

UM CHAMADO DE AÇÃO GLOBAL PARA EVITAR OS 'PONTOS DE NÃO-RETORNO' DA FLORESTA AMAZÔNICA

Marina Hirota • Carlos A. Nobre • Ane Alencar • Julia Arieira
• Francisco de Assis Costa • Bernardo Flores • Clarissa
Gandour • Carmen Josse • Carolina Levis • German Póveda
• Carlos Eduardo F. Young

I. A AMAZÔNIA COMO ELEMENTO DE INCLINAÇÃO DA SISTEMA TERRESTRE

A. A AMAZÔNIA COMO UMA ENTIDADE DO SISTEMA TERRESTRE E SUAS CONTÍNUAS E SEM PRECEDENTES MUDANÇAS

Durante a COP26 em Glasgow, mais de 240 cientistas renomados divulgaram o Relatório de Avaliação da Amazônia 2021, uma iniciativa inédita que articulou esforços para encontrar caminhos sustentáveis para a região. A Avaliação alertou a comunidade global sobre a importância da Amazônia como elemento-chave do sistema climático da Terra e o risco de mudanças ambientais catastróficas projetadas para a região, incluindo a possível ultrapassagem de pontos de não-retorno ou *tipping points* da Floresta Amazônica.

Devido à sua localização tropical e vasta área (7 milhões de km²), o sistema florestal amazônico é um elemento chave do sistema terrestre, exercendo uma forte influência biofísica e biogeoquímica, tanto dentro como fora dos trópicos. A Amazônia é um elemento-chave do balanço global de carbono, com os 83% do sistema florestal remanescente armazenando 150-200 bilhões de toneladas de carbono no solo e

vegetação. As florestas maduras da Amazônia atuam como sumidouro de carbono, absorvendo cerca de 20 PgC_y⁻¹. As florestas amazônicas também funcionam como uma bomba de água gigante, pois o resfriamento evaporativo fornece o vapor d'água para gerar chuva a favor do vento. Até 50% da precipitação amazônica é reciclada regionalmente pela floresta, sustentando um alto fluxo de umidade atmosférica dentro da região proveniente do Oceano Atlântico e mantendo altas taxas de evapotranspiração durante todo o ano. O gradiente NW-SE da sazonalidade das chuvas, com estações secas mais longas nas regiões sul e sudeste, acompanha uma transição de floresta para floresta semidecídua e savana tropical. Aumentos na duração e intensidade da estação seca geram condições propícias a incêndios induzidos pelo homem, que estão quase ausentes na dinâmica das florestas de dossel fechado.

A especialização ecológica e a especiação na Amazônia ocorreram ao longo de milhões de anos, mediadas por ciclos biogeoquímicos globais e pela extraordinária heterogeneidade da Amazônia em condições hidroclimáticas, solos, disponibilidade de nutrientes e interações bióticas. Sua história geológica única, incluindo o soerguimento andino e a formação do rio Amazonas há 10 milhões de anos, criou uma extraordinária diversidade de condições ambientais, que moldaram um mosaico único de mais de 50 ecossistemas terrestres e aquáticos. Há também um complexo acoplamento biogeofísico entre o alto Andes e a planície amazônica por meio de rios aéreos e da rede do rio Amazonas. Este sistema complexo detém cerca de 13% da biodiversidade de vertebrados e plantas vasculares do planeta, a maioria das quais permanece desconhecida¹.

A Amazônia abriga mais de 400 grupos Indígenas, além de comunidades ribeirinhas e afrodescendentes, todos com profundo conhecimento das funções dos ecossistemas. Essas sociedades têm gerenciado ecossistemas de florestas e savanas por centenas de anos a milênios, aumentando a produtividade das paisagens, alterando a distribuição de espécies de plantas e aumentando a disponibilidade de alimentos para melhorar seu próprio bem-estar sem causar desmatamento em grande escala. Hoje, esses grupos desempenham um papel importante na proteção da floresta contra as atividades industriais e agrícolas modernas que degradam os ecossistemas, mantendo assim o sumidouro de carbono florestal dentro de seus territórios (veja também a publicação da SPA “O papel dos Povos Indígenas da Amazônia no Combate à Crise Climática”).

Nos últimos quatro anos, a Amazônia experimentou um aumento dramático na perda de florestas devido a retrocessos na política ambiental². Na Amazônia brasileira, taxas de desmatamento subiram 17% em um único ano, de 2020 a 2021³. A perda de florestas emite milhões a bilhões de toneladas de carbono por ano, dependendo de extremos de seca, incêndios e taxas de desmatamento. Essas mudanças impactam os ciclos hidrológicos e do carbono, resultando em mudanças climáticas locais a globais.

Além da perda florestal, a Amazônia tem sido impactada por distúrbios antropogênicos que afetam a integridade florestal⁴. Os distúrbios agravantes incluem incêndios recorrentes que escapam de campos agrícolas e áreas recentemente desmatadas, extração de madeira insustentável (ou seja, extração convencional ou ilegal) e a criação de bordas florestais, que alteram a estrutura florestal de áreas desmatadas e adjacentes. Tomados em conjunto, esses distúrbios reduziram a resiliência da floresta, especialmente aos incêndios florestais⁴⁻⁶. O aumento da inflamabilidade também gera um ciclo de feedback, pelo qual o aumento das temperaturas da superfície e os ciclos hidrológicos alterados aumentam ainda mais o risco de incêndios florestais^{7,8}. Incêndios florestais

impactaram intensamente cerca de 11% da floresta em pé na Amazônia brasileira⁹, e contribuiu para aproximadamente 17% das florestas degradadas de hoje em toda a Bacia¹⁰. Esses incêndios representam atualmente uma fonte não contabilizada de emissões nos inventários nacionais que podem variar de 20% a 50% da média anual de emissões de CO₂ associadas ao desmatamento^{6,11,12}.

Essas novas pressões também testam a tolerância de espécies individuais e ecossistemas inteiros à variabilidade climática, bem como a capacidade da sociedade de se adaptar a novos regimes climáticos. A necessidade de reverter essa trajetória é, portanto, imediata para evitar o risco de cruzar pontos socioecológicos de não-retorno.

B. RISCOS DE PONTOS DE NÃO-RETORNO IRREVERSÍVEIS NOS ECOSISTEMAS AMAZÔNICOS

Um ‘ponto de não-retorno’ é o ponto em que uma pequena mudança em um estressor ou estado do ecossistema faz com que todo o ecossistema mude abruptamente para um estado estável alternativo, acelerado por mecanismos de feedback amplificadores (ou auto-reforçados). Quando eventos de gatilhos de mudanças se tornam contagiosos, como epidemias ou incêndios florestais, eles podem causar colapso sistêmico. Compreender esses limites pode ajudar a sociedade a gerenciar a resiliência amazônica e evitar cruzar pontos de não-retorno.

A literatura científica identifica cinco potenciais pontos de não-retorno na Amazônia, cada um relacionado a um determinado estressor: (1) aumento médio da temperatura global de 2°C em relação aos níveis pré-industriais; (2) 1.000 mm de precipitação anual local; (3) - 400 mm de déficit hídrico máximo acumulado; (4) duração da estação seca de 6 meses; e (5) perda florestal acumulada de 20%. Além disso, em áreas onde a precipitação reduz abaixo de 1.800 mm por ano, as florestas tornam-se instáveis, com maior risco de cruzar

tipping points ou pontos de não-retorno. Esses cinco estressores podem se intensificar em sincronia (por exemplo, menos floresta pode exacerbar e gerar menos chuvas e mais incêndios), implicando que os pontos de não-retorno podem surgir mais cedo do que o esperado. Recomendamos que a sociedade trabalhe de forma colaborativa para gerenciar esses estressores e evitar que os tipping points da Amazônia sejam ultrapassados.

Ultrapassar estes pontos de não-retorno pode conduzir a três ecossistemas alternativos: (i) <florestas degradadas> em regiões com condições pluviométricas que sustentam florestas estáveis; (ii) 'ecossistemas de dossel aberto degradado' em regiões que suportam florestas e estados não florestais (ou seja, biestáveis); e (iii) savanas de areia branca (e.g., campina) em regiões de floresta estável e biestável em áreas inundadas sazonalmente. Cada alternativa está associada a diferentes combinações de distúrbios e mecanismos de retroalimentação.

Em toda a Amazônia, distúrbios combinados podem levar a mudanças heterogêneas em resiliência em toda a Bacia. No oeste, onde existem as florestas mais resilientes, as florestas podem estar ganhando resiliência, mas a perturbação pode prejudicar esse processo.

As mudanças climáticas globais afetam de forma heterogênea a Amazônia. Estima-se que tenha havido um aumento médio de ~1°C nas últimas três décadas. Além disso, nas porções do sul da Bacia, a estação seca se prolongou em aproximadamente 5 semanas, enquanto a temperatura aumentou 2-3°C nos últimos 40 anos. Nas partes mais secas da Amazônia, como ao longo da transição Amazônia-Cerrado, a temperatura subiu 0,45°C por década e a temperatura média ~1°C nos últimos 20 anos¹³. No sudeste, norte, centro e sul da Bacia, as florestas enfrentam uma pressão crescente de distúrbios combinados, perdendo resiliência¹⁴. Sudeste já se transformou em fonte de carbono para a atmosfera¹⁵, enquanto a composição e função da floresta estão se tornando mais homogêneas no sul¹⁶.

A destruição da Floresta Úmida Amazônica resultante de mudanças climáticas, desmatamento,

degradação e incêndios florestais impactará não apenas a região, mas também o globo, emitindo de 110 a 275 toneladas de CO₂eq e aumentando a temperatura de equilíbrio global em 0,1-0,2°C¹⁷.

C. DINÂMICA DO DESMATAMENTO E CRESCIMENTO ECONÔMICO

Entre as décadas de 1960 e 1980, o desmatamento foi incentivado diretamente pelo governo brasileiro como forma de apoiar a migração para a Amazônia e promover seu desenvolvimento econômico. Mais recentemente, os incentivos à migração eram indiretos (relacionados a grandes projetos de desenvolvimento de infraestrutura, por exemplo, estradas e barragens), mas ainda levavam à ocupação ilegal de terras¹. Projetos de infraestrutura, cultivos ilícitos e expansão da pecuária também impulsionam o desmatamento em países como Bolívia e Colômbia¹⁸. Esse padrão de uso e mudança do uso da terra dependeu fortemente da exploração dos recursos naturais da região, da expulsão dos povos Indígenas e comunidades locais (IPLCs) de suas terras ancestrais e da substituição da floresta por usos alternativos, supostamente produtivos.

Nesse contexto, a conversão da floresta nativa para outros usos da terra, como pecuária ou agricultura, tem se acelerado nas últimas décadas. As florestas amazônicas perdem mais cobertura de árvores anualmente devido ao desmatamento do que em qualquer outro lugar em todo o cinturão tropical¹⁹. Além da conversão florestal, vários fatores causaram fragmentação florestal, degradação e mudanças na temperatura da superfície^{20,21}. Entre as pressões sobre as florestas amazônicas estão: i) especulação fundiária, principalmente em terras públicas⁹; ii) migração intensiva estimulada pela melhoria do acesso rodoviário a terrenos 'vagos' e atraída pelos inúmeros empregos oferecidos por grandes projetos de infraestrutura²²; iii) expansão de pastagens extensivas e ineficientes²³, e iv) pressão para converter pastagens em culturas de commodities, o que impulsiona ainda mais a expansão de pastagens para florestas²⁴.

Atividades ilegais, como mineração, extração de madeira e violência extrema (e.g., homicídios), também contribuem, abrindo caminho para capitalizar investimentos de alto risco de conversão florestal em terras públicas (e.g.,^{25,26}). Quando há uma governança federal fraca ou ausente, esses motores de destruição interagem de maneiras distintas, causando taxas crescentes de queimadas de desmatamento, como visto na Amazônia brasileira desde 2019⁹.

O desmatamento não está associado apenas a atividades ilegais, mas também a atividades em grande parte improdutivas. Embora as pastagens ocupem quase três quartos da área historicamente desmatada²⁷, eles normalmente exibem uma produtividade muito baixa²⁸. Por isso, quase um quinto da área desmatada foi abandonada, em vez de ser utilizada produtivamente²⁷. Há evidências de que a redução do desmatamento não compromete a produção agrícola. Entre 2004 e 2012, quando a taxa de desmatamento na Amazônia brasileira caiu 84%, o PIB agrícola real da região aumentou mais de 50%^{29,30}. Isso é corroborado pelas constatações de que as políticas que ajudaram a reduzir a perda de florestas – incluindo esforços de comando e controle, além de áreas protegidas produtivas – não impactaram negativamente a produção agrícola local^{31,32,33}.

O desmatamento não pode ser justificado como condição necessária para expandir a produção agrícola ou promover o desenvolvimento socioeconômico na Amazônia. Em vez disso, há amplo espaço para aumentar a produção nas vastas extensões de terras já desmatadas ou degradadas na região³⁴. Áreas já abertas e subutilizadas podem ser um insumo valioso para mercados emergentes, como créditos de carbono ou sistemas agroflorestais (veja a publicação do SPA “Transformando a Amazônia através de Arcos de Restauração”). Além de aumentar a produtividade de áreas desmatadas e degradadas, esses mercados em desenvolvimento podem gerar oportunidades de emprego e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico.

As florestas primárias em pé oferecem oportunidades

econômicas significativas, particularmente à luz dos mecanismos emergentes para compensar financeiramente os proprietários de terras por evitarem o des-matamento e a degradação. Por exemplo, sob as condições da Coalizão para Redução de Emissões pela Aceleração de Financiamento Florestal (LEAF), eliminar o desmatamento na Amazônia brasileira até 2031 poderia gerar receitas de US\$ 18,2 bilhões³⁵. As transações da Coalizão LEAF devem obedecer ao Padrão de Excelência Ambiental REDD+ (TREES) desenvolvido pela Arquitetura para Transações REDD+ (ART), que permite que as jurisdições que têm consistentemente grandes estoques florestais e baixas taxas de perda também se beneficiem de compensação. Isso é particularmente relevante para garantir o futuro financeiro dos IPLCs em territórios protegidos.

II. O ESPAÇO DAS SOLUÇÕES: APRIMORANDO A RESILIÊNCIA SOCIOECOLÓGICA PARA SE AFASTAR DOS PONTOS DE NÃO-RETORNO

A. GOVERNANÇA EM GRANDES ESCALAS: A NECESSIDADE DE MELHORIA E INOVAÇÃO DE POLÍTICAS

O apoio político é de suma importância para combater a perda florestal na Amazônia. Existem três cursos de ação que devem ser priorizados:

1. Proteger a vegetação nativa: A experiência do Brasil na proteção da vegetação nativa oferece um exemplo convincente de viabilidade e custo-

benefício. Entre 2004 e 2012, o desmatamento na Amazônia brasileira caiu quase 84%, de mais de 27.000 km² para 4.500 km²²⁹. Os esforços de conservação implementados no âmbito de um plano de ação da política federal tiveram um papel crucial nessa redução^{36,37}. O plano propôs várias novas políticas e inaugurou um projeto colaborativo para planejamento e implementação de políticas de conservação.

O fortalecimento do monitoramento ambiental e da aplicação da lei no âmbito do plano de ação, que aumentou a capacidade da aplicação da lei de impor penalidades obrigatórias e caras, foi fundamental para reduzir a perda de florestas. Esses esforços não foram apenas eficazes para a proteção florestal, mas também econômicos mesmo por estimativas muito conservadoras³⁶. A expansão estratégica de territórios protegidos serviu como barreiras ao avanço do desmatamento em áreas sob pressão^{38,39}. O fortalecimento dos instrumentos financeiros mostrou-se eficaz na proteção da floresta, ao mesmo tempo em que a exigência do cumprimento das normas ambientais e fundiárias como condição de acesso ao crédito contribuiu para a redução do desmatamento⁴⁰.

2. Atingir regiões críticas e combater

atividades ilegais: A priorização de áreas críticas é importante para combater o desmatamento, porque a perda florestal na Amazônia é altamente concentrada. No Brasil, por exemplo, apenas vinte e quatro municípios respondem por quase metade da área total desmatada desde 2016²⁹. No passado, a estratégia do Brasil de atingir esses municípios com fiscalização ambiental rigorosa foi eficaz na redução do desmatamento³².

Além disso, dado que o desmatamento na região ainda é majoritariamente ilegal⁴¹, o fortalecimento do controle ambiental é uma prioridade absoluta. É imperativo que os países amazônicos eliminem a impunidade atualmente associada ao desmatamento ilegal. Para fazer isso, o país deve recuperar sua capacidade de fornecer uma resposta vinculante de

aplicação da lei, o que requer a reestruturação da governança ambiental para apoiar procedimentos sancionatórios e penalidades eficazes. Também é extremamente importante combater a apropriação ilegal de terras. As florestas públicas que aguardam designação têm sido fortemente visadas por grileiros que destroem a floresta e forjam títulos para reivindicar a propriedade⁴². O combate a essa prática ilegal é vital, não apenas por sua associação direta com a redução do desmatamento, mas também porque reduz o crime, a corrupção e a violência nas áreas rurais.

3. Considere a degradação florestal e proteja

as florestas secundárias: A proteção florestal deve ir além do combate ao desmatamento. A degradação florestal reduz a resiliência do ecossistema, tornando-o mais suscetível a danos futuros. Também interfere na provisão de serviços ecossistêmicos, causa perda de biodiversidade e reduz a capacidade da floresta de sequestrar carbono⁴³. Estima-se que a degradação represente quase 70% das emissões globais de carbono das florestas tropicais entre 2003 e 2014, enquanto o desmatamento representou os 30% restantes⁴⁴. A área de floresta degradada muitas vezes excede a área desmatada, mas a política essencialmente ignorou a questão. O combate à degradação deve ser incorporado à agenda de conservação da Amazônia, bem como aos compromissos de redução das emissões de gases de efeito estufa².

As políticas de conservação da Amazônia devem prestar mais atenção ao aumento e proteção da regeneração florestal. Em 2017, as florestas secundárias cobriam 235 M km² (ou 29%) da Amazônia, 77% dos quais no Brasil. Enquanto apenas 9% das emissões do desmatamento são compensadas pelo sequestro de carbono por florestas secundárias na Amazônia brasileira, alguns estados, como o Estado do Amazonas, compensam cerca de 18%.⁴⁵

Atualmente, o Brasil não possui um sistema oficial que

monitore essas áreas de forma sistemática e regular. A incorporação de vegetação secundária em sistemas de monitoramento florestal é técnica e financeiramente viável, mas requer apoio de políticas^{2,46}.

B. GOVERNANÇA EM ESCALAS LOCAIS: PROMOVENDO A GESTÃO LOCAL E ENGAJANDO AS COMUNIDADES LOCAIS

Durante os 12.000 anos de ocupação indígena da Amazônia, as sociedades indígenas (e mais recentemente as comunidades afrodescendentes e outras comunidades tradicionais) desenvolveram estratégias e tecnologias de uso da terra altamente adaptadas às condições ambientais locais¹. Essa interação de longo prazo entre os IPLCs e seu ambiente moldou a estrutura e a composição dos ecossistemas amazônicos para atender às necessidades humanas, mas não interrompeu as funções dos ecossistemas e, em alguns casos, melhorou os serviços ecossistêmicos (ver, por exemplo,⁴⁷⁻⁵³). Na ausência de desmatamento em larga escala, práticas e ferramentas de manejo indígenas criaram e mantiveram florestas resilientes até os dias atuais, enquanto expandiam sistemas de produção de alimentos que fornecem sustento e renda a milhões de pessoas^{50,54}. Terras Indígenas, terras de outras comunidades tradicionais e áreas protegidas sob diferentes regimes de posse cobrem atualmente 48,7% da Amazônia, protegendo quase metade de suas florestas remanescentes e outros ecossistemas terrestres e aquáticos⁵⁵. Na Amazônia brasileira, os povos indígenas atuam como guardiões de 115 milhões de hectares de florestas bem conservadas⁵⁶, que representam um estoque de carbono equivalente a mais de um ano de emissões globais de gases de efeito estufa (aproximadamente 10 bilhões de toneladas de carbono;⁵⁷; ver também a publicação da SPA 'Papel dos IPLCs na Crise Climática'). Dentro de seus territórios, os IPLCs também contribuíram significativamente para diminuir a perda de biodiversidade⁵⁸ e evitar a extinção de espécies-chave⁵⁹, que são essenciais para manter os

ecossistemas resilientes diante das adversidades⁶⁰. Além disso, práticas indígenas de uso da terra (e.g., cultivo itinerante) podem favorecer a regeneração de florestas após distúrbios e dar apoio a restauração de paisagens degradadas⁶¹. Fortalecer as práticas sustentáveis e o conhecimento dos IPLCs é fundamental para aumentar a resiliência das florestas e garantir meios de subsistência que melhorem a adaptação dos IPLCs às mudanças climáticas. (ver também a publicação da SPA 'Papel dos IPLCs na Crise Climática').

A produção de produtos da sociobiodiversidade na Amazônia Legal, principalmente por IPLCs, atingiu PIB de R\$ 11 bilhões em 2020, com 50,4% dos produtos indo para os mercados locais, 40,7% para o restante do Brasil e 2,6% para o mercado mundial⁶². A região contribui com apenas 0,17% das exportações mundiais de produtos florestais tropicais⁶³. Nesse sentido, as estratégias de marketing de valor agregado já ocorrem nos mercados locais, que reconhecem a identidade territorial nas mercadorias e, assim, qualificam os produtos e dão sentido aos seus usos, ampliando o leque de oportunidades criativas de diversificação de usos e fortalecendo a apreciação do simbólico na valorização da identidade territorial. No entanto, fica evidente que o fortalecimento dessa nova bioeconomia exige que cadeias de suprimentos mais longas (ou seja, que incluem mercados internos e externos) incorporem essa identidade territorial amazônica ao mesmo tempo em que capturam valores de mercado.

A produção rural requer iniciativas de governança e políticas públicas mais fortes para melhorar e desenvolver as cadeias produtivas. Atualmente, os produtores rurais retêm 25% do valor gerado pelos bens que produzem. O fortalecimento da governança e o apoio aos produtores podem ajudar a corrigir assimetrias nas relações políticas, financeiras e de mercado, principalmente por meio da prestação de assistência técnica e acesso ao crédito. Isso poderia simultaneamente garantir o desenvolvimento tecnológico de sistemas agroecológicos para manter ou recuperar ecossistemas degradados. A ideia principal por trás de tais iniciativas é garantir

que o conhecimento ancestral e tácito dos IPLCs esteja em diálogo com a ciência, levando em conta a grande heterogeneidade embutida nas práticas e potencialidades dos IPLCs.

A produção industrial e os serviços, que retêm 31% e 10,4% do valor agregado, respectivamente, exigem políticas mais sistêmicas de promoção da cooperação, tanto entre as empresas existentes, quanto entre essas empresas e outros atores da economia sociobiodiversa. Isso poderia gerar arranjos produtivos locais que melhorassem criativamente as capacidades endógenas e as integrassem com recursos exógenos. O sistema construtivo da economia da sociobiodiversidade pretende ser uma plataforma de organização, geração e processamento de conhecimento e informação, capaz de promover de forma abrangente e operacional a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

C. GESTÃO COLABORATIVA TRANSFRONTEIRIÇA

Apesar de grande parte da Amazônia ser conservada dentro de vários tipos e denominações de áreas protegidas, representando uma oportunidade ímpar para reverter os impactos da atual trajetória de intervenção humana e implementar um novo modelo de desenvolvimento sustentável e socialmente inclusivo, há ainda dois pontos de resistência no combate ao desmatamento e à degradação florestal:

(i) O crescimento de áreas protegidas é, em certo sentido, um sucesso para a conservação; no entanto, a conservação pode não ser o objetivo principal na maioria das áreas, uma vez que quase 50% das áreas protegidas já existentes permitem a extração de recursos. Além disso, 14% do desmatamento ocorrido nas últimas duas décadas ocorreu em territórios Indígenas e áreas protegidas.

(ii) Áreas públicas extensas e ainda não designadas não foram exploradas em termos de jurisdições administrativas, posse da terra, territórios ancestrais e acesso, e devem ser designadas como áreas proibidas com moratória para atividades madeireiras ou como áreas sob manejo sustentável.

Enfrentar essas questões requer recursos para a gestão das áreas protegidas e territórios dos IPLCs por seus povos e a participação real e efetiva dos IPLCs no planejamento dos investimentos que os afetam.

As avaliações da eficácia da conservação na Amazônia indicam que o que mais falta é a implementação de uma visão de conservação transfronteiriça que desenvolva planos de conservação abrangentes para grandes ecorregiões para garantir a conectividade entre ecossistemas e abordar cooperações transfronteiriças; este é um dos maiores desafios para a conservação da biodiversidade e adaptação às mudanças climáticas globalmente⁶⁴.

Planos de conservação transfronteiriços não podem ser implementados com sucesso sem fechar a grande lacuna de financiamento entre os recursos disponíveis e os necessários para manter e restaurar os habitats naturais e as funções dos ecossistemas; isso é particularmente desafiador em países em desenvolvimento⁶⁵⁻⁶⁸. Na região amazônica, a conservação é amplamente financiada com recursos públicos, mas há uma tendência consistente de redução dos orçamentos públicos para a gestão ambiental^{31,69}. Embora o fortalecimento dos orçamentos públicos seja necessário, também é fundamental promover parcerias público-privadas para projetar e implementar instrumentos de política baseados no mercado e orientados pela demanda para influenciar o uso da terra⁷⁰.

A Iniciativa de Financiamento da Biodiversidade (BioFIN)^a identificaram mecanismos financeiros para melhorar a conservação no Brasil, principalmente na Amazônia brasileira⁷¹. As recomendações incluem:

^a A BioFIN propõe um critério para identificar soluções financeiras que combinem aspectos econômicos, sociais e ambientais. Prioriza mecanismos capazes de: 1) gerar novas receitas; 2) proporcionar melhor conservação por meio de maior eficácia, eficiência e sinergias; 3) reorientar ou realinhar o financiamento existente; 4) evitar gastos futuros causados pela perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos⁷⁸.

(i) Transferência fiscal ecológica (ICMS-E):
Mecanismo de transferência fiscal, já em uso em alguns estados (incluindo Acre, Amapá, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Tocantins), que redistribui parte das receitas do Imposto sobre Valor Agregado (e.g., ICMS) em nível estadual para governos municipais com base em indicadores ecológicos⁷².

(ii) Pagamentos por serviços ambientais (PES):
Acordos voluntários ou legalmente acordados que incentivam a conservação de serviços ecossistêmicos oferecendo incentivos financeiros ou outros incentivos econômicos. No caso brasileiro, a maioria dos programas de PSA está relacionada à conservação da água ou prevenção de emissões de carbono.

(iii) Cotas de Reserva Ambiental (CRA):
Mecanismo econômico para compensar déficits em propriedades privadas que não cumprem os padrões mínimos de proteção de florestas nativas. Propriedades com cobertura florestal menor do que o mínimo legal podem compensar seu déficit em outra propriedade, desde que ambas as propriedades estejam localizadas em regiões ecologicamente equivalentes⁷³.

(iv) Concessões de turismo em áreas protegidas:
Agências públicas que administram áreas protegidas assinam acordos com operadoras de turismo (empresas privadas ou organizações da sociedade civil), envolvendo diferentes atividades baseadas no turismo (e.g., passagens, transporte, restaurantes, lojas de souvenirs), arrecadando receitas para apoiar a conservação, enquanto promover o desenvolvimento sustentável para as comunidades locais^{74,75}.

(v) Concessões florestais em áreas protegidas com recursos manejados: Acordos para permitir que empresas ou comunidades explorem de forma sustentável recursos não-madeireiros de florestas públicas; isso estimula cadeias de valor para produtos não madeireiros, cria empregos locais e gera receita para a administração pública⁷⁶.

Essas soluções têm o potencial de criar oportunidades econômicas em larga escala. Embora muitos desses instrumentos sejam baseados em negócios privados, eles exigem o envolvimento ativo do setor público, por meio de instrumentos fiscais ou regulatórios. Há necessidade de adaptar tais mecanismos financeiros aos contextos políticos e institucionais locais. No Brasil, a fraca capacidade de gestão pública, as incertezas institucionais e a oposição política à política ambiental são os principais obstáculos à implementação em larga escala desses instrumentos.

Na Colômbia, PNUD (2021)⁷⁷ propõe um Sistema de Crédito à Biodiversidade, baseado no conceito de “bancos de Habitat”, em que empresas privadas cumprem obrigações comprando ou vendendo “créditos” em áreas onde as exigências de compensação são mescladas. Além disso, implementam ações de preservação, melhoria ou restauração de ecossistemas para compensar os impactos negativos sobre a biodiversidade. Estima-se que projetos aprovados e licenciados possam financiar até US\$ 4 milhões de obrigações de compensação pendentes⁷⁷. Outra possibilidade para a Colômbia é o uso de royalties em áreas de interesse ambiental, como páramos, manguezais ou florestas secas. Isso inclui projetos que visam controlar o desmatamento e proteger a biodiversidade nos territórios com as maiores taxas de desmatamento. Neste caso, estima-se que um mínimo de USD 98 milhões poderia estar disponível para melhorar tanto a execução do orçamento público quanto a influência na formulação do orçamento de investimento⁷⁷.

D. REFERÊNCIAS

1. Science Panel for the Amazon (SPA). Amazon Assessment Report 2021. (United Nations Sustainable Development Solutions Network, 2021).
2. Silva Junior, C. H. L. et al. Amazonian forest

- degradation must be incorporated into the COP26 agenda. *Nat Geosci* 14, 634–635 (2021).
3. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Coordenação Geral de Observação da Terra. Programa de Monitoramento da Amazônia e Demais Biomas. Desmatamento – Amazônia Legal. <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/> Acesso em: 22 out. 2022 (2022).
 4. Matricardi, E. A. T. et al. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* (1979) 369, 1378–1382 (2020).
 5. Bullock, E. L., Woodcock, C. E., Souza, C. & Olofsson, P. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. *Glob Chang Biol* 26, 2956–2969 (2020).
 6. Silva Junior, C. H. L. et al. Persistent collapse of biomass in Amazonian forest edges following deforestation leads to unaccounted carbon losses. *Sci Adv* 6, eaaz8360 (2020).
 7. Aragão, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat Commun* 9, 1–12 (2018).
 8. Brando, P. M. et al. The gathering firestorm in southern Amazonia. *Sci Adv* 6, eaay1632 (2020).
 9. Alencar, A., Silvestrini, R., Gomes, J. & Savian, G. Amazônia em chamas: O novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia. (2022).
 10. Bullock, E. L., Woodcock, C. E., Souza, C. & Olofsson, P. Satellite based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. *Glob Chang Biol* 26, 2956–2969 (2020).
 11. Silva, C., Alencar, A., Pontes, A., Shimbo, J. & Silva, W. The hidden emissions: how Amazon wildfires can boost Brazil's CO₂ emissions. <https://ipam.org.br/> (2021).
 12. Kruid, S. et al. Beyond Deforestation: Carbon Emissions From Land Grabbing and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change* 4, 105 (2021).
 13. Marengo, J. A., Jimenez, J. C., Espinoza, J.-C., Cunha, A. P. & Aragão, L. E. O. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia–Cerrado transition zone. *Sci Rep* 12, 457 (2022).
 14. Boulton, C. A., Lenton, T. M. & Boers, N. Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nat Clim Chang* 12, 271–278 (2022).
 15. Gatti, L. v. et al. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 2021 595:7867 595, 388–393 (2021).
 16. Esquivel Muelbert, A. et al. Compositional response of Amazon forests to climate change. *Glob Chang Biol* 25, 39–56 (2019).
 17. McKay, D. I. A. et al. Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science* (1979) 377, (2022).
 18. Hoffmann, C., García Márquez, J. R. & Krueger, T. A local perspective on drivers and measures to slow deforestation in the Andean–Amazonian foothills of Colombia. *Land use policy* 77, 379–391 (2018).
 19. Hansen, M. C. et al. Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 9439–9444 (2008).
 20. Silvério, D. v et al. Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing. *Environmental Research Letters* 10, 104015 (2015).
 21. Alencar, A. A., Brando, P. M., Asner, G. P. & Putz, F. E. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecological Applications* 25, 1493–1505 (2015).
 22. Garcia, R. A., Soares-Filho, B. S. & Sawyer, D. O. Socioeconomic dimensions, migration, and deforestation: An integrated model of territorial organization for the Brazilian Amazon. *Ecol Indic* 7, 719–730 (2007).
 23. Bowman, M. S. et al. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: A spatial analysis of the rationale for beef production. *Land use policy* 29, 558–568 (2012).
 24. Arima, E. Y., Richards, P., Walker, R. & Caldas, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters* 6, 024010 (2011).

25. Stabile, M. C. C. et al. Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. *Land use policy* 91, 104362 (2020).
26. Sant'Anna, A. A. & Young, C. E. F. Direitos de propriedade, desmatamento e conflitos rurais na Amazônia. *Economia Aplicada* 14, (2010).
27. INPE and EMBRAPA. TerraClass Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Preprint at <https://www.embrapa.br/agricultura-digital/relatorio-destaques-2015-2016/transferencia-de-tecnologia/destaques/terraclass> (2016).
28. Strassburg, B. B. N. et al. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change* 28, 84–97 (2014).
29. INPE. Projeto PRODES - Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> (2022).
30. IBGE. Produto interno bruto dos municípios. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?edicao=29720&t=destaques> (2018).
31. Young, C. E. F. & Medeiros, R. Quanto vale o verde: A importância econômica das unidades de conservação brasileiras. (2018).
32. Assunção, J. & Rocha, R. Getting greener by going black: the effect of blacklisting municipalities on Amazon deforestation. *Environ Dev Econ* 24, 115–137 (2019).
33. Koch, N., Ermgassen, E. K. H. J., Wehkamp, J., Oliveira Filho, F. J. B. & Schwerhoff, G. Agricultural Productivity and Forest Conservation: Evidence from the Brazilian Amazon. *Am J Agric Econ* 101, 919–940 (2019).
34. Stabile, M. C. C. et al. Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. *Land use policy* 91, 104362 (2020).
35. Pietracci, B., Paltseva, J., Schwartzman, S. & Lubowsk, R. Financial Opportunities for Brazil from Reducing Deforestation in the Amazon. <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Financial-Opportunities-for-Brazil-from-Reducing-Deforestation-in-the-Amazon-3.pdf> (2022).
36. Assunção, J., Gandour, C. & Rocha, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? *Environ Dev Econ* 20, 697–722 (2015).
37. West, T. A. P. & Fearnside, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. *Land use policy* 100, 105072 (2021).
38. Walker, W. S. et al. The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. *Proc Natl Acad Sci U S A* 117, 3015–3025 (2020).
39. Pfaff, A., Robalino, J., Lima, E., Sandoval, C. & Herrera, L. D. Governance, Location and Avoided Deforestation from Protected Areas: Greater Restrictions Can Have Lower Impact, Due to Differences in Location. *World Dev* 55, 7–20 (2014).
40. Assunção, J., Gandour, C., Rocha, R. & Rocha, R. The Effect of Rural Credit on Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon. *The Economic Journal* 130, 290–330 (2020).
41. MapBiomas. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2020. <http://alerta.mapbiomas.org> (2021).
42. Azevedo-Ramos, C. & Moutinho, P. No man's land in the Brazilian Amazon: Could undesignated public forests slow Amazon deforestation? *Land use policy* 73, 125–127 (2018).
43. IPCC. 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. in Summary for Policymakers (eds. P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Z., R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. & Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. M.) (WMO, UNEP, 2019).

44. Baccini, A. et al. Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science* (1979) 358, 230–234 (2017).
45. Smith, C. C. et al. Old-growth forest loss and secondary forest recovery across Amazonian countries. *Environmental Research Letters* 16, 085009 (2021).
46. Assunção, J., Almeida, C. & Gandour, C. Brazil needs to monitor its tropical regeneration remote monitoring system is technologically feasible, but needs public policy support. <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/brazil-needs-to-monitor-its-tropical-regeneration/> (2020).
47. Balée, W. L. *Cultural Forests of the Amazon : a Historical Ecology of People and Their Landscapes.* (The University of Alabama Press, 2013).
48. Levis, C. et al. Forest conservation: Humans' handprints. *Science* (1979) 355, 466–467 (2017).
49. Franco-Moraes, J. et al. Historical landscape domestication in ancestral forests with nutrient-poor soils in northwestern Amazonia. *For Ecol Manage* 446, 317–330 (2019).
50. Levis, C. et al. How people domesticated Amazonian forests. *Front Ecol Evol* 5, (2018).
51. Nunes, S., Oliveira, L., Siqueira, J., Morton, D. C. & Souza, C. M. Unmasking secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters* 15, 034057 (2020).
52. de Oliveira, E. A. et al. Legacy of Amazonian Dark Earth soils on forest structure and species composition. *Global Ecology and Biogeography* 29, 1458–1473 (2020).
53. WinklerPrins, A. M. G. A. & Levis, C. Reframing Pre-European Amazonia through an Anthropocene Lens. <https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1843996> 111, 858–868 (2021).
54. Flores, B. M. & Levis, C. Human-food feedback in tropical forests. *Science* (1979) 372, 1146–1147 (2021).
55. RAISG. Amazônia 2021 Áreas naturais protegidas e territórios indígenas. <https://www.raisg.org/pt-br/publicacao/amazonia-2021-areas-protegidas-e-territorios-indigenas/> (2021).
56. Walker, W. S. et al. The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117, 3015–3025 (2020).
57. Quéré, C. et al. Global Carbon Budget 2018. *Earth Syst Sci Data* 10, 2141–2194 (2018).
58. Schuster, R., Germain, R. R., Bennett, J. R., Reo, N. J. & Arcese, P. Vertebrate biodiversity on indigenous-managed lands in Australia, Brazil, and Canada equals that in protected areas. *Environ Sci Policy* 101, 1–6 (2019).
59. Estrada, A. et al. Global importance of Indigenous Peoples, their lands, and knowledge systems for saving the world's primates from extinction. *Sci Adv* 8, 29 (2022).
60. IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://ipbes.net/global-assessment> (2019).
61. Schmidt, M. V. C. et al. Indigenous Knowledge and Forest Succession Management in the Brazilian Amazon: Contributions to Reforestation of Degraded Areas. *Frontiers in Forests and Global Change* 4, 31 (2021).
62. Fernandes, D. A., de Assis Costa, F., Folhes, R., Silva, H. & Neto, R. V. Made centro de pesquisa em macroeconomia das desigualdades Nota de Política Econômica Por uma bioeconomia da socio-biodiversidade na Amazônia: lições do passado e perspectivas para o futuro. https://madeusp.com.br/wp-content/uploads/2022/08/npe_23_madepdf.pdf (2022).
63. Coslovsky, S. Oportunidades para Exportação de Produtos Compatíveis com a Floresta na Amazônia Brasileira. (2021).
64. UNEP. Post-2020 Global Biodiversity Framework. UNEP <https://www.unep.org/resources/publication/1st-draft-post-2020-global-biodiversity-framework> (2022).
65. OECD. OECD. <https://www.oecd.org/economic-outlook/december-2020/> (2020).
66. Deutz, A. , et al. Financing Nature: Closing the global biodiversity financing gap. The Paulson Institute, The Nature Conservancy, and the Cornell Atkinson Center

for Sustainability. . (2020).

67. Meyers, D. et al. Conservation Finance: A Framework. (2020).

68. Sachs, J. , Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G. & Fuller, G. Sustainable Development Report 2019. (2019).

69. WWF. Living Planet Report - 2018: Aiming Higher. (WWF, 2018).

70. Lambin, E. F. et al. The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation. *Nature Climate Change* 2018 8:2 8, 109–116 (2018).

71. Young, C. E. F. & Castro, B. S. Financing mechanisms to bridge the resource gap to conserve biodiversity and ecosystem services in Brazil. *Ecosyst Serv* 50, 101321 (2021).

72. de Castro-Pardo, M., Martín Martín, J. M. & Azevedo, J. C. A new composite indicator to assess and monitor performance and drawbacks of the implementation of Aichi Biodiversity Targets. *Ecological Economics* 201, 107553 (2022).

73. Soares-Filho, B. et al. Cracking Brazil's Forest Code. *Science* (1979) 344, 363–364 (2014).

74. Wyman, M., Barborak, J. R., Inamdar, N. & Stein, T. Best Practices for Tourism Concessions in Protected Areas: A Review of the Field. *Forests* 2011, Vol. 2, Pages 913-928 2, 913–928 (2011).

75. Thompson, A., Massyn, P. J., Pendry, J. & Pastorelli, J. Tourism Concessions in Protected Natural Areas: Guidelines for Managers. (2014).

76. Morgado, R. P., Montagna, G., Camargo, P. S. & Palmieri, R. H. Concessões Florestais Federais: participação, transparência e efetividade no uso dos recursos dos estados, municípios e comunidades locais. (2018).

77. UNDP. Report on Public Expenditure on Biodiversity of Colombia 2020. (2021).

78. UNDP. The BIOFIN Workbook 2018: Finance for Nature. (2018).