



Painel Científico para a Amazônia (SPA)

Grupo de Trabalho 10

Conservação, Recuperação e Transições Florestais (Oportunidades, Estratégias e Desafios nos Sistemas Terrestre e Aquático)

Autores principais: Jos Barlow & Plinio Sist

Medidas de conservação para enfrentar as principais ameaças à biodiversidade amazônica

Autores principais: Barlow, Jos & Sist, Plinio

Autores contribuidores: Rafael Almeida, Caroline Arantes, Dolors Armenteras, Erika Berenguer, Patrick Caron, Francisco Cuesta, Carolina Doria, Joice Ferreira, Alexander Flecker, Sebastian Heilpern, Michelle Kalamandeen, Alexander C. Lees, Marielos Peña-Claros, Camille Piponiot, Paulo Santos Pompeu, Carlos Souza, Judson F. Valentim

Agradecemos a Ivanete Pereira por se voluntariar para traduzir este documento do inglês para o português.

Medidas de conservação para enfrentar as principais ameaças à biodiversidade amazônica

Jos Barlow¹, Plinio Sist², Rafael Almeida³, Caroline Arantes⁴, Dolors Armenteras⁵, Erika Berenguer^{1,6}, Patrick Caron⁷, Francisco Cuesta⁸, Carolina Doria⁹, Joice Ferreira¹⁰, Alexander Flecker³, Sebastian Heilpern¹¹, Michelle Kalamandeen¹², Alexander C. Lees¹³, Marielos Peña-Claros¹⁴, Camille Piponiot¹⁵, Paulo Santos Pompeu¹⁶, Carlos Souza¹⁷, Judson F. Valentim¹⁸

¹ Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, UK, jos.barlow@lancaster.ac.uk

² CIRAD, Université de Montpellier, UR Forests & Societies, Montpellier 34398, France, sist@cirad.fr

³ Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, 616 Thurston Ave., Ithaca NY 14853, USA

⁴ Center for Global Change and Earth Observations, Michigan State University, East Lansing, USA

⁵ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁶ Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford, UK and Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, UK

⁷ University of Montpellier, Cirad, Umr ART-DEV, Montpellier 34398, France, patrick.caron@cirad.fr

⁸ Grupo de Investigación en Biodiversidad, Medio Ambiente y Salud - BIOMAS - Universidad de Las Américas (UDLA), Quito, Ecuador

⁹ Laboratório de Ictiologia e Pesca, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Brazil

¹⁰ Embrapa Amazonia Oriental, Trav. Eneas Pinheiro, Belém, Brazil

¹¹ Department of Natural Resources, Cornell University, USA

¹² School of Geography, University of Leeds, Leeds, UK

¹³ Department of Natural Sciences, Manchester Metropolitan University, UK

¹⁴ Forest Ecology and Forest Management Group, Wageningen University & Research, Wageningen, The Netherlands

¹⁵ Smithsonian Conservation Biology Institute & Smithsonian Tropical Research Institute, Republic of Panama

¹⁶ Departamento de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Naturais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil.

¹⁷ Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia—IMAZON, Belém, PA, Brazil.

¹⁸ Agroforestry Research Center of Acre, Embrapa Acre, Rodovia BR-364, Km 14 (Rio Branco/Porto Velho), Rio Branco AC 69900-970, Brazil

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| GT 10 - INTRODUÇÃO GERAL | 4 |
| RESUMO | 6 |
| KEY MESSAGES | 7 |
| 1. INTRODUÇÃO | |
| 2.1. Perda de habitat e degradação do ecossistema decorrentes de pecuária, expansão agrícola e especulação de terras | 8 |
| 2.2. Degradação do ecossistema decorrente do uso de recursos biológicos: superexploração de recursos pela caça, pesca e extração de madeira (IUCN #5) | 9 |
| <i>Caça</i> | 9 |
| <i>Pesca predatória</i> | 10 |
| <i>Comércio ilegal de animais silvestres</i> | 11 |
| <i>Extração ilegal de madeira</i> | 12 |
| 2.3. Degradação do ecossistema decorrente de mudanças climáticas & clima inóspito | 13 |
| 2.4. Infraestrutura como fator de mudança: estradas e ferrovias | 14 |
| 2.5. Energia e mineração como fatores de mudança | 15 |
| 2.6. Espécies invasoras e doenças (IUCN #8) | 16 |
| 2.7. Intrusão humana: conflitos e distúrbios | 17 |
| 2.8. Resíduos agrícolas, aquícolas e industriais; resíduos plásticos; metais pesados e mercúrio | 18 |
| 2.9. Pequenas barragens não destinadas a energia (IUCN#7) inseridas na agricultura e infraestrutura de estradas | 19 |
| 2.10. Degradação do ecossistema decorrente de interações entre fatores de estresse | 20 |
| 3. CONCLUSÕES | 21 |
| REFERÊNCIAS | |

Chapter 27

GT 10 - INTRODUÇÃO GERAL

Quando a vasta floresta e as redes fluviais do Amazonas são observadas do espaço, a recuperação pode não parecer prioridade máxima quando comparada a impedir o desmatamento e perdas adicionais. Ademais, 20% da floresta já foi adaptada para outros usos da terra, e ao menos outros 17% (ou 1 milhão de quilômetros quadrados) da floresta remanescente tem sido perturbada e degradada desde 1985 (Bullock *et al.*, 2020). Fora das regiões florestadas, mais de 50% de zonas de transição entre florestas e pastagens antigas, como entre a floresta amazônica pluvial e o Cerrado, no Brasil, ou em Chiquitania, na Bolívia, têm sido convertidas em pastos e terras de cultivo (Colli *et al.*, 2020). Além disso, muitas das terras desmatadas estão abandonadas ou cercadas em fazendas com sistemas de baixa produtividade. O desmatamento não tem sido aleatório, e algumas regiões estão maximamente carentes de restauração, pois encontram-se com níveis baixíssimos de cobertura florestal remanescente – essas, incluem a faixa de transição Amazônia/Andes (isto é, 500-1300 metros acima do nível do mar) e a mais sazonal das regiões do “arco do desmatamento” no Brasil. Nessas áreas, ações de recuperação são oportunidades para promover alternativas ao desmatamento e à degradação da floresta, bem como se constituem em ferramentas de apoio à transição florestal.

No reino aquático, a conectividade longitudinal de muitos rios e riachos tem sido fragmentada por represas, e a vasta rede de estradas informais tem interrompido a conexão entre incontáveis riachos. Esses reinos aquático e terrestre são interligados intimamente, e a recuperação será frequentemente mais efetiva se considerar essas ligações laterais, a conectividade aquática e os processos de captação.

A Amazônia possui algumas das maiores minas abertas do mundo, como a Carajás - Trombetas no Brasil, enquanto a mineração de ouro em pequena escala existe ao longo das faixas entre Brasil e Peru, Venezuela e as Guianas. Associadas à urbanização, e à extração de óleo e gás, essas atividades têm poluído muitas rotas fluviais e riachos que são fontes importantes de alimento para muitas comunidades indígenas e locais, ao longo da Amazônia. Nesses lugares altamente poluídos, ações de reparação são essenciais porque tais áreas não se recuperarão por conta própria.

Chapter 27

Os capítulos 27, 28 e 29 explorarão os papéis que a conservação e a recuperação podem desempenhar como soluções para as questões ambientais descritas no **GT 7** (Grupo de Trabalho 7). O **Capítulo 27** descreve algumas das ações de conservação que são prioridades urgentes e devem acompanhar a restauração. O **Capítulo 28** examinará oportunidades e abordagens para a recuperação de sistemas terrestres e aquáticos, com foco nos benefícios locais. O **Capítulo 29** examinará questões relacionadas à implementação de ações de conservação e recuperação em paisagens e bacias hidrográficas, incluindo seu papel no processo de tornar a Amazônia, como um todo, mais resiliente às mudanças climáticas, ajudando a evitar os perigosos pontos de inflexão descritos no Capítulo 23. A recuperação é apenas parte da solução, uma vez que a prevenção da perda e degradação do habitat será sempre menos dispendiosa e mais ecologicamente recompensadora.

Chapter 27

RESUMO

Atividades humanas destroem a biodiversidade e perturbam o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e terrestres em diferentes níveis. Este capítulo propõe abordagens sustentáveis para enfrentar algumas das maiores ameaças à biodiversidade e ao ecossistema da Amazônia, isto é, desmatamento, represamento de rios, mineração, caça, comércio ilegal, produção e tráfico de drogas, extração ilegal de madeira, pesca predatória e expansão da infraestrutura. O papel da recuperação é tratado nos Capítulos 28 e 29.

MENSAGENS-CHAVE

- A biodiversidade e o funcionamento do ecossistema da Amazônia são ameaçados por uma vasta gama de fatores que se originam na própria bacia e no mundo todo. Isso inclui pecuária, expansão agrícola e especulação de terras; mudança climática; infraestrutura inadequada; mineração e geração de energia; espécies invasoras; conflitos e distúrbios; e a fragmentação dos cursos das águas por pequenas represas e barragens.
- Fatores de estresse diversos muitas vezes ocorrem simultaneamente nas mesmas regiões, o que pode ampliar seus efeitos ou criar novos problemas.
- Dada essa complexidade, não há solução única ou simples para resolver os problemas sócio-ambientais da Amazônia. Em vez disso, um vasto conjunto de iniciativas deve ser retomado, reproduzido e ampliado, aproveitando a complexidade sócio-econômica, cultural e ecológica da Amazônia.
- Qualquer programa de recuperação deve ser acompanhado de um conjunto muito mais amplo de ações de conservação que preservem a biodiversidade e outros aspectos desejáveis do ecossistema existente.
- Ações tomadas no âmbito da Amazônia devem ser acompanhadas por mudanças em países e regiões não amazônicas, para limitar a mudança climática e evitar o desmatamento de exportação, a fragmentação de rios e outros danos ambientais.

1. INTRODUCTION

Restauração – a recuperação ativa ou passiva do ecossistema ou da condição sócio-econômica – é importante, mas corre o risco de ser prejudicada, a menos que seja acompanhada de um conjunto muito mais amplo de ações de conservação para preservar a biodiversidade e outros aspectos desejáveis do ecossistema existente. Descreveremos, aqui, as medidas requeridas para enfrentar as ameaças mais importantes à biodiversidade amazônica, usando o Esquema de Classificação de Ameaças 3.2 da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como referência para análise de fatores de mudança (<https://www.iucnredlist.org/resources/threat-classification-scheme>). Como esta é uma análise de alto nível, é importante esclarecer que nem todas as ameaças são igualmente relevantes ao longo da bacia, de modo que as medidas de conservação que podem funcionar em um país ou região podem ser ineficazes ou contraproducentes em outro lugar.

2.1. Perda de habitat e degradação do ecossistema decorrentes de pecuária, expansão agrícola e especulação de terras

O desmatamento, a degradação florestal, assim como a conversão em ecossistemas não florestais, ameaçam a biodiversidade nativa em toda a Amazônia (Capítulo 19). Onde o desmatamento é a maior ameaça, ações de conservação podem ser desenvolvidas em termos de adoção e reprodução, ou de retorno a intervenções bem sucedidas no passado e em outras regiões. Isso inclui (i) monitoramento em tempo quase real da perda florestal em toda a bacia, (ii) ações eficazes de fiscalização na região, (iii) uso de sanções permitidas pelas leis ambientais e restrições de crédito para proprietários de terras em áreas altamente desmatadas, (iv) moratória de soja e gado, (v) incentivos para sistemas agrícolas que evitam o desmatamento, (vi) expansão e proteção genuína de áreas protegidas, incluindo reservas de uso sustentável e territórios indígenas, e (vii) apoio e reconhecimento de ações básicas, inclusive de mapeamentos e patrulhas lideradas pela comunidade.

Os avanços no sensoriamento remoto podem apoiar largamente essas intervenções, permitindo, em tempo real e escala precisa, avaliações da perda florestal com alta resolução temporal e

Chapter 27

capacidade aprimorada para rastrear fatores de degradação, como incêndios e extração ilegal de madeira. O sensoriamento remoto deve também rastrear a perda e degradação de ecossistemas não florestais, algo que pode ser muito difícil de detectar.

O sucesso das intervenções destinadas a prevenir o desmatamento e a degradação florestal requer melhor governança e redução da corrupção em todas as escalas (Cuneyt Koyuncu and Rasim Yilmaz, 2008; Fischer *et al.*, 2020). Avaliar a conservação da vegetação nativa em terras privadas requer atualizar registros de terra (por exemplo, o CAR - Cadastro Ambiental Rural, no Brasil). Reduzir o impacto negativo de *commodities* fortemente associadas ao desmatamento, como carne bovina, soja e minerais, requer governança cuidadosa e transparência para rastrear e coibir o desmatamento das cadeias de abastecimento (Zu Ermgassen *et al.*, 2020). Isso exigirá mudanças na governança e na responsabilidade financeira nos países que importam produtos amazônicos.

2.2. Degradação do ecossistema decorrente do uso de recursos biológicos: superexploração de recursos pela caça, pesca e extração de madeira (IUCN #5)

Caça

A caça ilegal de animais silvestres é amplamente difundida e culturalmente inserida na Amazônia, representando uma grande ameaça para alguns vertebrados amazônicos e, em última instância, para os ecossistemas. Para espécies em perigo de extinção, como o mutum-de-Fava (*Crax globulosa*), a ameaça é proeminente, enquanto para outras em perigo crítico de extinção, como o Jacamim-de-costas-escuras (*Psophia obscura*), atua em sinergia com a perda, fragmentação e degradação do habitat. A aplicação efetiva dos instrumentos legais existentes para proteger da caça as espécies ameaçadas é crucial para a conservação delas a longo prazo. Em alguns casos, isso pode ser uma questão de divulgação eficaz, pois o desconhecimento da lei frequentemente conduz à não conformidade com os regulamentos ambientais existentes, reforçada pela aceitação da sociedade (Winter e May, 2001). No entanto, estratégias de intervenção para conservação devem levar em conta impactos potencialmente graves sobre populações locais que estão em situação de risco de perder suas culturas, seus conhecimentos tradicionais e sua diversidade nutricional, o que pode ameaçar a segurança alimentar das pessoas

Chapter 27

(Ibarra *et al.*, 2011). Embora grande parte da caça seja para fins de subsistência e esteja ligada à pobreza rural, a caça atravessa as fronteiras socioeconômicas (El Bizri *et al.*, 2015) e pode ser facilitada pela falta de fiscalização – encorajando a não conformidade para fins de ganhos financeiros ou, simplesmente, diversão e/ou prestígio social. A demanda urbana por carne de caça é alta (Parry *et al.*, 2014), e isso desempenha papel importante na dizimação de espécies de caça, mesmo em paisagens com alta cobertura florestal (Parry and Peres, 2015).

Bragagnolo *et al.* (2019) elaborou uma série de recomendações para amenizar o impacto da caça, considerando o bem-estar humano. Os autores sugerem que (i) o processo de registro para se tornar um caçador de subsistência seja simplificado, (ii) os esquemas de licenciamento sejam estendidos e (iii) a caça seja vinculada a programas de gestão da vida silvestre da comunidade. O manejo da vida silvestre explorável deve ser idealmente baseado em sistemas de cotas que considerem a variação nos atributos da história de vida entre as espécies de caça, como taxas de reprodução e densidade populacional. Além disso, ou alternativamente, a criação de "zonas intocáveis" que adotem a dinâmica fonte-sumidouro é outra estratégia bem estabelecida para evitar o esgotamento regional da caça (Wilkie e Carpenter, 1999). Essas zonas intocáveis podem ser específicas para certos habitat, por exemplo, restringindo-se a caça a zonas de floresta secundária inseridas em matrizes de floresta primária (Garcia-Frapolli *et al.*, 2007). Nas circunstâncias em que a caça ilegal deve ser controlada e a caça ilegal, reduzida, possíveis intervenções incluem (i) provisão de meios de subsistência alternativos, (ii) substituição das cadeias de suprimento de caça e (iii) campanhas educativas e de marketing social dirigidas ao grupo demográfico, com foco na mudança de comportamento (Bragagnolo *et al.*, 2019).

Pesca predatória

A pesca na Amazônia tem várias gradações de intensidade, da industrial à artesanal, e usa diversos equipamentos e técnicas, com impactos que variam espaço-temporalmente ao longo dos diferentes ecossistemas fluviais. Isso pode levar ao esgotamento das reservas de peixes, mas assim como no caso da caça, impacta, de modo desproporcional, mais algumas espécies do que outras, sendo maior o impacto sobre peixes de grande porte. Muitas dessas espécies são também migratórias, apresentando desafios para a gestão em águas transfronteiriças. Numerosas soluções

Chapter 27

para a superexploração de vertebrados terrestres igualmente se aplicam à pesca, focalizando uma gestão integrada da pesca que pode incluir o planejamento baseado na comunidade, a avaliação cuidadosa das reservas que considere as histórias de vida das espécies, a implementação de áreas intocáveis e o controle das atividades comerciais. A fiscalização dos períodos de defeso e do requisito de tamanho mínimo poderia aumentar a produtividade da população, reduzir a superexploração (Castello *et al.*, 2011) e proteger indivíduos sexualmente imaturos, resguardando a população de peixes de colapsar, ainda que o volume da pesca seja reduzido (Myers and Mertz, 1998). A diversificação da composição da pesca deve reduzir a pressão sobre as espécies superexploradas; isso é particularmente o caso de espécies migratórias como o *Salminus brasiliensis*, *Colossoma macropomum*, *Brachyplatystoma capapretum* e *Pseudoplatystoma* sp., que precisam de gestão eficaz em grandes escalas espaciais. Outras atividades de “pesca” devem ser coibidas, por exemplo, a captura de golfinhos de água doce *Inia geoffrensis* (boto- cor-de-rosa) e *Sotalia fluviatilis* (tucuxi), agora apanhados como isca para a piracatinga (*Calophysus macropterus*), o que, conseqüentemente, leva à diminuição das populações das espécies dos golfinhos – que são também vastamente afetadas por capturas acidentais, as quais é necessário fazer cessarem imediatamente (da Silva *et al.*, 2018).

Comércio ilegal de animais silvestres

Ainda que seu influxo possa ter declinado em relação aos níveis históricos, o tráfico continua sendo o principal fator do declínio das populações de espécies aquáticas, como o peixe ornamental (ver GT 7), e terrestres, como as aves canoras. A população do Bicudo (*Sporophila maximiliani*) está em perigo crítico de extinção no Brasil, mas esse pássaro ainda é encontrado no comércio ilegal (do Nascimento *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2019). Esses dados requerem ações internacionais, como a criação de linhagens cativas com controle de *pedigree* a partir das últimas aves silvestres, ou de aves silvestres confiscadas pelas autoridades ambientais, para garantir a integridade genética das espécies (Ubaid *et al.*, 2018). Isso, a par de esforços para fazer cessar a inserção de aves silvestres no comércio e de medidas para aumentar a sustentabilidade da criação de aves, enfatizando a importância das aves criadas em cativeiro (Marshall *et al.*, 2020).

Chapter 27

Extração ilegal de madeira

Na ausência de regulamentação rigorosa e monitoramento, a extração seletiva de madeira pode ser o maior fator de degradação florestal, enfraquecendo a resiliência da floresta a incêndios (Alencar *et al.*, 2004), aumentando o risco de extinção comercial das espécies de madeira mais valiosas (Blundell and Gullison, 2003; Branch *et al.*, 2013; Richardson and Peres, 2016), reduzindo a riqueza e alterando a composição da fauna florestal (e.g. Mason, 1996; Barlow *et al.*, 2006; Franca *et al.*, 2018). Há evidências abundantes de que soluções regulatórias, como diretrizes que estabelecem limites à coleta de madeira, evitam a extração ilegal em áreas ecologicamente sensíveis, tais como em encostas íngremes ou nas adjacências de cursos fluviais, e alcançam amenizar impactos de derrubadas, cortes e transportes de árvores; essas soluções são conhecidas em seu conjunto como técnicas de “corte seletivo de impacto reduzido” (em inglês, RIL: “Reduced Impact Logging”) (ITTO/IUCN, 2009; ITTO, 2015). Embora essas sejam, sem dúvida, preferíveis às abordagens convencionais (não planejadas) da extração de madeira, para redução das perdas de carbono e da biodiversidade (West *et al.*, 2014; Chaudhary *et al.*, 2016), restam, ainda, preocupações importantes sobre a sustentabilidade a longo prazo das taxas de extração que têm sido estabelecidas (Sist *et al.*, 2021) – estas, precisam ser revistas à luz de dados específicos sobre espécies e regiões submetidas a repetidas extrações e de estudos modelo (Sist and Ferreira 2007; Pioniot *et al.*, 2019). O maior e mais urgente desafio diz respeito à alta preponderância de atividades ilegais, que até mesmo permeiam concessões legais (Finer *et al.*, 2014; Brancalion *et al.*, 2018). Essa extração ilegal de madeira gera dois efeitos principais. Primeiro, práticas sustentáveis de gestão florestal não serão seguidas em áreas onde a madeira é ilegalmente extraída (Vidal *et al.*, 2020), causando reduções prolongadas e significativas das reservas de carbono da floresta (Berenguer *et al.*, 2014) e da biodiversidade. Em segundo lugar, a disponibilidade de madeira ilegal refreia os preços de mercado, reduzindo incentivos para que outros sigam os métodos RIL (Santos de Lima *et al.*, 2018).

Abordar essas questões exigirá sistemas públicos melhores de gestão da extração de madeira, bem como cadeias de abastecimento mais transparentes para que a origem da madeira possa ser claramente rastreada e verificada (Brancalion *et al.*, 2018). *Big data*, uso de veículos aéreos não tripulados (UAV) (Figueiredo *et al.*, 2016) e tecnologias de DNA poderiam auxiliar o processo de verificação (Degen *et al.*, 2013). Melhorias também podem ser implementadas com a criação

Chapter 27

de parcerias interflorestais mais fortes, engajando múltiplos atores, inclusive com o envolvimento das comunidades locais (Ros-Tonen *et al.*, 2008), que podem ajudar a assegurar o cumprimento das leis ambientais e dos direitos de propriedade da terra. A longo prazo, reduzir a dependência econômica da Amazônia em relação à madeira das florestas nativas proporcionará a melhor abordagem (ver Capítulo 29).

2.3. Degradação do ecossistema decorrente de mudanças climáticas & clima inóspito

As mudanças climáticas e os extremos climáticos são os principais fatores da degradação do ecossistema. Os impactos podem ser diretos e imediatos, por meio de secas que causam mortalidade generalizada de árvores e da vida aquática (Phillips *et al.*, 2009; Lennox *et al.*, 2019), ou de inundações assoladoras (Marengo and Espinoza, 2016; Barichivich *et al.*, 2018). Eventos climáticos extremos alteram a disponibilidade de recursos fundamentais, como árvores frutíferas (Wright *et al.*, 1999), e provocam grandes mudanças nas populações de animais silvestres (Bodmer *et al.*, 2018). As mudanças climáticas também podem agir lentamente, por longos períodos de tempo, alterando os padrões de temperatura e precipitação, e aumentando a duração da estação seca (Fu *et al.*, 2013). Essas mudanças mais graduais estão associadas a mudanças na composição das espécies de árvores, observadas em séries de longo prazo (Esquivel-Muelbert *et al.*, 2019). Mudanças e extremos climáticos também podem agir em conjunto com outros distúrbios, aumentando a probabilidade de incêndios em grande escala (por exemplo, Aragão *et al.* 2018, Withey *et al.*, 2018) e de morte da floresta (Nobre *et al.*, 2016) (ver Capítulos 22 e 24).

Abordar fatores climáticos generalizados é desafiador, e exige ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, inclusive em países não amazônicos, que historicamente têm emitido a maior parte do dióxido de carbono. Todavia, ações no âmbito da Amazônia também são fundamentais. Em primeiro lugar, a Amazônia é, em si mesma, um reservatório global de carbono criticamente importante e um sumidouro potencial (Capítulos 19 e 20), e a mudança no uso da terra contribui com a maioria das emissões das nações amazônicas. A gestão local para evitar o desmatamento e degradação e encorajar a recuperação, portanto, desempenhará papel fundamental na atenuação da mudança climática global, se conduzida em conjunto com ações de

Chapter 27

redução de emissões de gases em outras regiões. Em segundo lugar, a gestão local pode ser fundamental para permitir que os ecossistemas conservem sua resiliência inata ao estresse climático (por exemplo, França *et al.*, 2020). Por exemplo, evitar a extração ilegal de madeira e tamponar as bordas da mata com florestas em regeneração pode ajudar na retenção de microclimas florestais úmidos (Uhl e Kauffman 1990), reduzindo o risco de incêndios florestais. Os caules em florestas intactas também podem ser mais resistentes à seca e ao estresse do fogo, resultando em níveis mais baixos de mortalidade de árvores (Berenguer *et al.*, 2021). A gestão local de sustentação de rios de fluxo livre também pode tornar os sistemas aquáticos mais resistentes às mudanças e aos extremos climáticos, já que as condições meteorológicas extremas agravam os impactos que as grandes barragens exercem no funcionamento do ecossistema, em florestas a jusante (Moser *et al.*, 2019).

2.4. Infraestrutura como fator de mudança: estradas e ferrovias

A experiência passada sugere que, sem mudanças dramáticas na governança, aumentar o acesso a novas regiões por meio de construção ou pavimentação de estradas resultará em inevitáveis aumentos nos índices de desmatamento e degradação ambiental (ver Capítulos 14 e 19). Dado que mudanças na governança são improváveis no curto prazo, e ainda não se provaram eficazes em escalas menores, manter a integridade da Amazônia requer a suspensão da construção de novas estradas e uma abordagem muito cautelosa para melhorar as estradas existentes. Isso é especialmente importante quando a construção de estradas ou sistemas de melhoria cruzam regiões anteriormente inacessíveis – como a IIRSA, a estrada planejada na ‘Calha Norte’ da Amazônia brasileira, ou a pavimentação de rodovias como a BR319, entre Manaus e Porto Velho. É preciso mais ponderação a respeito do que são boas estradas (isto é, aquelas importantes para a economia local e para as pessoas) e estradas ruins (isto é, aquelas que rompem fronteiras florestais, incentivam a grilagem de terras e uma vasta gama de atividades ilegais, e são motivadas por razões geopolíticas ou especulação imobiliária). Embora muitas estradas não oficiais estejam associadas ao desmatamento, ambos são sintomas de governança não planejada e da especulação de terras, assim como são, em si, potenciais fatores de desmatamento. Quase todas as ferrovias da região estão vinculadas ao transporte de soja e produtos de mineração (Capítulo 19). Embora as ferrovias possam ter menos impactos indiretos nas florestas das

Chapter 27

cercanias, em relação a estradas, elas agem para fragmentar a região e acelerar o desmatamento ao longo dos trilhos (Capítulo 19). Finalmente, grandes empreendimentos de infraestrutura devem evitar áreas protegidas e territórios indígenas.

2.5. Energia e mineração como fatores de mudança

Ao invés da construção de grandes represas, fontes alternativas de energia renovável podem ser aproveitadas na Amazônia, inclusive a energia solar fora da rede, a de biomassa e a eólica. Onde as represas são essenciais, o foco deve recair em estações hidroelétricas de cabeceiras menores, ao longo de afluentes terciários que minimizam os impactos sobre a biodiversidade, evitando-se os cursos a jusante dos rios amazônicos, onde os impactos sobre a sócio-biodiversidade são mais generalizados. Essas barragens hidroelétricas menores exigirão, ainda, análises ambientais completas da bacia do rio para compreender e atenuar impactos ambientais cumulativos. Elas exigirão a remoção da vegetação antes da inundação, para minimizar as emissões de metano, e é necessário manter trechos de rios sem barragens, contemplando seções representativas da paisagem original (Lees *et al.*, 2016). A aprovação de novas barragens também deve ser acompanhada por uma análise de compensação, incluindo estimativas realistas da produção futura de energia em diferentes cenários climáticos (Winemiller *et al.*, 2016). Os esforços para modernizar as usinas hidrelétricas mais antigas resultarão em consideráveis economias de custo e tempo, e causarão menos impactos ecológicos e sociais – embora o descomissionamento e a mudança para formas alternativas de energia renovável, provavelmente, proporcionem os maiores benefícios ambientais. Os efeitos indiretos de barragens e mineração são significativos e se estendem por dezenas de quilômetros nas florestas circundantes (Capítulo 17, Sonter *et al.*, 2017), e todos os custos sociais e ecológicos, como as emissões de gases de efeito estufa desses projetos, devem ser incluídos no processo de tomada de decisão, na fase de planejamento.

A mineração de ouro é uma fonte de mercúrio nas águas dos rios. O metal se acumula ao longo da cadeia alimentar até os humanos, especialmente em populações que dependem grandemente do consumo de peixes, causando graves danos neurológicos e motores, mesmo em populações que vivem a quilômetros de fontes de poluição (Capítulo 21). Essas atividades, predominantemente ilegais, precisam ser coibidas imediatamente. Embora regulamentada, a

Chapter 27

mineração em grande escala deve considerar seus impactos indiretos – ou seja, o aumento do desmatamento a até 70 quilômetros de distância da concessão, devido à migração humana (Capítulo 19).

2.6. Espécies invasoras e doenças (IUCN #8)

Espécies invasoras estão muito disseminadas nos ecossistemas aquáticos da Amazônia (Capítulo 20). No entanto, o conhecimento de seus impactos na Amazônia é limitado. Até o momento, a maioria dos impactos foi demonstrada em sistemas ribeirinhos que experimentam maior pressão de propágulos de espécies invasoras não nativas (Doria *et al.*, 2021). Muitas introduções de peixes, por exemplo, carpa e tilápia, são deliberadas e percebidas como meio de desenvolver a aquicultura e a economia. Tais medidas receberam recentemente endosso político por meio de medidas legais que facilitam a “naturalização por decreto” dessas espécies invasoras de peixes (Pelicice *et al.*, 2014; Alves *et al.*, 2018). Essa tendência de legalização de espécies não nativas para a aquicultura precisa ser revertida; ao invés disso, os produtores devem buscar o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de espécies de peixes nativas – das quais a Amazônia possui o mais diversificado reservatório de opções do mundo.

Além dos peixes introduzidos, os ecossistemas aquáticos também estão sob ameaça da grama invasora *Urochloa arrecta* (*African Signalgrass*), que compete com as comunidades de macrófitas nativas, levando a extinções localizadas que empobrecem as funções do ecossistema (Fares *et al.*, 2020). Espécies invasoras como a *Urochloa arrecta* estão associadas a ambientes alterados e à quebra da integridade do ecossistema, especialmente o aumento da abertura do dossel, que aumenta sua invisibilidade. Portanto, as medidas tomadas para restaurar os sistemas ribeirinhos devem ajudar a restringir a propagação. O reforço da biossegurança é necessário para impedir a propagação de outras espécies aquáticas na Amazônia; o mexilhão dourado *Limnoperna fortunei*, por exemplo, representa uma grande ameaça, e seu estabelecimento na bacia não só resulta em impactos negativos para a biodiversidade, mas vem também causando enormes perdas econômicas, ao bloquear dutos de usinas hidrelétricas e de infraestrutura de abastecimento de água (Uliano-Silva *et al.*, 2013). O monitoramento pode ajudar a garantir a detecção precoce, mas precisa ser acompanhado por protocolos de biossegurança eficazes, que

Chapter 27

evitem o transporte de espécies invasoras para a Amazônia. Isso requer uma gestão coordenada em várias escalas e a cooperação estreita entre governos estaduais e locais.

Os sistemas terrestres são aparentemente menos ameaçados por espécies invasoras na Amazônia, mas há exemplos – incluindo a fuga da acácia *Acacia mangium* de plantações comerciais de grande escala, invasora das savanas amazônicas (Aguiar *et al.*, 2014). Iniciativas silviculturais devem realizar avaliações de risco do potencial de invasão de seus projetos florestais e contribuir para o controle de invasões biológicas, caso ocorram, sob risco de perda de sua certificação ambiental. Esforços de vigilância de doenças são necessários para rastrear a prevalência de doenças como febre amarela em primatas (Ramos-Fernández e Wallace, 2008) e quitridiomycose em anfíbios, os quais podem ser amplamente assintomáticos na bacia (Russell *et al.*, 2019). Embora esses possam não ser os maiores problemas no momento, têm o potencial de representar, no futuro, sérias ameaças para populações pequenas e fragmentadas de espécies em perigo crítico de extinção.

2.7. Intrusão humana: conflitos e distúrbios

Impactos ambientais negativos de conflitos internos com protagonistas não estatais foram documentados em todo o mundo (McNeely, 2003). Entre os fatores de desmatamento, a guerra e os conflitos violentos em áreas tropicais afetaram as florestas e a biodiversidade de muitos países da América Latina (McNeely, 2003; Fjeldså *et al.*, 2005). Os impactos da violência no desmatamento tropical são variados. Em alguns casos, o conflito aumenta as taxas de desmatamento (McNeely, 2003; Hanson, *et al.* 2009), principalmente devido a mudanças na posse da terra e nas práticas agrícolas, inclusive a expansão de plantações ilícitas (Negret *et al.*, 2019). Em outros casos, ao limitar o acesso à floresta, os grupos armados reduziram inadvertidamente a exploração florestal (Dávalos, 2001); ao impedir o desenvolvimento da infraestrutura e da agricultura (Reardon, 2018), até mesmo facilitaram a recuperação de áreas (McSweeney *et al.*, 2014).

Situações pós-conflito requerem gestão cuidadosa. Na Colômbia, após décadas de distúrbios, o recente acordo de paz de 2016 expandiu práticas de desenvolvimento insustentáveis, resultando

Chapter 27

no aumento do desmatamento em algumas áreas de fronteira. O aumento desproporcional de incêndios foi o primeiro sinal a indicar a degradação florestal em grande escala (Armenteras *et al.*, 2019) e a transformação no coração das principais áreas protegidas da Amazônia colombiana (Murillo-Sandoval *et al.*, 2020). Na Colômbia, como no Brasil, a pecuária é usada por proprietários de terras para reivindicar a posse de florestas recém-desmatadas, com o reforço da falta de clareza sobre os títulos de propriedade (Armenteras *et al.*, 2019). O estabelecimento de controle governamental legítimo, e da governança, em antigas regiões amazônicas de conflito no Peru e na Colômbia, é fundamental para garantir que as taxas de desmatamento não aumentem durante os períodos de transição. Na Colômbia, é necessário trabalhar com as comunidades das reservas indígenas e das terras coletivas afro-colombianas, em prol do estabelecimento de objetivos de conservação, no contexto mais amplo das aspirações de desenvolvimento local (Negret *et al.*, 2019). A conservação e o uso sustentável dos recursos também requerem o envolvimento das comunidades deslocadas pelos conflitos, mas isso tem sido minado por assassinatos em massa e de líderes sociais da comunidade na Colômbia (ONU, 2021), e pelo aumento das áreas de plantações ilícitas (Murillo-Sandoval *et al.*, 2020). Além disso, o acesso à terra e a distribuição de terras ainda são altamente desiguais em países como Brasil, Peru e Colômbia, e isso tem sido, por décadas, uma grande fonte de conflito violento (Krause, 2020); assim, frear a especulação e a grilagem de terras é essencial para proteger as florestas (Armenteras *et al.*, 2019). O apoio político, técnico e financeiro a pequenos agricultores, a fim de assegurar a transição do cultivo de coca para outro uso legal da terra, é necessário e deve ser promovido. Algumas das soluções estão fora dos países amazônicos. Por exemplo, a desregulamentação e a legalização das drogas no mundo desenvolvido poderiam reduzir a renda das organizações criminosas, abrindo oportunidades para o desenvolvimento sustentável e para a conservação de regiões afetadas pelo cultivo e tráfico de drogas (McSweeney *et al.*, 2014).

2.8. Resíduos agrícolas, aquícolas e indústrias; resíduos plásticos; metais pesados e mercúrio

A Amazônia necessita de uma rede de monitoramento da qualidade da água que se estenda às diversas bacias hidrográficas, proporcionando um meio de vincular as mudanças qualitativas às mudanças na biodiversidade e nas condições do ecossistema. Isso é fundamental também para as

Chapter 27

comunidades humanas, dado que os rios são suas principais fontes de água potável, e que esta é consumida sem tratamento em muitas regiões (Fenzl and Mathis, 2004). Embora a água seja tratada para consumo nas cidades amazônicas, o tratamento de esgoto geralmente é inexistente ou ineficaz e requer investimentos urgentes. O monitoramento também deve cobrir áreas industriais e de mineração, como Manaus (Amazonas) e Barcarena (Pará), respectivamente, onde bacias de resíduos industriais representam um grande risco para a saúde humana e do ecossistema (Medeiros *et al.*, 2017). A poluição gerada por essas e outras atividades de mineração – especialmente a mineração de ouro (ver Capítulo 21) – precisa ser tratada com atividades eficazes de comando e controle. Faz-se necessário desenvolver pesquisa urgente para compreender o impacto dos pesticidas na biodiversidade e nas funções dos ecossistemas, tanto nos aquáticos, quanto nos terrestres (Capítulo 20). Soluções envolvem processos mais rigorosos de triagem e licenciamento de produtos químicos, assim como melhor treinamento dos agricultores, a fim de reduzir o uso de pesticidas e os impactos decorrentes de técnicas de aplicação inadequadas. Essas questões são especialmente pertinentes no sul da bacia (Lathuillière *et al.*, 2018). A poluição por plástico é um problema crescente, e as ações específicas de cada país (ver Capítulo 28) precisam ser sustentadas por regulamentação, em toda a bacia.

2.9. Pequenas barragens não destinadas a energia (IUCN#7) inseridas na agricultura e infraestrutura de estradas

A fragmentação dos cursos das águas na Amazônia também está associada a cruzamentos de estradas e a galerias inadequadas. Embora essas barreiras sejam pequenas, têm consequências para os conjuntos de espécies em escala de paisagem (Schiesari *et al.*, 2020); pequenas represas a montante da estrada são um componente importante da mudança de habitat nas correntes (Leal *et al.*, 2016). Cruzamentos de estradas inadequados também isolam as populações aquáticas ao interromper suas vias de dispersão (Perkin e Gido, 2012), potencialmente dificultando as oportunidades de recolonização após eventos de extinção estocástica ou induzida pelo ser humano (Schumann *et al.*, 2019; Wilkes *et al.*, 2019), e alterando as distribuições devido às mudanças climáticas (Comte *et al.*, 2014). Apesar da conscientização crescente sobre os benefícios que podem ser obtidos com a adaptação das pequenas, mas generalizadas, barreiras

Chapter 27

criadas por cruzamentos de estradas (O'Shaughnessy *et al.*, 2016), há pouco incentivo para fazê-lo atualmente: esses cruzamentos são considerados de baixo impacto ambiental pelos Conselho Brasileiro do Meio Ambiente (CONAMA 2006; resolução nº 369), desencorajando as práticas de recuperação. No entanto, mesmo mudanças relativamente pequenas nos regulamentos podem fazer diferença relevante. Muitos cruzamentos de estradas na Amazônia exigem reparos anuais, e substituí-los por estruturas menos danosas (pontes) poderia ter uma relação custo-benefício atraente.

2.10. Degradação do ecossistema decorrente de interações entre fatores de estresse

Muitos dos fatores de estresse supra mencionados ocorrem simultaneamente, e um conjunto de estressores pode ampliar a influência e o impacto de outros estressores, ou criar novos problemas. Os incêndios florestais são um exemplo-chave dessa interação, pois são fomentados por uma combinação entre estressores locais e climáticos (Capítulo 19). A mudança climática global é um fator chave para a persistência de incêndios, pois tanto aumenta a duração da estação seca quanto eleva as temperaturas (Brando *et al.*, 2019). Manter o potencial de atenuação das mudanças climáticas da Amazônia depende, portanto, da redução das emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo. Mas, embora o combate às mudanças climáticas permaneça uma prioridade global, este processo é lento, de modo que a prevenção de incêndios florestais nas próximas décadas exigirá medidas de conservação e prevenção que abordem suas causas locais (Barlow *et al.*, 2020). Combater o desmatamento é fundamental, já que ele consiste em fonte importante de ignição, intensificando o grau de inflamabilidade das florestas remanescentes, com o aumento da densidade das bordas, elevando as temperaturas regionais e reduzindo as chuvas (GT 7). Mas o desmatamento não é a única fonte de ignição na paisagem. Muitos incêndios florestais começam quando os incêndios em pastagens de gado "escapam" (Capítulo 19); e esse risco pode ser reduzido com incentivos à pecuária sem fogo, que também pode trazer vários outros benefícios (Capítulo 28). A agricultura dependente do fogo tradicional, como sistemas de pousio agrícola que usam corte e queima (por exemplo, Padoch e Pinedo-Vasquez, 2010), são mais difíceis de substituir, pois as ações podem ter resultados indesejáveis para o uso sustentável da terra, para a segurança alimentar regional e justiça social. Nestes casos, as políticas de conservação precisam ajudar os agricultores a adaptar as práticas agrícolas existentes, e devem

Chapter 27

considerar as perspectivas locais (Carmenta *et al.*, 2013). Os incêndios também podem ser reduzidos com o combate à extração ilegal de madeira e a quaisquer outras ações que provoquem a degradação florestal, uma vez que altas taxas de extração e falta de prévio planejamento de corte, ou de gestão de acompanhamento, tornam as florestas exploradas ilegalmente especialmente vulneráveis ao fogo, devido às mudanças no microclima (Uhl e Kauffman, 1990). Por fim, os incêndios florestais podem ser reduzidos quase em tempo real por meio de monitoramento e previsão da intensidade da seca e do risco de incêndio, especialmente se esses procedimentos forem vinculados a brigadas de incêndio locais competentes, equipadas com recursos e capacitadas. As brigadas de incêndio são fundamentais para a gestão eficaz dos parques na Amazônia boliviana e brasileira, mas continuam, cronicamente, carentes de recursos (Nóbrega Spínola *et al.*, 2020).

3. CONCLUSÕES

O imenso tamanho da Amazônia implica que, proporcionalmente, poucas de suas espécies endêmicas são classificadas como de distribuição restrita, ou consideradas como globalmente ameaçadas. Ainda assim, não há espaço para complacência, e um amplo conjunto de medidas de conservação é urgentemente necessário para evitar mais degradação do ecossistema e perdas de habitat. Essas medidas são mais urgentes em algumas das regiões mais desmatadas, especialmente no sul e leste da bacia, onde várias espécies estão agora em perigo crítico de extinção. Mas medidas concretas e urgentes também são necessárias em toda a região, para permitir que os ecossistemas da Amazônia continuem a proporcionar os muitos benefícios locais, regionais e mundiais. Finalmente, é importante notar que as avaliações de conservação são inerentemente conservativas. Muitas espécies, principalmente de invertebrados, ainda não foram descritas – e as revisões taxonômicas em andamento estão descobrindo uma grande lacuna em nossa compreensão atual da diversidade amazônica, com muitos complexos de espécies amplamente dispersos sendo divididos em várias espécies de alcance restrito, com distribuições muito menores. Quanto mais olharmos para a biota da Amazônia, mais motivos encontraremos para conservá-la.

Chapter 27

REFERÊNCIAS

- Alencar AAC, Solórzano LA, and Nepstad DC. 2004. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecol Appl* **14**: 139–49.
- Alves GHZ, Tófoli RM, Lima-Júnior DP, *et al.* 2018. New decree promotes fish invasion in Amazon and Pantanal. *Biodivers Conserv* **27**: 2449–50.
- Aragão LEOC, Anderson LO, Fonseca MG, *et al.* 2018. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat Commun* **9**: 536.
- Armenteras D, Negret P, Melgarejo LF, *et al.* 2019. Curb land grabbing to save the Amazon. *Nat Ecol Evol* **3**: 1497–1497.
- Barichivich J, Gloor E, Peylin P, *et al.* 2018. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Sci Adv* **4**: eaat8785.
- Barlow J, Berenguer E, Carmenta R, and França F. 2020. Clarifying Amazonia’s burning crisis. *Glob Chang Biol* **26**: 319–21.
- Berenguer E, Ferreira J, Gardner TA, *et al.* 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Glob Chang Biol* **20**: 3713–26.
- Bizri HR El, Morcatty TQ, Lima JJS, and Valsecchi J. 2015. The thrill of the chase: uncovering illegal sport hunting in Brazil through YouTube™ posts. *Ecol Soc* **20**.
- Blundell AG and Gullison RE. 2003. Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany. In: *Forest Policy and Economics*. Elsevier.
- Bodmer R, Mayor P, Antunez M, *et al.* 2018. Major shifts in Amazon wildlife populations from recent intensification of floods and drought. *Conserv Biol* **32**: 333–44.
- Bragagnolo C, Gama GM, Vieira FAS, *et al.* 2019. Hunting in Brazil: What are the options? *Perspect Ecol Conserv* **17**: 71–9.
- Brancalion PHS, Almeida DRA de, Vidal E, *et al.* 2018. Fake legal logging in the Brazilian Amazon. *Sci Adv* **4**: eaat1192.

Chapter 27

- Branch TA, Lobo AS, and Purcell SW. 2013. Opportunistic exploitation: An overlooked pathway to extinction. *Trends Ecol Evol* **28**: 409–13.
- Brando PM, Silvério D, Maracahipes-Santos L, *et al.* 2019. Prolonged tropical forest degradation due to compounding disturbances: Implications for CO₂ and H₂O fluxes. *Glob Chang Biol* **25**: 2855–68.
- Bullock EL, Woodcock CE, Souza C, and Olofsson P. 2020. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. *Glob Chang Biol* **26**: 2956–69.
- Carmenta R, Vermeylen S, Parry L, and Barlow J. 2013. Shifting Cultivation and Fire Policy: Insights from the Brazilian Amazon. *Hum Ecol* **41**: 603–14.
- Castello L, McGrath DG, and Beck PSA. 2011. Resource sustainability in small-scale fisheries in the Lower Amazon floodplains. *Fish Res* **110**: 356–64.
- Chaudhary A, Burivalova Z, Koh LP, and Hellweg S. 2016. Impact of Forest Management on Species Richness: Global Meta-Analysis and Economic Trade-Offs. *Sci Rep* **6**: 1–10.
- Colli GR, Vieira CR, and Dianese JC. 2020. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. *Biodivers Conserv* **29**: 1465–75.
- Comte L, Murienne J, and Grenouillet G. 2014. Species traits and phylogenetic conservatism of climate-induced range shifts in stream fishes. *Nat Commun* **5**: 1–9.
- CONAMA. 2006. Resolução Conama N° 369, de 28 de março de 2006. Brazil.
- Cuneyt Koyuncu and Rasim Yilmaz. 2008. The Impact of Corruption on Deforestation: A Cross-Country Evidence. *J Dev Areas* **42**: 213–22.
- Dávalos LM. 2001. The San Lucas mountain range in Colombia: how much conservation is owed to the violence? *Biodivers Conserv* **10**: 69–78.
- Degen B, Ward SE, Lemes MR, *et al.* 2013. Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Sci Int Genet* **7**: 55–62.

Chapter 27

- Doria CR da C, Agudelo E, Akama A, *et al.* 2021. The Silent Threat of Non-native Fish in the Amazon: ANNF Database and Review. *Front Ecol Evol* **0**: 316.
- Esquivel-Muelbert A, Baker TR, Dexter KG, *et al.* 2019. Compositional response of Amazon forests to climate change. *Glob Chang Biol* **25**: 39–56.
- Fares ALB, Calvão LB, Torres NR, *et al.* 2020. Environmental factors affect macrophyte diversity on Amazonian aquatic ecosystems inserted in an anthropogenic landscape. *Ecol Indic* **113**: 106231.
- Fenzl N and Mathis A. 2004. Pollution of natural water resources in Amazonia: Sources, risks and consequences. *Issues local Glob use water from Amaz. Montevideo, UNESCO*: 57–76.
- Figueiredo EO, D’Oliveira MVN, Locks CJ, and Papa D de A. 2016. Estimativa do Volume de Madeira em Pátios de Estocagem de Toras por meio de Câmeras RGB Instaladas em Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP). *Bol Pesqui Número 9 - Embrapa* **d**: 1–59.
- Finer M, Jenkins CN, Sky MAB, and Pine J. 2014. Logging concessions enable illegal logging crisis in the peruvian amazon. *Sci Rep* **4**: 1–6.
- Fischer R, Giessen L, and Günter S. 2020. Governance effects on deforestation in the tropics: A review of the evidence. *Environ Sci Policy* **105**: 84–101.
- Fjeldså J, Álvarez MD, Lazcano JM, and León B. 2005. Illicit Crops and Armed Conflict as Constraints on Biodiversity Conservation in the Andes Region. *AMBIO A J Hum Environ* **34**: 205–11.
- França FM, Benkwitt CE, Peralta G, *et al.* 2020. Climatic and local stressor interactions threaten tropical forests and coral reefs. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* **375**.
- Fu R, Yin L, Li W, *et al.* 2013. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *Proc Natl Acad Sci* **110**: 18110–5.
- Garcia-Frapolli E, Ayala-Orozco B, Bonilla-Moheno M, *et al.* 2007. Biodiversity conservation, traditional agriculture and ecotourism: Land cover/land use change projections for a natural

Chapter 27

protected area in the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. *Landsc Urban Plan* **83**: 137–53.

Hanson T, Brooks TM, Fonseca GAB Da, *et al.* 2009. Warfare in Biodiversity Hotspots. *Conserv Biol* **23**: 578–87.

Ibarra JT, Barreau A, Campo C Del, *et al.* 2011. When formal and market-based conservation mechanisms disrupt food sovereignty: impacts of community conservation and payments for environmental services on an indigenous community of Oaxaca, Mexico. *Int For Rev* **13**: 318–37.

ITTO/IUCN. 2009. Guidelines for the conservation and sustainable use of biodiversity in tropical timber production forests. ITTO Policy Development Series No 17 ITTO/IUCN.

ITTO. 2015. Guidelines for the sustainable management of natural tropical forests. ITTO Policy Development Series (IITT Organization, Ed). Yokohama, Japan.

Krause T. 2020. Reducing deforestation in Colombia while building peace and pursuing business as usual extractivism? *J Polit Ecol* **27**: 401–18.

Lathuillière MJ, Coe MT, Castanho A, *et al.* 2018. Evaluating water use for agricultural intensification in Southern Amazonia using the Water Footprint Sustainability Assessment. *Water* **10**: 349.

Leal CG, Pompeu PS, Gardner TA, *et al.* 2016. Multi-scale assessment of human-induced changes to Amazonian instream habitats. *Landsc Ecol* **31**: 1725–45.

Lees AC, Peres CA, Fearnside PM, *et al.* 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers Conserv* **25**: 451–66.

Lennox RJ, Crook DA, Moyle PB, *et al.* 2019. Toward a better understanding of freshwater fish responses to an increasingly drought-stricken world. *Rev Fish Biol Fish* **29**: 71–92.

Machado RB, Silveira LF, Silva MISG da, *et al.* 2019. Reintroduction of songbirds from captivity: the case of the Great-billed Seed-finch (*Sporophila maximiliani*) in Brazil.

Chapter 27

Biodivers Conserv: 1–24.

Marengo JA and Espinoza JC. 2016. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *Int J Climatol* **36**: 1033–50.

Marshall H, Collar NJ, Lees AC, *et al.* 2020. Characterizing bird-keeping user-groups on Java reveals distinct behaviours, profiles and potential for change. *People Nat* **2**: 877–88.

Matricardi EAT, Skole DL, Costa OB, *et al.* 2020. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. *Science (80-)* **369**: 1378–82.

McNeely JA. 2003. Conserving forest biodiversity in times of violent conflict. *Oryx* **37**: 142–52.

McSweeney K, Nielsen EA, Taylor MJ, *et al.* 2014. Drug Policy as Conservation Policy: Narco-Deforestation. *Science (80-)* **343**: 489–90.

Medeiros AC, Faial KRF, Faial K do CF, *et al.* 2017. Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. *Mar Pollut Bull* **123**: 156–64.

Moser P, Simon MF, Medeiros MB, *et al.* 2019. Interaction between extreme weather events and mega-dams increases tree mortality and alters functional status of Amazonian forests. *J Appl Ecol* **56**: 2641–51.

Murillo-Sandoval PJ, Dexter K Van, Hoek J Van Den, *et al.* 2020. The end of gunpoint conservation: forest disturbance after the Colombian peace agreement. *Environ Res Lett* **15**: 34033.

Myers RA and Mertz G. 1998. The limits of exploitation: a precautionary approach. *Ecol Appl* **8**: S165--S169.

Nascimento CAR do, Czaban RE, and Alves RRN. 2015. Trends in illegal trade of wild birds in Amazonas state, Brazil. *Trop Conserv Sci* **8**: 1098–113.

Negret PJ, Sonter L, Watson JEM, *et al.* 2019. Emerging evidence that armed conflict and coca cultivation influence deforestation patterns. *Biol Conserv* **239**: 108176.

Chapter 27

- Nobre CA, Sampaio G, Borma LS, *et al.* 2016. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proc Natl Acad Sci* **113**: 10759–68.
- Nóbrega Spínola J, Soares da Silva MJ, Assis da Silva JR, *et al.* 2020. A shared perspective on managing Amazonian sustainable-use reserves in an era of megafires (AB Leverkus, Ed). *J Appl Ecol* **57**: 2132–8.
- O’Shaughnessy E, Landi M, Januchowski-Hartley SR, and Diebel M. 2016. Conservation leverage: Ecological design culverts also return fiscal benefits. *Fisheries* **41**: 750–7.
- Padoch C and Pinedo-Vasquez M. 2010. Saving Slash-and-Burn to Save Biodiversity. *Biotropica* **42**: 550–2.
- Parry L, Barlow J, and Pereira H. 2014. Wildlife harvest and consumption in Amazonia’s urbanized wilderness. *Conserv Lett* **7**: 565–74.
- Parry L and Peres CA. 2015. Evaluating the use of local ecological knowledge to monitor hunted tropical-forest wildlife over large spatial scales. **20**.
- Pelicice FM, Vitule JRS, Lima Junior DP, *et al.* 2014. A serious new threat to Brazilian freshwater ecosystems: the naturalization of nonnative fish by decree. *Conserv Lett* **7**: 55–60.
- Perkin JS and Gido KB. 2012. Fragmentation alters stream fish community structure in dendritic ecological networks. *Ecol Appl* **22**: 2176–87.
- Phillips OL, Aragão LEOC, Lewis SL, *et al.* 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science (80-)* **323**: 1344–7.
- Piponiot C, Rödiger E, Putz FE, *et al.* 2019. Can timber provision from Amazonian production forests be sustainable? *Environ Res Lett* **14**: 064014.
- Ramos-Fernández G and Wallace RB. 2008. Spider monkey conservation in the twenty-first century: recognizing risks and opportunities. *Spider monkeys Behav Ecol Evol genus Ateles*:

Chapter 27

351–76.

Reardon S. 2018. FARC and the forest: Peace is destroying Colombia's jungle - and opening it to science. *Nature* **558**: 169–70.

Richardson VA and Peres CA. 2016. Temporal Decay in Timber Species Composition and Value in Amazonian Logging Concessions (A Zia, Ed). *PLoS One* **11**: e0159035.

Ros-Tonen MAF, Andel T Van, Morsello C, *et al.* 2008. Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: there is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *For Ecol Manage* **256**: 1482–97.

Russell ID, Larson JG, May R von, *et al.* 2019. Widespread chytrid infection across frogs in the Peruvian Amazon suggests critical role for low elevation in pathogen spread and persistence. *PLoS One* **14**: e0222718.

Sánchez AS, Torres EA, and Kalid RA. 2015. Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region. *Renew Sustain Energy Rev* **49**: 278–90.

Santos de Lima L, Merry F, Soares-Filho B, *et al.* 2018. Illegal logging as a disincentive to the establishment of a sustainable forest sector in the Amazon (B Heinze, Ed). *PLoS One* **13**: e0207855.

Schiesari L, Ilha PR, Negri DDB, *et al.* 2020. Ponds, puddles, floodplains and dams in the Upper Xingu Basin: could we be witnessing the 'lentification' of deforested Amazonia? *Perspect Ecol Conserv.*

Schumann DA, Haag JM, Ellensohn PC, *et al.* 2019. Restricted movement of prairie fishes in fragmented riverscapes risks ecosystem structure being ratcheted downstream. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* **29**: 235–44.

Sist P and Ferreira FN. 2007. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *For Ecol Manage* **243**: 199–209.

Chapter 27

- Sist P, Pioniot C, Kanashiro M, *et al.* 2021. Sustainability of Brazilian forest concessions. *For Ecol Manage* **496**: 119440.
- Sonter LJ, Herrera D, Barrett DJ, *et al.* 2017. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nat Commun* **8**: 1013.
- Ubaid FK, Silveira LF, Medolago CAB, *et al.* 2018. Taxonomy, natural history, and conservation of the Great-billed Seed-Finch *Sporophila maximiliani* (Cabanis, 1851)(Thraupidae, Sporophilinae). *Zootaxa* **4442**: 551–71.
- Uhl C and Kauffman JB. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* **71**: 437–49.
- Uliano-Silva M, Fernandes F, Holanda IBB de, and Rebelo MF. 2013. Invasive species as a threat to biodiversity: the golden mussel *Limnoperna fortunei* approaching the Amazon River basin. *Explor Themes Aquat Toxicol Res Signpost, India*.
- Vidal E, West TAP, Lentini M, *et al.* 2020. Sustainable forest management (SFM) of tropical moist forests: the case of the Brazilian Amazon. In: *Achieving Sustainable Management of Tropical Forests*.
- West TAP, Vidal E, and Putz FE. 2014. Forest biomass recovery after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *For Ecol Manage* **314**: 59–63.
- Wilkes MA, Webb JA, Pompeu PS, *et al.* 2019. Not just a migration problem: Metapopulations, habitat shifts, and gene flow are also important for fishway science and management. In: *River Research and Applications*. John Wiley and Sons Ltd.
- Wilkie DS and Carpenter JF. 1999. Bushmeat hunting in the Congo Basin: an assessment of impacts and options for mitigation. *Biodivers Conserv* **8**: 927–55.
- Winemiller KO, McIntyre PB, Castello L, *et al.* 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science (80-)* **351**: 128–9.
- Winter SC and May PJ. 2001. Motivation for compliance with environmental regulations. *J*

Chapter 27

Policy Anal Manag J Assoc Public Policy Anal Manag **20**: 675–98.

Wright SJ, Carrasco C, Calderon O, and Paton S. 1999. The El Nino Southern Oscillation, Variable Fruit Production, and Famine in a Tropical Forest. *Ecology* **80**: 1632.

Zu Ermgassen EKHJ, Godar J, Lathuillière MJ, *et al.* 2020. The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports. *Proc Natl Acad Sci U S A* **117**: 31770–9.