through constructal optimization of transport Modes*. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 7(4): 425-448.
- Unctad United Nations Conference on Trade and Development (2018). *Trade and development report 2018: power, platforms and the free trade delusion*. Trade and Development – Power, Platforms and the free trade delusion. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2018_en.pdf.
- UNDP United Nations Development Programme. (2022). *Human Development Report 2021/2022 (Uncertain times, unsettled lives shaping our future in a transforming world)*. United Nations Development Programme. Disponível em: https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2021-22pdf_1.pdf.
- Urzedo, D. et al. (2020). *Seed networks for upscaling forest landscape restoration: is it possible to expand native plant sources in Brazil?* *Forests* 11(3):259.
- Ustun, T. S. (2016). *The importance of microgrids and renewable energy in meeting energy needs of the Brazilian Amazon*. IEEE International Conference on Power and Energy (PECon). 28-29 de Novembro. Mekala. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7951462>.
- Vakulchuk, R. & Overland, I. (2021). *Central Asia is a missing link in analyses of critical materials for the global clean energy transition*. *One Earth* 4(12): 1678 - 1692.
- Valsecchi do Amaral, J. et al. (2017). *Atualização e composição da lista: novas espécies de vertebrados e plantas na Amazônia 2014-2015*. Brasília/Tefé: Iniciativa Amazônia Viva da Rede WWF/Instituto Mamirauá. Disponível em: <https://www.mamiraua.org.br/documentos/c9e6986e908b8631f40cf9f27e6e4312.pdf>.

- Valverde, O. (1967). Geografia da pecuária no Brasil. *Finisterra* 2(4):245-261.
- Ventura Neto, R. S., Barros, N., Ponte, J. & Santos, R. D. (2020). *Dinâmica econômica da Região Metropolitana de Belém (2006-2016): impactos do socialdesenvolvimentismo e efeitos da inflexão liberal recente*. In Ribeiro, M. & Clementino, M. L. (eds.) *Economia metropolitana e desenvolvimento regional: do experimento desenvolvimentista à inflexão*. Rio de Janeiro: Letra Capital.
- Vieira Filho, J.E.R. & Fishlow, A. (2017). *Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade*. Brasília: IPEA.
- Vieira Filho, J.E.R. & Gasques, J.G. (2020). *Uma Jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário*. Brasília: IPEA/IBGE.
- Vinuto, J. (2014). *A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto*. *Temáticas* 22(44):203-220.
- Vivien, F.-D. (2019). *Economics approached through the prism of the Groupe des Dix: Bioeconomy revisited*. *Natures Sciences Sociétés* 27(2):147-158.
- Wagner, A. et al (2019). *Mineração e Garimpo em Terras tradicionalmente ocupadas: conflitos sociais e mobilizações étnicas*. Manaus: UEA.
- Waisbich, L. T., Risso, M., Husek, T. & Brasil, L. *O Ecosistema do crime ambiental na Amazônia*. Rio de Janeiro: Instituto Igarapé. Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AE-54-O-ecossistema-do-crime-ambiental-na-Amazonia.pdf>.
- Wanderley, L. J. (2021). *Barragens de mineração na Amazônia: o rejeito e seus riscos associados em Oriximiná*. São Paulo: Comissão pró-índio de São Paulo.
- Wasley, A. & Heal, A. (2019). *Leading burger supplier sourced from Amazon farmer using deforested land*. 17 de setembro de 2019. The Guardian. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2019/sep/17/leading-burger-supplier-sourced-from-amazon-farmer-guilty-of-deforestation>.
- Wibisana, A. G. (2006). *Three principles of environmental law: the polluter-pays principle, the principle of prevention, and the precautionary principle*. In Faure, M. & Niessen, N. (eds.) *Environmental Law in Development: lessons from the Indonesian experience*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Wik, M. P. (2008). *Global agricultural performance: past trends and future prospects*. Washington: World Bank. WB Open Knowledge Repository.
- World Bank (2010). *The World Bank's evolutionary approach to mining sector reform*. Washington: World Bank. Extractive Industries for Development Series. N. 19.
- Xu, Y. et al. (2017). *Eco-driving for transit: an effective strategy to conserve fuel and emissions*. *Applied Energy* 194:784-797.
- Zhang R. & Fujimori, S. (2020). *The role of transport electrification in global climate change mitigation scenarios*. *Environmental Research Letters* 15: 034019.

Notas de fim

Capítulo 1

¹ A Matriz de Insumo-Produto nacional de 2015 é a mais recente versão disponibilizada até o fechamento deste relatório.

² Para dividir a AML em 27 regiões foram cumpridas as seguintes etapas:

• **Determinação das microrregiões segundo suas trajetórias tecnológicas.** As 109 microrregiões que compõem a AML foram classificadas segundo a trajetória tecnológica de uso e ocupação das terras. As trajetórias tecnológicas foram definidas pela combinação de estrutura agrária, tipologia (familiar e não familiar), intensidade no uso de fatores de produção (capital, terra e trabalho), categorias e diversidade de produtos e tipos de rendas obtidas pelos produtores (rendas da produção e outras rendas), segundo a persistência desses indicadores entre os censos agropecuários de 1996, 2006 e 2017 (Costa, 2016; 2021).

• **Inclusão dos aglomerados urbanos.** Os seis principais aglomerados urbanos da AML (Belém, Manaus, Rio Branco, Porto Velho, São Luís e Cuiabá) foram destacados de suas respectivas microrregiões pela constatação de que tais aglomerados constituem regiões próprias e distintas, que não são representadas pela classificação das trajetórias tecnológicas (Simmons, Perz e Pedlowski, 2002; Santos, 2022; Guedes, Costa Brondizio, 2009). Considerou-se que os aglomerados urbanos são formados pela conurbação de dois ou mais municípios de uma mesma região metropolitana.

• **Agrupamento e homogeneização.** A fim de compatibilizar os recursos computacionais com a geração das matrizes de insumo-produto e otimizar as interpretações inter-regionais, o mosaico das 115 regiões resultantes foi agrupado pelo Modelo Two Step Cluster para variáveis não hierárquicas (Kent, Jensen e Kongsted, 2014), considerando as sete trajetórias, as seis aglomerações e os dois biomas dominantes (Amazônia e Cerrado). Microrregiões ilhadas ou fronteiriças foram absorvidas pelo cluster de entorno dominante, determinado pela ferramenta do ArcGIS *nearest-*

neighbor chain, tendo como pontos de contato os perímetros das regiões em questão.

³ A segmentação dos produtos da exploração florestal seguiu os seguintes critérios:

• **Produtos da silvicultura.** Oriundos de plantações de espécies arbóreas exóticas, voltadas ao fornecimento de madeira em tora, madeira para celulose, lenha, carvão vegetal e resinas (IBGE, 2022), tomados como insumos para os setores de papel e celulose, de fabricação de móveis, da construção civil, de fabricação de ferro-gusa e farmacêutico. Foram alocados na MIIP-AML conforme ponderação do VBP e especificação de produto e setor (IBGE, 2018).

• **Produtos do extrativismo vegetal exaustivo.** Oriundos de espécies nativas em florestas naturais, como madeira em tora, lenha, carvão vegetal, tanino, ceras, cascas e palmito, cuja exploração implica na derrubada ou no dano irreversível à planta matriz (IBGE, 2022). Esses produtos são insumos para os setores de transformação da madeira, fabricação de móveis, construção, produção de ferro-gusa, de não metálicos, de alimentos e farmoquímicos, alocados segundo ponderação do VBP e especificação de produto e setor (IBGE, 2018).

• **Produtos do extrativismo vegetal não exaustivo ou da floresta em pé.** Aqueles advindos de espécies nativas em florestas naturais, cuja produção pressupõe a manutenção da planta e, em larga escala, da própria floresta, da qual se obtém frutos, folhas, palha, fibra, sementes, óleos, gomas, resinas e látex (IBGE, 2019). Tais produtos são também insumos para os setores de fabricação de alimentos, bebidas, cosméticos, farmoquímicos, borracha e móveis, alocados segundo ponderação do VBP e especificação de produto e setor (IBGE, 2018).

⁴ O ciclo do desmatamento inicia-se com a exploração de madeira da floresta, após a retirada das espécies mais lucrativas. O fogo é utilizado a fim de que a área possa ser usada para, em primeiro lugar, pecuária e, em seguida, agricultura (Souza Jr. et al., 2013; Barlow, e Peres, 2006).

5 A sucessiva edição de leis sobre gestão fundiária na Amazônia gerou uma federalização da gestão de terras, na qual, sob o argumento do interesse nacional, os estados perdem a ingerência sobre partes significativas do seu território. Consequentemente há confusão sobre qual ente federativo é responsável pela titulação em determinado território.

6 Conflitos pela posse da terra foram identificados como fatores de forte influência sobre o desmatamento em áreas de proteção na Amazônia (Nolte, Agrawal e Barreto, 2013), levando ao aumento da desigualdade fundiária (Lapola et al., 2014). A análise sobre os dados do CAR de 330 Terras Indígenas da Amazônia indica que 275 apresentam registros sob propriedade privada. Ainda, entre 2016 e 2020, na Amazônia, houve um acréscimo de 55% (de 2,3 Mha para 3,57 Mha) de áreas declaradas indevidamente como privadas dentro de Terras Indígenas. O número de registros no CAR saltou em 75% (3.517 para 6.170 registros) no mesmo período. A maioria desses registros (75%) são atribuídos a estabelecimentos de até 100 hectares, mas que ocupam somente 2,24% da área registrada irregularmente. Grandes estabelecimentos (mais de 1.000 hectares) representaram 7,11% dos registros, mas equivalem a 88% da área sobreposta a Terras Indígenas (Fellows et al., 2021). Esses dados reforçam que há um processo de concentração fundiária baseado na grilagem de terras públicas destinadas à conservação.

7 Mais informações em Abreu (2021).

8 Projeto de litigância de áreas irregulares (MPF, 2022), disponível em <http://amazoniaprotege.mpf.mp.br/>

9 O CAR é um instrumento criado pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), cujo objetivo é endereçar o problema do ordenamento territorial. Contudo, por ser autodeclaratório, o CAR enfrenta problemas como a sobreposição de terras já cadastradas em Terras Indígenas, Unidades de Conservação e outras terras públicas. Prática realizada por grileiros e posseiros, cuja má-fé não pode ser presumida (Agência Senado, 2022).

10 A contabilização de empregos e ocupações por raça é feita pelo acoplamento da MIIP-

AML com vetores de qualificação de emprego, seguindo os métodos descritos no Quadro 8.

11 Apesar dos dados deste estudo se referirem, majoritariamente, a grandes empresas, esclarecem a sistemática do desmatamento pela atividade minerária.

12 A exploração de minérios é ilegal nas Terras Indígenas demarcadas e nas Unidades de Conservação.

13 Moratória da Soja é o nome que recebeu o pacto ambiental havido entre as entidades representativas dos produtores de soja no Brasil, ONGs ambientais e, mais tarde, o próprio governo, prevendo a adoção de medidas contra o desmatamento da Amazônia, e que inicialmente teve o prazo de duração de dois anos a contar de 24 de julho de 2006. Na prática, a moratória proíbe a compra de soja proveniente de áreas recém-desmatadas na Amazônia. Em maio de 2016, a moratória foi renovada indefinidamente (Abiove, 2022).

Capítulo 3

14 Costa et al. (2022) identificaram os conceitos de bioeconomia adotados por várias instituições nacionais e internacionais, consolidando-os em uma tabela indicativa das disputas sobre o termo.

15 Desde meados da década de 1960, a proporção de pessoas malnutridas caiu de um terço para um sexto da população mundial. Essa redução foi possível pela ampliação da oferta de alimentos, sustentada pelos ganhos de produtividade da agricultura, derivados da Revolução Verde (Wik, 2008). Entre outros fatores, o aumento da produtividade foi resultado de investimentos públicos e privados em melhoria genética dos cultivares agrícolas, em particular em variedades de alto rendimento de trigo, arroz, milho e sorgo. Também foram importantes políticas públicas de controle de preço dos alimentos, de incentivo a pesquisas e de difusão de tecnologias orientadas à melhoria da produtividade.

16 Dentre as principais características e objetivos do padrão mecânico-químico na agricultura está a necessidade de regulação das reações físico-

químicas e biológicas geradas pela diminuição da diversidade natural e de seus efeitos sobre o complexo solo-planta, que interferem diretamente nas condições ecológicas de produtividade da terra. Nesse caso, é necessária a incorporação de fontes exógenas de energia e nutrientes como estratégia de controle agrônomo (Romeiro, 1998).

17 São características desse paradigma: coexistência com o ecossistema originário, tecnologias aplicadas para manejar (e não controlar) a diversidade botânica e os sistemas ecológicos, operações produtivas ajustadas aos ritmos e ciclos da natureza, tentativa de imitar processos naturais, conjugação e sucessão de espécies no mesmo sistema produtivo, autonomia relativa a fontes externas de insumos, energia e nutrientes.

18 Às vezes invisíveis nos dados oficiais da economia urbana, os batedores formam uma cadeia peculiar de abastecimento da polpa do açaí, sobretudo nas áreas urbanas do Baixo Tocantins, do Marajó e do estuário do rio Amazonas. Dados da Receita Federal mostram que, a partir de 2010, aumentou o número de batedores na economia formal, mudança possivelmente ligada ao crescimento do controle sanitário no processo de branqueamento do açaí e a modificações na legislação, que passou a exigir a formalização por meio do MEI e do Simples (Ferreira et al., 2006; Oliveira, 2011). Na AML, segundo os dados da cadeia do açaí, os empresários individuais representam 62,2% de todos os registros, entrando em atividade sobretudo entre 2010 e 2019.

19 Brondízio (2004) falava da necessidade de discutir categorias como a de *forest farm*; *forest farmers* – fazendas de floresta, fazendeiros de floresta.

20 Conforme IBGE (2019, 2022)

21 O padrão familiar é mundial. Segundo estimativas, entre 5,5 milhões e 6 milhões de agricultores familiares sustentam a oferta de amêndoas no mercado internacional do cacau (Fountain, Hütz-Adams, 2015, p.37; Duguma et al., 2001).

Capítulo 4

22 Ver CNA (2022).

23 Além de mitigar risco ao produtor rural, a ampliação recente da cobertura do PSR reduz

o potencial passivo público com a assunção resultante de recorrentes renegociações de dívida com o setor e permite redução gradual dos subsídios à agropecuária. Para uma análise da importância do PSR, ver Souza (2020).

24 O Plano ABC+ prevê para 2022, de forma inédita, Sistema de Plantio Direto em hortícolas.

25 Para uma revisão dos principais conceitos de agropecuária relativos à sustentabilidade, ver Costa (2014).

26 Outro produto derivado da mercadoria terra são as terras com mata, constituindo um acervo de capital produtivo ou especulativo privado (Costa F. A., 2010; Costa F., 2011). Para mais detalhes ver apêndice.

27 O custo de oportunidade da floresta em pé é o que o produtor rural deixa de produzir pela decisão de não desmatar.

28 Conforme a Lei nº 12.651/2012, o percentual mínimo de Área de Reserva Legal (ARL) da propriedade rural depende da sua localização. No bioma amazônico, é de 80%. APPs podem ser consideradas como ARLs, e existem condições previstas em lei para exploração econômica dessas áreas.

29 Mesmo para produtores rurais, os benefícios são para todo o setor, e não exclusivos para aqueles que preservam.

30 O comportamento de “carona” remete à vantagem de indivíduos que usufruem de benefícios de um bem pago por terceiros (Mankiw, 2020). No caso brasileiro, pode se referir a agentes privados que se beneficiam dos serviços ecossistêmicos providos por florestas conservadas com recursos privados ou pelo Estado brasileiro. Assim, os custos para ofertar esse bem (o ativo natural) ou serviço (os serviços ecossistêmicos) são transferidos para o Estado e para produtores rurais, gerando um custo para eles e desestimulando a manutenção do fornecimento.

31 Em mercados altamente concorrenciais, com produtores atomizados tomadores de preço, a maximização de lucro se dá basicamente via minimização de custo de produção.

32 Rodrik (2014) e Jaffe (2005).

- 33** Strassburg (2019) é ainda mais otimista e sugere um potencial para quadruplicar a produtividade pecuária.
- 34** O Plano ABC+, sucessor do Plano ABC, atualizou as metas para o setor agropecuário e as tecnologias para mitigação dos GEE. As tecnologias passam a compor um dos nove eixos estratégicos do Sistemas, Práticas, Produtos e Processos de Produção Sustentáveis (SPSABC). Foram adicionados ao conjunto de tecnologias os sistemas Plantio Direto de Hortaliças (SPDH), Irrigados (SI) e Terminação Intensiva (TI). Algumas tecnologias do plano anterior tiveram ampliação de escopo. A Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) foi renomeada como Práticas para Recuperação de Pastagens Degradadas (PRPD), voltando-se também à renovação de pastagens com algum grau de degradação. O Tratamento de Dejetos Animais (TDA) passou a se chamar Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA) e incorporou outros despejos animais. A Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), agora Bioinsumos (BI), passou a incluir Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas (MPCP) e multifuncionais. A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta tornou-se Sistemas de Integração Nacional (SIN) abrangendo Sistemas Agroflorestais, com tratamento independente dos sistemas ILFP (Brasil, 2021; MAPA, 2021).
- 35** A PTF é medida pelo quociente entre os índices de produção total e os insumos totais. Corresponde ao aumento de produção atribuído aos ganhos de eficiência, e não ao incremento marginal de insumos. Para descrição metodológica do indicador ver Gasques (1997), Jorgenson (1966), Christensen (1975), Alves (1979; 2010), Gasques, Bastos e Bacchi (2009).
- 36** Panel Internacional de Experts sobre Sistemas Alimentarios Sostenibles (Duguma et al., 2001; Fountain, Hutz-Adams, 2015).
- 37** Produtos inelásticos ou com baixa elasticidade de preço da demanda apresentam demanda pouco sensível às variações de preço. Diante de um mercado com poucos ofertantes, a alta do preço do insumo não implica significativa redução da quantidade demandada pelo produtor rural. A margem líquida da atividade agropecuária tende a reduzir, uma vez que os preços de venda das commodities são dados.

Capítulo 5

- 38** O Brasil é altamente dependente de fertilizantes importados. Mais de 80% do que é consumido vem de fora. Além de pressionar os custos de produção “dentro da porteira”, isso amplia significativamente a pegada de carbono da produção de alimentos e fibras. Atualmente, o país é responsável por 8% do consumo global de fertilizantes, atrás somente de China, Índia e Estados Unidos. Em 2018, de 24,96 milhões de toneladas de fertilizantes, 42% foram de cloreto de potássio (94% importado e 6% nacional), 35% de fertilizantes nitrogenados (76% importados e 26% nacional) e 23% de fertilizantes fosfatados (55% importados e 45% nacional) (SEAE, 2020). Em 2021, o país bateu o recorde de importação de fertilizantes, com 41,6 milhões de toneladas (Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, 2020).
- 39** Ver Brasil (2021).
- 40** Dados de importação de fertilizantes disponíveis no SECEX/Ministério da Economia (ComexStat, 2021), em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral/57571>
- 41** Bauxita, cobre, ferro, manganês, níquel e estanho.
- 42** Em setembro de 2020, num simpósio da ONU, foi proposto um novo padrão de reatores nucleares de potência, que passam a ser referenciados como reatores nucleares de 4ª geração. Eles atenderiam às exigências de segurança inerente e impossibilitariam a proliferação de armas nucleares, sendo economicamente competitivos e ecologicamente aceitáveis. A proposta foi endossada pela Agência Internacional de Energia Atômica das Nações Unidas (Bastos, 2002). Disponível em: https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/2002/ENFIR/R14/R14_104.PDF.
- 43** Nesse sentido, o Projeto de Lei nº 191/2020 regulamenta a exploração de recursos minerais, hídricos e orgânicos em reservas indígenas.
- 44** Na AML, as tecnologias disruptivas da mina S11D da Vale são exemplos dessa tendência.
- 45** O Estatuto do Índio, Lei Federal nº 6.001/1973, dispõe duas hipóteses de exploração do subsolo em terras indígenas. A primeira, art. 20, dispõe que a União poderá, em caráter excepcional, decretar intervenção federal para a exploração. A segunda, art.

45, determina que as riquezas do subsolo de terras indígenas só poderão ser exploradas nos termos do regulamento, o Decreto nº 88.985/1983, que estabelece exclusividade da exploração das riquezas e utilidades do solo para os indígenas (art. 2º). Contudo, prevê a possibilidade de empresas serem autorizadas pela União para a exploração (art. 4º). Porém, essas permissões foram suspensas com o advento da Constituição de 1988 que condicionou a exploração a uma série de requisitos listados no art. 231, §3º, os quais devem ser cumpridos conforme lei que ainda não foi editada. Na ausência de regulamentação sobre como esses requisitos podem ser cumpridos, a exploração mineral, de recursos hídricos e energéticos em terras indígenas permanece impossível.

46 Conforme Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT).

47 Apesar de iniciativas de regulamentação do artigo 231, §3º da CF/88, que permitiriam a exploração mineral em terras indígenas, tal como o PL 191/20, o artigo permanece sem regulamentação, o que categoricamente impede qualquer atividade de mineração em terras indígenas.

48 Incluindo produtos minerais semielaborados e óleos de petróleo e gás.

49 “O desejo de explorar um mineral estratégico seria legítimo não fossem os imensos problemas que até hoje não permitiram que o país levasse adiante a pretensão de explorar. Dentre os desafios que precisam ser vencidos destacam-se quatro como os mais emblemáticos: (1) as jazidas localizam-se a cerca de 900 metros de profundidade em uma área extremamente sensível da Floresta Amazônica (no estado do Amazonas) e nas proximidades da foz do Rio Madeira; (2) o processo de exploração e de beneficiamento do minério ainda precisa vencer desafios tecnológicos significativos em função de suas características (alta solubilidade); (3) não existe infraestrutura, especialmente de oferta de energia, no porte exigido, para viabilizar um empreendimento dessa natureza, o que demandaria a implantação de um ramal de energia desde Tucuruí ou Belo Monte. Para isso seriam necessárias licenças ambientais e investimentos consideráveis que apontassem mecanismos de mitigação relacionados à construção de uma rede de alta tensão em plena floresta; e (4)

grande parte das reservas encontra-se no subsolo de regiões que compõem um mosaico de terras indígenas onde, segundo a legislação vigente (art. 231 da Constituição Federal, até hoje não regulamentado), não é permitido esse tipo de empreendimento, por se tratar de áreas pertencentes aos povos originários (ainda que o recurso esteja a quase um quilômetro de profundidade).” (Nota Técnica sobre o PL nº 191/2020).

50 O instituto posicionou-se favoravelmente à regularização de mineração em terras indígenas, sendo contrário ao garimpo e à mineração ilegal nessas áreas. Contudo, no que diz respeito ao PL nº 191/2020, o Ibram entende que não é adequada a forma como a proposta estava sendo conduzida – em regime de urgência no Congresso e sem debates mais abrangentes. Segundo o instituto, haveria risco à reputação internacional do Brasil em caso de aprovação (Amaral, 2022).

51 Visando a transformação de resíduos em novos produtos. Na AML, há exemplos promissores, como o da empresa júnior canadense Canada Rare Earth Corporation (CREC) que, segundo a revista, pretende implantar um projeto para processamento de 70 milhões de toneladas métricas de rejeito acumulado no garimpo de Bom Futuro, em Rondônia, contendo elementos de terras raras, cassiterita, zircônio e ilmenita. O investimento a ser feito é estimado em R\$ 1,5 bilhão e o empreendimento deve gerar 300 empregos diretos e 4,5 mil indiretos (Brasil Mineral, 2022).

52 Há estudos avançados, inclusive no Brasil, sobre captura e estocagem de carbono em ambientes geológicos que sejam propícios para isso (CPRM). Kinnunen e Kaksonen (2019) ressaltam que o aproveitamento econômico de resíduos de mineração requer tecnologia e desenvolvimento em termos de integração de cadeias de valor, sendo estes importantes desafios para a aplicação de princípios de economia circular na atividade mineral.

53 Em termos mundiais, a mineração contribui com 1% de todas as emissões globais de carbono de escopos 1 e 2 (ou de 4% a 7% quando as emissões de metano fugitivo da mineração de carvão estão incluídas) e tem uma participação de 28% de todas as emissões quando o escopo 3 é levado em consideração. Como principal mineradora da AML, a Vale anunciou na Conferência de Glasgow que pretende investir entre

US\$ 4 bilhões e US\$ 6 bilhões para reduzir em 33% as suas emissões diretas e indiretas e em 15% as emissões de sua cadeia de valor até 2050. Disponível em: <https://valor.globo.com/patrocinado/vale/transformando-o-amanha-juntos/noticia/2021/11/08/cop26-tera-apresentacao-de-plano-de-descarbonizacao.ghtml>.

54 Como bem ilustra o caso de Canaã dos Carajás (Enriquez et al., 2018), em que foi adquirida área correspondente a um terço do município.

Capítulo 6

55 A infraestrutura, segundo a Comissão Global sobre Economia e Clima, é definida como: estruturas e instalações que sustentam sistemas de energia, transporte, telecomunicações, água e gestão de resíduos. Inclui investimentos em sistemas que melhoram a eficiência dos recursos e a gestão do lado da demanda, como medidas de eficiência energética e hídrica. E abarca tanto a infraestrutura tradicional (incluindo energia para transporte público, edifícios, abastecimento de água e saneamento) como a infraestrutura natural (considerando paisagens florestais, pântanos e proteção de bacias hidrográficas) (Bhattacharya et al., 2016; New Climate Economy, 2016).

56 O Decreto nº 7.246/2010 define os Sistemas Isolados como “os sistemas elétricos de serviço público de distribuição de energia elétrica que, em sua configuração normal, não estejam eletricamente conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN), por razões técnicas ou econômicas”.

57 Uma vez que os usuários desses sistemas não têm capacidade financeira de sustentar esses custos, a geração de energia é subsidiada por meio de um encargo setorial, a Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), pago pelos consumidores do SIN, através da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) (EPE E. d., 2021).

58 Segundo o Decreto nº 7.246/2010, as regiões remotas são consideradas como “pequenos grupamentos de consumidores situados em Sistema Isolado, afastados das sedes municipais, e caracterizados pela ausência de economias de escala ou de densidade”. As regiões remotas diferem entre si. Em alguns casos, há suprimento de energia de forma independente, por iniciativa privada e coletiva dos habitantes na

aquisição de geradores a diesel ou à gasolina, como na comunidade Vila Nova no Arquipélago do Marajó, no Pará, na Comunidade Indígena Wai-Wai, em Roraima e na Comunidade Cavalcante, em Rondônia. Em outros casos, as prefeituras e governos estaduais arcam com os custos desse combustível, como no Amapá, com o Programa Luz Para Viver Melhor, que distribui diesel mensalmente para 152 comunidades no estado (Amapá, 2021).

Capítulo 7

59 Nos estados foram consideradas a despesa liquidada e a despesa total. Na União, o total pago e a despesa primária (excluindo pagamentos de juros).

60 Na ausência de um recorte específico para tais ações orçamentárias no Orçamento Geral da União e partindo das descrições detalhadas de cada uma delas, a presente seção do relatório NEA capturou as ações orçamentárias nos ministérios do Meio Ambiente, Agricultura e Pecuária, Ciência, Tecnologia e Inovação, Justiça e Defesa com tal intuito. Foram levantados exclusivamente os “gastos finalísticos”, ou seja, já excluídos os gastos com pagamento de pessoal nas respectivas ações. O cadastro das ações orçamentárias, está disponível em https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/orcamento/orcamentos-anuais/2022/ploa/Volume_V.pdf

61 O mercado internacional de carbono surgiu em 1997, através do protocolo de Kyoto. Em 2015, com o Acordo de Paris, um novo tratado internacional foi criado, substituindo o Protocolo de Kyoto a partir de 2020, expandindo-o para 195 países. Os mercados de carbono são de dois tipos: o mercado regulado (que se refere às reduções obrigatórias definidas em acordos internacionais) e o mercado voluntário (em que empresas têm a iniciativa de compensar as emissões geradas por suas operações industriais e empresariais). Atualmente o maior mercado é o da União Europeia (EU-ETS) (Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia), criado em 2005. Outros também estão muito avançados como da Califórnia (EUA) e de Quebec (Canadá).

Sobre a Nova Economia da Amazônia

A Nova Economia da Amazônia (NEA-BR) é uma iniciativa liderada pelo WRI Brasil e The New Climate Economy e realizada em parceria com mais de 75 pesquisadores de várias regiões do país e organizações, entre elas a Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam), Uma Concertação pela Amazônia, Center for Climate Crime Analysis (CCCA), e a Associação Contas Abertas.

A pesquisa foi realizada com apoio financeiro do Instituto Clima e Sociedade (iCS), Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca, Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção do Consumidor da Alemanha (BMU), Instituto Arapyáú, Good Energies Foundation e Climate and Land Use Alliance (CLUA).



Fruto de cacau produzido na ilha do Combu, Belém, Pará.
Foto: Dado Photos/Shutterstock.



Sobre o WRI Brasil

O WRI Brasil é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para promover a proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano. Atua no desenvolvimento de estudos e implementação de soluções sustentáveis em clima, florestas e cidades. Alia excelência técnica a articulação política e trabalha em parceria com governos, empresas, academia e sociedade civil.

O WRI Brasil faz parte do World Resources Institute (WRI), instituição global de pesquisa com atuação em mais de 60 países. O WRI conta com o conhecimento de aproximadamente 1.700 profissionais em escritórios no Brasil, China, Estados Unidos, Europa, México, Índia, Indonésia e África.

Sobre The New Climate Economy

A Comissão Global sobre Economia e Clima e seu projeto emblemático The New Climate Economy (NCE) é uma iniciativa do programa de Clima do WRI. A NCE foi criada para ajudar governos, empresas e sociedade a tomarem decisões mais bem informadas sobre como alcançar a prosperidade e o desenvolvimento econômico ao mesmo tempo em que aborda as alterações climáticas.

Sobre os autores

Coordenadores

Rafael Feltran-Barbieri é economista sênior dos programas de Clima e de Floresta, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: rafael.barbieri@wri.org

Carlos A. Nobre é cientista do Earth System, pesquisador do IEA/USP e membro da Royal Society.

Contato: cnobre.res@gmail.com

Caroline Medeiros Rocha Frasson é bacharel em Direito pela Universidade Federal do Pará (UFPA), mestre em Direito Constitucional e doutora em Direito Ambiental ambos pela Universidade de São Paulo (USP) e gerente do programa de Clima do WRI Brasil.

Contato: caroline.rocha@wri.org

Paulo Camuri é Economista Principal em Angola, Banco Africano de Desenvolvimento (AfDB). É ex-Economista Sênior do WRI Brasil.

Contato: pcamuri@hotmail.com

Carolina Genin é jornalista, mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela London School of Economics and Political Science e diretora executiva da Climate and Land Use Alliance no Brasil.

Contato: Carolina.genin@clua.net

Autores

Ademir M Rocha é professor assistente no Departamento de Economia da Universidade de São Paulo (USP) e pesquisador no Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da USP.

Contato: ademir.rocha@usp.br

Alberto José Leandro Santos é engenheiro químico pela UFRJ e mestre em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ. Atua como pesquisador do laboratório Cenergia nas áreas de energia solar fotovoltaica e de mudanças climáticas.

Contato albertojsantos@ppe.ufrj.br

Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior é professor titular da Universidade Federal do Pará (UFPA), pesquisador da Rede Inesc Brasil e Bolsista de Produtividade do CNPq.

Contato: aldebaro.klautau@gmail.com

Alexandre Szklo é professor titular da Coppe-UFRJ e da Escola Politécnica da UFRJ, ganhador por duas vezes do Prêmio Mérito Acadêmico Massarani e por 3 vezes do Prêmio Vale-Capes.

Contato: szklo@ppe.ufrj.br

Aline Souza Magalhães é professora adjunta do Departamento de Ciências Econômicas da FACE/UFMG, pesquisadora do Cedeplar/UFMG, vice-coordenadora do Núcleo de Pesquisa em Modelagem Econômica e Ambiental (Nemea).

Contato: alinesmagalhaes@hotmail.com

Amanda Vinhoza é doutoranda e mestre em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ e engenheira ambiental pela UFF. Atua como pesquisadora do Cenergia.

Contato: amandavinhoza@ppe.ufrj.br

Ana Carolina Oliveira Fiorini é pesquisadora do Cenergia, possui graduação em Biologia, mestrado em Planejamento Ambiental pela UFRJ e doutorado em Ecologia Interdisciplinar pela UFL.

Contato: acfiorini@ppe.ufrj.br

André F. P. Lucena é professor associado da Coppe-UFRJ e da Escola Politécnica da UFRJ. É editor associado da revista *Energy and Climate Change*, e membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências.

Contato: andrelucena@ppe.ufrj.br

André Luiz Menezes Vianna é diretor técnico do Idesam, engenheiro florestal formado pela Esalq/USP e mestre em Ciências de Florestas Tropicais pelo Inpa.

Contato: andre.vianna@idesam.org

Andrea M. Bassi é fundador e diretor executivo do KnowlEdge Srl. É doutor e mestre em Dinâmica de Sistemas pela Universidade de Bergen, na Noruega.

Contato: andrea.bassi@ke-srl.com

Antônio Jorge Gomes Abelém é professor titular da Universidade Federal do Pará (UFPA), doutor em informática pela PUC-Rio, pesquisador do CNPq e foi pesquisador visitante na UMass-Amherst, nos Estados Unidos da América.

Contato: abelem@gmail.com

Braulina Baniwa é antropóloga, mestre em Antropologia Social pela Universidade de Brasília (UnB) e doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais - Estudos Comparados sobre as Américas (PPGECsA) da UnB.

Contato: bwbraulina@gmail.com

Bruno Felin é formado em jornalismo pela PUC-RS, possui especialização em Jornalismo Digital e é especialista sênior de comunicação do WRI Brasil.

Contato: bruno.felin@wri.org

Camila Ludovique Callegari é engenheira de produção, mestre e doutora em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ.

Contato: camilaludovique@gmail.com

Carlos A. Nobre é cientista do Earth System, pesquisador do IEA/USP e membro da Royal Society.

Contato: cnobre.res@gmail.com

Carlos Blener é Vice Secretário-Geral da Associação Contas Abertas, analista de sistemas, com amplo conhecimento de acesso às bases de dados governamentais, notadamente de programas e ações orçamentárias, relacionados às políticas públicas.

Contato: carlos@contasabertas.org.br

Carlos Henrique da Costa Oliveira é professor do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-RJ) – Campus Angra dos Reis, Doutor em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ e Mestre em Engenharia Elétrica pelo Instituto Militar de Engenharia (IME).

Contato: carlos.oliveira@cefet-rj.br

Carolina Genin é jornalista, mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela London School of Economics and Political Science e diretora executiva da Climate and Land Use Alliance no Brasil.

Contato: Carolina.genin@clua.net

Caroline Medeiros Rocha Frasson é bacharel em Direito pela Universidade Federal do Pará (UFPA), mestre em Direito Constitucional e doutora em Direito Ambiental ambos pela Universidade de São Paulo (USP) e gerente do programa de Clima do WRI Brasil.

Contato: caroline.rocha@wri.org

Danilo Araújo Fernandes é coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia na Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: daniloaraujo@ufpa.br

David Castelo Branco é professor Adjunto da Coppe-UFRJ e da Escola Politécnica da UFRJ.

Contato: davidbranco@ppe.ufrj.br

Edson Paulo Domingues é professor titular do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), pesquisador do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) e coordenador do Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada (Nemea).

Contato: domingues.edson@gmail.com

Eduardo A. Haddad é professor titular do Departamento de Economia da Universidade de São Paulo (USP) e coordenador do Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da USP.

Contato: ehaddad@usp.br

Ellen Claudine Cardoso Castro é consultora do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da UFPA.

Contato: claudineellen@gmail.com

Eugênio Pantoja é diretor de Políticas Públicas e Desenvolvimento Territorial do Ipam, formado em Direito pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: eugenio.pantoja@ipam.org.br

Eveline Vasquez-Arroyo é engenheira ambiental e de recursos naturais, mestre e doutora em Planejamento Energético e Ambiental na Coppe-UFRJ. Atuou como pesquisadora no Cenergia

nas áreas de modelagem integrada, transição energética, ODS e mudanças climáticas.

Contato: eveline@ppe.ufrj.br

Fernando S. Perobelli é professor titular do Departamento de Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e pesquisador no Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da USP.

Contato: fernando.perobelli@ufjf.br

Francisco Apurinã é consultor, pesquisador e pós-doutor em Antropologia Social pela Universidade de Helsinki.

Contato: fr.apurina@gmail.com

Francisco de Assis Costa é professor titular do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (GPDadesa-NAEA) da Universidade Federal do Pará.

Contato: francisco_de_assis_costa@yahoo.com.br

Gabriel Pisa Folhes é consultor do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da UFPA.

Contato: pisagabriel09@gmail.com

Gabriela Nascimento da Silva é doutoranda e mestre em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ e Engenheira Química pela UFF.

Contato: gascimento@ppe.ufrj.br

Gabriela Savian é diretora adjunta de Políticas Públicas do Ipam, engenheira agrônoma formada pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), especialista em Economia e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Contato: gabriela.savian@ipam.org.br

Georg Pallaske é membro do KnowlEdge Srl, mestre em Dinâmica de Sistemas, tem um MBA pelo Programa de Mestrado Europeu (Erasmus Mundus) e doutorando pela Universidade de Bergen, na Noruega.

Contato: georg.pallaske@ke-srl.com

Gerd Brantes Angelkorte é doutorando e mestre em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ e engenheiro agrícola ambiental pela UFF.

Contato: angelkorte@ppe.ufrj.br

Gil Castello Branco é fundador e secretário-geral da Associação Contas Abertas, economista, especializado em análise orçamentária.

Contato: gil@contasabertas.org.br

Harley Silva é professor adjunto da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: harley74@gmail.com

Heron Martins é coordenador do laboratório de análises geoespaciais do Center for Climate Crime Analysis (CCCA) e engenheiro com Mestrado em Ciência Ambiental pela UFPA.

Contato: heron.martins@climatecrimeanalysis.org

Huang Ken Wei é engenheiro mecânico, e doutorando e mestre em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ.

Contato: huangkenwei@ppe.ufrj.br

Iara Vicente é mestre em Administração Pública, Ciência e Política Ambiental pela Columbia University.

Contato: iara@nossaterraфирme.com

Inácio F Araújo é pesquisador de Pós-Doutorado no Departamento de Economia da Universidade de São Paulo (USP) e pesquisador no Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da USP.

Contato: inacio.araujo@usp.br

Inaiê Takaes Santos é especialista em políticas de mudanças climáticas e governança e foi consultora da Arapyauá.

Contato: inaietsantos@gmail.com

Jaqueline Cardoso é aluna de graduação em Engenharia Elétrica na UFRJ e colaboradora no grupo Brookfield Asset.

Contato: jaquelinecardoso@poli.ufrj.br

Jefferson Ferreira é especialista sênior em geoprocessamento do programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: jefferson.ferreira@wri.org

Joana Portugal Pereira é professora adjunta da Coppe-UFRJ, professora convidada na Universidade de Lisboa e pesquisadora convidada no Imperial College London. É autora de relatórios do Sexto Ciclo de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Contato: joana.portugal@ppe.ufrj.br

João Daniel Macedo Sá é advogado e professor do curso de direito da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: joaosa@ufpa.br

Jordano Buzati é analista de pesquisa sênior do programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: jordano.buzati@wri.org

Karina S. Sass é doutora em economia pela Universidade de São Paulo (USP) e pesquisadora no Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da USP.

Contato: karinasass@gmail.com

Kênia Barreiro de Souza possui doutorado em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é professora do departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico (PPGDE) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Contato: keniadesouza@gmail.com

Leonardo Barbosa é analista de geoprocessamento do programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: leonardo.barbosa@wri.org

Leonardo Garrido é pesquisador do Banco Mundial e foi economista sênior do WRI.

Contato: oikonomo@gmail.com

Leticia Magalar Martins de Souza é engenheira ambiental pela PUC-Rio e mestre em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ.

Contato: leticiamagalar@ppe.ufrj.br

Leticia Rodrigues Soares é aluna de graduação em Engenharia Elétrica da UFRJ e pesquisadora de iniciação científica do laboratório Cenergia.

Contato: leticia.rodrigues@poli.ufrj.br

Lucas Paiva Ferraz é graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e mestrando em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/UFPA).

Contato: lucferraz8@gmail.com

Lucas Silva Carvalho é engenheiro florestal pela UFRJ e doutorando e mestre em Planejamento Ambiental pela Coppe-UFRJ.

Contato: lucascarvalho@ppe.ufrj.br

Lucca Lanaro é mestre em engenharia mecânica e engenheiro aeronáutico pela EESC/USP.

Contato: lucca.lanaro@gmail.com

Luciana Alves é especialista em restauração do programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: luciana.alves@wri.org

Luiz Bernardo Baptista é doutorando em Planejamento Energético na Coppe-UFRJ e pesquisador do Cenergia nos temas de modelagem integrada e mudanças climáticas.

Contato: luizbernardo@ppe.ufrj.br

Marco Guzzetti é analista de sustentabilidade e mestre em Gestão Ambiental pela Universidade de Stirling, Reino Unido e bacharelado em Biologia pela Universidade de Milão, Itália.

Contato: marco.guzzetti@ke-srl.com

Maria Amélia Enriquez é economista, PhD em desenvolvimento sustentável e professora da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: amelia@ufpa.br

Maria Eduarda Senna Mury é advogada, mestre em Energia e Mudanças Climáticas pela Universidade de Westminster em Londres e analista legal do Center for Climate Crime Analysis (CCCA).

Contato: maria.mury@climatecrimeanalysis.org

Mariana Império é engenheira de produção, mestre e doutora em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ. Atua como pesquisadora no Cenergia.

Contato: marianaimperio@poli.ufrj.br

Mariana Oliveira é gerente do programa de Florestas, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: mariana.oliveira@wri.org

Mariana Padilha Campos Lopes é engenheira agrícola, mestre e doutora em Planejamento Energético.

Contato: mariana.padilha@ppe.ufrj.br

Marília Gabriela Silva Lobato é consultora do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da UFPA.

Contato: mariliaunifap@gmail.com

Marta Salomon é jornalista especializada em políticas públicas, doutora em Desenvolvimento Sustentável pela UnB, pesquisadora no Laboratório de Política e Sustentabilidade, professora colaboradora na UnB e na revista Piauí.

Contato: marta.salomon@hotmail.com

Paulo Camuri é Economista Principal em Angola, Banco Africano de Desenvolvimento (AfDB). É ex-Economista Sênior do WRI Brasil.

Contato: pcamuri@hotmail.com

Pedro Filipe Campos Rampini é engenheiro Ambiental pela PUC-Rio, mestre e doutorando em Planejamento Energético pela Coppe-UFRJ.

Contato: pedrorampini@gmail.com

Pedro R. R. Rochedo é professor adjunto da Coppe-UFRJ e da Escola de Química da UFRJ. Autor de mais de 40 artigos científicos e vencedor do Prêmio Vale-Capes.

Contato: rochedopedro@gmail.com

Rafael Feltran-Barbieri é economista sênior dos programas de Clima e de Floresta, Uso da Terra e Agricultura do WRI Brasil.

Contato: rafael.barbieri@wri.org

Raissa Guerra é pesquisadora do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), bióloga e mestre em Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UnB), e doutora em Ecologia Interdisciplinar pela Universidade da Flórida.

Contato: raissa.guerra@ipam.org.br

Raul Ventura é professor adjunto da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: netoventuraraul@gmail.com

Ricardo Theophilo Folhes é professor adjunto da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contato: rfolhes@gmail.com

Roberto Schaeffer é professor titular da Coppe-UFRJ, editor-associado da revista científica internacional *Energy* e membro titular da Academia Brasileira de Ciências.

Contato: roberto@ppe.ufrj.br

Rodney Rooney Salomão Reis é engenheiro florestal especializado em geoprocessamento e analista em Geoprocessamento do Center for Climate Crime Analysis (CCCA).

Contato: rodney.salomao@climatecrimeanalysis.org

Rogger Mathaus Magalhães Barreiros é consultor do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da UFPA.

Contato: roggermathausmb@gmail.com

Táisa Nogueira Morais é engenheira de bioprocessos, doutoranda em Planejamento Energético na Coppe-UFRJ e pesquisadora do Cenergia no tema de aproveitamento de resíduos.

Contato: taisanm@ppe.ufrj.br

Tarik Marques do Prado Tanure é doutor em Economia pelo Cedeplar/UFMG e pós-doutor em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Federal do Paraná (PPGDE/UFPR). É integrante do Núcleo de Pesquisa em Modelagem Econômica e Ambiental (Nemea) do Cedeplar/UFMG.

Contato: tariktanure@gmail.com

Terciane Sabadini Carvalho é professora adjunta do Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico (PPGDE/UFPR). É diretora administrativa da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos.

Contato: tersabadini@gmail.com

Thiago Cavalcante Simonato é doutorando em Economia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (Cedeplar/UFMG).

Contato: thiagocavalcantesimonato@hotmail.com

Virgínia Barbosa é consultora de Finanças Verdes do WRI Brasil, com graduação em Relações Internacionais pelo IBMEC-RJ e pós-graduação em Gestão Financeira pela Fundação Getúlio Vargas.

Contato: virginiapbarbosa@gmail.com

WRI Brasil

Rua Cláudio Soares, 72 Cj. 1510
05422-030 | São Paulo (SP)
Tel.: +55 11 3032-1120

Av. Independência, 1299 Cj. 401
90035-077 | Porto Alegre (RS)
Tel.: +55 51 3312-6324

wribrasil.org.br

New Climate Economy

c/o World Resources Institute
10 G St NE
Suite 800
Washington, DC 20002, USA
+1 (202) 729-7600

www.newclimateeconomy.net

<https://doi.org/10.46830/wriipt.22.00034>



Copyrights 2023 World Resources Institute. Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Para ver uma cópia da licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>