

## POLICY BRIEF

# NOVE MANEIRAS DE EVITAR O PONTO DE NÃO-RETORNO DA AMAZÔNIA

*Bernardo M. Flores\*, Adriane Esquivel-Muelbert\*, Marco Ehrlich\*, Emilio Vilanova, Raquel Chaves, Marina Hirota, Michelle Kalamandeen | \*Co-autores principais*

## MENSAGENS-CHAVE

**(i)** As emissões globais de gases de efeito estufa, combinadas com o desmatamento e a degradação florestal em nível local, estão levando o sistema amazônico a se aproximar de um ponto de não-retorno. Distúrbios climáticos e de uso do solo já estão enfraquecendo o fluxo de umidade na Amazônia, reduzindo a resiliência e aumentando o risco de colapso das florestas nas regiões periféricas e centrais do bioma. Isto aumenta o risco de que um ponto de não-retorno em grande escala seja ultrapassado.

**(ii)** Um ponto de não-retorno em grande escala na Amazônia pode desencadear o colapso da maioria das florestas e, conseqüentemente: (1) acelerar o aquecimento global, dificultando os esforços para alcançar os objetivos do Acordo de Paris; (2) reduzir o fluxo de umidade na América do Sul, ameaçando a segurança hídrica para atividades socioeconômicas básicas, como a agricultura; (3) aumentar as temperaturas em toda a região amazônica, podendo se tornar insuportável para humanos vivendo em áreas urbanas e rurais; (4) causar extinções em massa de espécies; e (5) comprometer os ativos biológicos e culturais que representam soluções fundamentais para os desafios atuais e futuros da humanidade.

**(iii)** Sinergias entre diversos distúrbios podem levar a respostas inesperadas da floresta que podem alcançar antecipadamente um ponto de não-retorno, mesmo em regiões florestais anteriormente consideradas resilientes às mudanças climáticas, como a Amazônia central ou ocidental. Modelos climáticos atuais do AR6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) concordam que é improvável que um ponto de não-retorno em grande escala do sistema amazônico seja ultrapassado neste ou no próximo século, mas esses modelos ignoram as múltiplas interações e sinergias entre distúrbios climáticos e de uso da terra (ex: ondas de calor associadas à secas prolongadas e extremas e incêndios florestais).

## RECOMENDAÇÕES

Para reduzir a probabilidade de que um ponto de não-retorno em grande escala do sistema florestal amazônico seja ultrapassado, ações que fortaleçam a resiliência florestal são urgentemente necessárias (para uma lista detalhada, consulte a seção D):

**(i)** Agir em nível global, regional e local para reduzir drasticamente as emissões de gases de efeito estufa, para parar o desmatamento, a degradação e os incêndios florestais.

**(ii)** Implementar a restauração em grande escala (regeneração natural e reflorestamento) ao longo dos "Arcos de Restauração" fortalecerá o feedback floresta-chuva em toda a Amazônia, reduzindo o risco de pontos de não-retorno e melhorando a conectividade florestal entre os Andes e a Amazônia.

**(iii)** Reconhecer e fortalecer o papel de liderança dos Povos Indígenas e das comunidades locais (IPLCs) na governança amazônica, devido a seu conhecimento ecológico, práticas e conexões bioculturais diversas que aumentam a resiliência da floresta às mudanças globais. Isto envolve a expansão dos Territórios Indígenas e das Áreas Protegidas de Uso Sustentável, o fortalecimento dos órgãos Indígenas e ambientais e a promoção da participação efetiva dos Povos Indígenas e das comunidades locais nos processos de tomada de decisão.

**(iv)** Monitorar a dinâmica da floresta amazônica e as respostas a estresses ambientais (por exemplo, estresse térmico e hídrico) e perturbações (por exemplo, desmatamento e degradação devido à extração ilegal de madeira e incêndios florestais), para fornecer informações rápidas que possam ajudar a fortalecer a governança local. Isto requer investimento em pesquisas voltadas para os impactos de distúrbios sinérgicos sobre a resiliência das florestas.



Resumo Gráfico: Nove maneiras de evitar o ponto de não-retorno na Amazônia.

### **A. A MAIOR E MAIS DIVERSA FLORESTA TROPICAL DO PLANETA SOB AMEAÇA**

O sistema florestal amazônico desempenha um papel fundamental na regulação do sistema climático global<sup>1,2</sup>. No entanto, existe uma preocupação crescente de que este sistema possa ultrapassar um ponto de não-retorno neste século (Box 1), potencialmente levando a mudanças drásticas e irreversíveis nos ecossistemas. Um colapso da floresta amazônica, mesmo que parcial, teria consequências graves para a biodiversidade, para a subsistência dos Povos Indígenas e das comunidades locais, e para a persistência das atuais condições climáticas da Terra. Isso alteraria

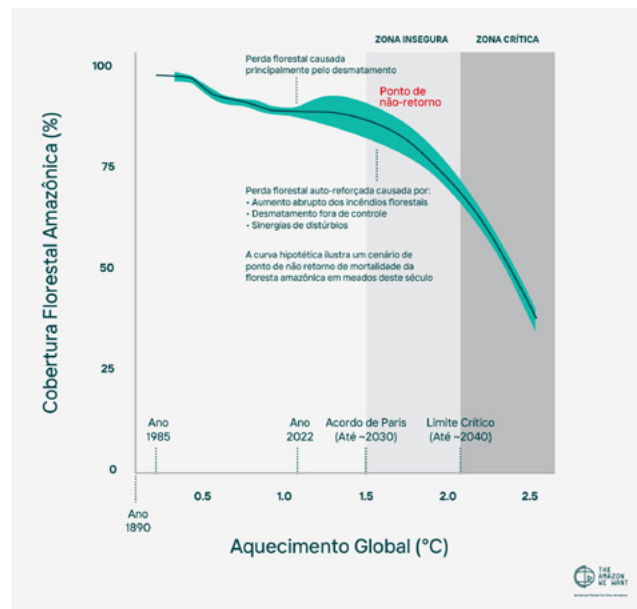
o ciclo hidrológico de grandes partes da América do Sul, ameaçando o abastecimento de água a milhões de pessoas dentro e fora da Amazônia, em regiões como os Andes, a Bacia do Prata e o Pantanal, além de agravar eventos hidrológicos extremos, como inundações e secas<sup>3</sup>. A perda de florestas em toda a Amazônia também aumentaria as temperaturas regionais, tornando-as insuportáveis para os seres humanos, tanto nas áreas urbanas como rurais<sup>4,5</sup>.

A região abriga mais de 47 milhões de pessoas, incluindo 410 Povos Indígenas com diversas culturas e sistemas de conhecimento. Estes grupos estão profundamente interligados com

os ecossistemas amazônicos, o que lhes permite identificar rapidamente mudanças e tornarem-se vozes de alerta contra o desmatamento, a degradação, as alterações climáticas, a perda

de biodiversidade e as transições ecológicas. Os Povos Indígenas são, portanto, fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação às mudanças globais<sup>6,7</sup>.

**BOX 1: O ponto de não-retorno** é um valor limite de uma condição estressante na qual um determinado sistema é instável, e uma pequena mudança nas condições poderia fazer com que todo o sistema mudasse abruptamente para um estado estável alternativo<sup>8</sup>. À medida que um sistema se aproxima de um ponto de não-retorno, ele perde gradualmente a resiliência, embora ainda persista num determinado estado, até entrar subitamente em colapso em um estado contrastante. Esse processo depende da existência de mecanismos de feedback positivo, ou seja, interações que se auto reforçam, fazendo com que pequenas mudanças se intensifiquem, se espalhem ou acelerem<sup>9</sup>. **Um ponto de não-retorno na Amazônia** é o valor de um estressor (por exemplo, estresse térmico ou hídrico) além do qual a floresta entraria em colapso irreversível, localmente ou em maior escala (colapso sistêmico), mudando para um estado de vegetação aberta (não florestada).



**FIGURADO BOX1. Potencial colapso irreversível da floresta amazônica desencadeado por um ponto de não-retorno no aquecimento global.** O aumento da temperatura já está mudando o clima regional da Amazônia, expondo as florestas a um estresse hídrico crescente. Além disso, as sinergias entre os impactos do aquecimento global e do desmatamento, assim como os distúrbios associados, tais como secas extremas e incêndios florestais, podem antecipar o colapso do sistema. A curva hipotética ilustra um cenário de ponto de não-retorno relacionado à mortalidade da floresta amazônica em meados deste século.

## **B. VETORES DE ESTRESSE E O POTENCIAL DE ATINGIR LIMIARES CRÍTICOS**

**As emissões de gases de efeito estufa e o desmatamento** são os dois principais vetores de estresse sob o sistema amazônico. Independentemente ou combinados, esses fatores podem levar a mudanças drásticas em três mecanismos-chave que moldam a resiliência da Amazônia:

**1. Aquecimento global:** Alguns modelos indicam um potencial ponto de não-retorno em grande escala para a floresta amazônica considerando um limiar crítico entre 2 °C e 6°C de aquecimento global<sup>10</sup>. O aumento da

temperatura média global provoca alterações nas condições climáticas na região Amazônica, que deve se tornar mais quente e seca de acordo com as projeções (com exceção do noroeste da Amazônia), provocando um estresse hídrico generalizado.

**2. Condições de precipitação:** Três potenciais limiares críticos nas condições de precipitação podem resultar em um ponto de não-retorno relacionado com o estresse hídrico: (1) precipitação anual inferior a 1.000 mm; (2) déficit hídrico cumulativo máximo anual (MCWD, uma proxy para intensidade de sazonalidade) superior a 450 mm; (3) duração da estação seca acima de 6-8 meses<sup>11-13</sup>.

**3. Cobertura florestal e conectividade da paisagem:** Considerando a escala do bioma Amazônico, uma perda de cobertura florestal superior a 20% (20-50%) poderia enfraquecer o feedback floresta-precipitação em toda a bacia, de modo a provavelmente acelerar as mudanças climáticas regionais e potencialmente levar a uma maior perda florestal devido ao estresse hídrico<sup>13,14</sup>. À nível de paisagem, evidências empíricas sugerem que uma perda florestal superior a 70% poderia ser um

limiar crítico para o colapso da integridade ecológica das florestas tropicais, levando ao desaparecimento da maioria das espécies de vertebrados<sup>15</sup>. Partes da floresta amazônica nas fronteiras do desmatamento estão próximas ou podem já ter ultrapassado esse limite crítico<sup>5</sup>. A conectividade Andes-Amazônia é particularmente importante para a mobilidade animal e permite que as espécies migrem para refúgios climáticos<sup>16,17</sup>.

### **BOX 2: Mecanismos de retroalimentação, ou *feedbacks*, que podem acelerar um ponto de não-retorno em larga escala**

**Feedback entre aquecimento global e emissões de carbono:** Projeta-se que o aquecimento global aumente os regimes de seca e as temperaturas em toda a Amazônia<sup>2</sup>, o que é confirmado pelas atuais observações de satélite das condições climáticas<sup>18</sup>. Essas mudanças já estão aumentando as taxas de mortalidade de árvores<sup>19</sup> e a incidência de incêndios<sup>20</sup>, fazendo com que as florestas do sudeste da Amazônia deixem de ser um sumidouro para se tornarem uma fonte de carbono<sup>21,22</sup>. As emissões de gases de efeito estufa aumentam a partir de fontes acima e abaixo do solo, especialmente a partir de áreas alagadas<sup>23</sup>. Por exemplo, com o aumento das secas, pelo menos 5 Pg de carbono armazenado em turfeiras em áreas alagadas da Amazônia peruana poderiam ser liberados para a atmosfera, acelerando ainda mais o aquecimento global<sup>24</sup>.

**Feedback entre chuva e floresta:** Através do processo de evapotranspiração, as árvores transferem a umidade do solo para a atmosfera, aumentando a umidade e diminuindo a temperatura atmosférica. Isso leva a um aumento da quantidade e da estabilidade das chuvas em escala local e regional, via circulação atmosférica<sup>25,26</sup>. Este é o mecanismo pelo qual a floresta gera grande parte da própria chuva que recebe, além de gerar a precipitação em outras regiões. O desmatamento acumulado pode enfraquecer esse *feedback* positivo e reduzir a precipitação nas regiões sul e sudoeste da floresta amazônica, que são as mais vulneráveis aos efeitos em cascata do desmatamento no fluxo de umidade<sup>25,26</sup>. A mortalidade de árvores como resultado do estresse hídrico causado pela falta de chuvas acentuaria ainda mais as mudanças climáticas regionais, enfraquecendo o feedback entre chuvas e florestas, e reduzindo o fluxo de umidade para outras regiões, como os Andes, a Bacia de La Plata e as zonas alagadas do Pantanal.

**Feedback entre cobertura arbórea e fogo:** Distúrbios que abrem o dossel da floresta (ex: exploração madeireira) e permitem a expansão das gramíneas podem aumentar a inflamabilidade da floresta. Como as gramíneas são mais inflamáveis do que as árvores, os incêndios podem se espalhar com mais frequência, impedindo o recrutamento de árvores e mantendo o ecossistema em estado de vegetação aberta<sup>27,28</sup>.

## C. EVIDÊNCIAS DA APROXIMAÇÃO DE UM PONTO DE NÃO-RETORNO

**1. A combinação de distúrbios pode acelerar a mudança.** Florestas podem ficar cada vez mais sobrecarregadas com a combinação de distúrbios relacionados às mudanças climáticas e no uso dos solos. Quando há a interação entre distúrbios combinados, efeitos sinérgicos poderosos podem ocorrer (ex: ondas de calor, secas extremas e incêndios florestais simultâneos) e levar a um ponto de não-retorno inesperado<sup>29</sup>, mesmo em regiões anteriormente consideradas resilientes. Atualmente, a temperatura média da estação seca já é 2° C mais alta do que há 40 anos na maior parte da Amazônia<sup>18</sup>. Atualmente, 16% da Amazônia foi desmatada e 17% das florestas remanescentes foram degradadas pela combinação de diversos distúrbios humanos<sup>30,31</sup>, uma estatística que chega a 38% se considerarmos a degradação por repetidos eventos de seca extrema (ex: 2005, 2010, 2014-16 e 2023)<sup>32</sup>. Mesmo partes remotas

da Amazônia central estão agora expostas ao aumento das temperaturas, repetidos eventos de seca extrema e incêndios florestais, tornando-as vulneráveis a mudanças do ecossistema nas próximas décadas<sup>8,18,30</sup>. O atual El Niño de 2023 demonstra como estas sinergias podem ser destrutivas para a floresta, para a sua fauna e para as sociedades humanas locais.

**2. Florestas estão passando por transições ecológicas.** As taxas de mortalidade de árvores estão aumentando na maior parte da Amazônia<sup>33</sup> e espécies de árvores adaptadas a regiões secas estão se tornando mais abundantes, alterando a composição e o funcionamento das florestas<sup>34</sup>. Árvores na margem sul da Amazônia estão operando além dos seus limites fisiológicos (margem de segurança hidráulica) em termos de disponibilidade de água<sup>35</sup>. Nas florestas de igapó, os incêndios florestais estão facilitando a expansão dos ecossistemas de campina, levando a grandes mudanças nas espécies de árvores, aves e peixes<sup>36-38</sup>.



**FIGURA 1. Causas, vetores e soluções que influenciam o risco de atingir pontos de não-retorno na Amazônia.** As causas – emissões de gases de efeito estufa e mudanças no uso do solo – enfraquecem o feedback floresta-precipitação; ou seja, a perda florestal contribui para alterações climáticas que aumentam ainda mais a perda florestal (Box 2), reduzindo assim a resiliência florestal. As soluções – maior governança para a redução das emissões e de mudanças no uso do solo – fortalecem o feedback floresta-precipitação, aumentando assim a resiliência das florestas.

**3. Florestas amazônicas estão perdendo resiliência.** A resiliência florestal está em declínio em três quartos do bioma amazônico, como indicam observações de dados de satélite que revelam um fenômeno conhecido como 'desaceleração crítica', sugerindo que o sistema pode estar se aproximando de um ponto de não-retorno<sup>39</sup>.

**4. Florestas que sofreram perturbações têm dificuldade para se recuperar.** Aproximadamente 4% das florestas amazônicas encontram-se em estado de floresta

secundária<sup>40</sup>. A recuperação dessas florestas é incerta, pois algumas áreas podem persistir em estado degradado por décadas ou mesmo séculos<sup>41-43</sup> como consequência de feedbacks positivos<sup>9</sup> (Box 2). Alguns exemplos são florestas dominadas por árvores *Vismia*, bambus e cipós, que estão se expandindo devido a incêndios florestais e outros distúrbios<sup>44-46</sup>. Nas fronteiras agrícolas, gramíneas exóticas inflamáveis contribuem para a propagação de repetidos incêndios, com pelo menos 5% das paisagens no sul da Amazônia sendo mantidas em um estado degradado de dossel aberto<sup>47,48</sup>.



**FIGURA 2** Soluções para evitar o ponto de não-retorno na Amazônia incluem a criação e manutenção de Áreas Protegidas e Territórios Indígenas, bem como o apoio à restauração em grande escala.

## **5. Paisagens perderam conectividade**

**crítica.** O desmatamento na porção colombiana da fronteira Andes-Amazônia está dificultando a mobilidade animal <sup>49</sup>, ameaçando a sobrevivência de espécies sensíveis ao clima nas próximas décadas, incluindo espécies de plantas que dependem de animais para dispersão e polinização <sup>9</sup>. A construção de barragens hidroelétricas ao longo da fronteira entre os Andes e a Amazônia também ameaça a mobilidade de peixes migratórios, assim como o fluxo de sedimentos e nutrientes, gerando insegurança alimentar para populações locais e afetando os ecossistemas de planícies aluviais <sup>50</sup>, por exemplo, ao causar a mortalidade em massa de árvores <sup>51</sup>.

---

## **D. SOLUÇÕES PARA MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO**

---

Ações que fortaleçam a resiliência florestal são urgentemente necessárias se quisermos seguir uma abordagem preventiva, mitigar os principais vetores de estresse e aumentar a adaptabilidade da floresta e das sociedades locais para evitar pontos de não-retorno na Amazônia.

**1. A redução drástica das emissões globais de gases de efeito estufa** é um primeiro passo fundamental para mitigar as mudanças climáticas globais e seus impactos nas condições climáticas da Amazônia.

**2. Acabar com o desmatamento, a degradação e os incêndios florestais em grande escala na Amazônia** é igualmente importante para mitigar as mudanças nas condições climáticas da Amazônia. Isto requer novas políticas para abordar os principais vetores de desmatamento, degradação e incêndios florestais em cada país amazônico,

assim como coordenação entre os países amazônicos para evitar a internacionalização de mercados de terras ilegais <sup>52</sup>.

**3. A restauração de florestas abandonadas e degradadas em grande escala** é crucial para manter as condições climáticas da Amazônia <sup>53</sup>. Isto exige a facilitação da restauração passiva através de medidas para evitar o desmatamento de florestas secundárias, e da reflorestação ativa para promover a recuperação de florestas degradadas, através do plantio de diversas combinações de espécies de árvores nativas com potencial econômico <sup>54</sup>.

**4. A criação e manutenção de Áreas Protegidas e Territórios Indígenas** é uma ação eficaz e de baixo custo que contribui significativamente para a redução do desmatamento e das queimadas <sup>55-57</sup>. A demarcação e a concessão de direitos legais à terra de Povos Indígenas e comunidades locais é um passo fundamental para fortalecer a resiliência dos ativos biológicos e culturais dos ecossistemas amazônicos.

**5. Investir em ciência, tecnologia e inovação pode fortalecer a resiliência da Amazônia.** Uma melhor compreensão da complexidade da Amazônia através do monitoramento a longo prazo e de modelos baseados em dados ajudará a prever como o sistema responderá às mudanças globais e aos efeitos sinérgicos das mudanças climáticas e do uso do solo. Em última análise, proteger a Amazônia requer pesquisa transdisciplinar, produzida através de abordagens éticas e justas, considerando múltiplos sistemas de conhecimento e incluindo perspectivas de Povos Indígenas e comunidades locais <sup>58</sup>. Isto requer fortalecer a capacidade científica das instituições de pesquisa na Amazônia.

**6. Reforçar a participação das organizações da sociedade civil** na tomada de decisão ambiental para manter um sistema de governança resiliente. Quando as políticas públicas das instituições governamentais falham, as organizações da sociedade civil podem agir para manter e/ou fortalecer a governança amazônica.

**7. O desenvolvimento de uma sociobioeconomia de saudáveis florestas em pé e rios fluindo** pode contribuir para apoiar os Povos Indígenas e as comunidades locais que retêm o conhecimento ecológico ancestral sobre a sociobiodiversidade amazônica <sup>59</sup>. Isto exige o desenvolvimento de cadeias de suprimento e de valor que utilizem infraestruturas logísticas sustentáveis <sup>60</sup>, ligando comunidades e mercados remotos, bem como iniciativas de colheita sustentável <sup>61</sup>.

**8. Manter a conectividade florestal entre os Andes e a Amazônia** é vital para garantir a resiliência das espécies. Eventos passados de mudanças climáticas demonstraram que a mobilidade animal é fundamental para garantir o acesso aos refúgios climáticos, com os Andes funcionando como o berço da biodiversidade amazônica <sup>16</sup>.

**9. Incluir os direitos fundamentais da Amazônia na constituição dos países amazônicos.** Os países amazônicos deveriam seguir o exemplo do Equador, que inseriu os direitos da natureza em sua constituição, e da Bolívia e da Colômbia, que criaram apoio jurídico e jurisprudencial para os direitos da natureza. Tais práticas podem ser instrumentos jurídicos eficazes para proteger paisagens, ecossistemas, rios, montanhas, espécies e outros elementos do sistema

sócio-ecológico de atividades humanas destrutivas, ao mesmo tempo em que adotam uma perspectiva sistêmica que compreende que todos os seres estão interligados.

---

## AGRADECIMENTOS

---

Os autores agradecem àqueles que contribuíram para este Policy Brief. Isso inclui a opinião do especialista Claudio Almeida; os revisores pares Gilberto Fisch, Germán Poveda, Fernando Roca, Carlos Nobre, Marielos Peña-Claros e Susan Trumbore; e os participantes da consulta pública Jhan- Carlo Espinoza (IRD-França), Jurgen Kesselmeier (Instituto Max Planck de Química), Encarni Montoya (Conselho Superior de Pesquisa Científica) e Camilo Torres (Universidade do Estado do Amazonas). Agradecemos também à Secretaria Técnica do SPA, em especial a Isabella Leite Lucas e à edição de Lauren Barredo. Traduzido do inglês para o português por Isabella Leite Lucas e para o espanhol por Federico Ernesto Viscarra Rios.

---

## REFERÊNCIAS

---

1. Science Panel for the Amazon. 2021. Executive Summary of the Amazon Assessment Report 2021. Nobre C, Encalada A, Anderson E, et al. (eds). United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA. 48 pages.
2. IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, et al. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.



3. Salazar JF, Villegas JC, Rendón AM, et al. 2018. Scaling properties reveal regulation of river flows in the Amazon through a "forest reservoir". *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22: 1735–1748
4. Oliveira BFA, Bottino MJ, Nobre P and Nobre CA. 2021. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. *Communications Earth and Environment* 2(207).
5. Gatti LV, Costa PM, Alencar A, et al. 2023a. Human impact on carbon emissions, losses in ecosystem services, and finance for Amazon solutions. *Policy Brief. Science Panel for the Amazon.*
6. Alexander C, Bynum N, Johnson E et al. 2011. Linking indigenous and scientific knowledge of climate change. *BioScience*, 61(6), 477-484.
7. Ford JD, King N, Galappaththi EK et al. 2020. The resilience of indigenous peoples to environmental change. *One Earth*, 2(6), 532-543.
8. Hirota M, Flores BM, Betts R et al. 2021. Chapter 24: Resilience of the Amazon Forest to Global Changes: Assessing the Risk of Tipping Points. In: Nobre C, Encalada A, Anderson E et al. (Eds). *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA.
9. Flores BM and Staal A. 2022. Feedback in tropical forests of the Anthropocene. *Global Change Biology* 28(17), 5041-5061.
10. Armstrong McKay DI, Staal A, Abrams JF et al. 2022. Exceeding 1.5 C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377(6611), eabn7950.
11. Salazar LF, Nobre CA, and Oyama MD. 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters* 34(9): L09708.
12. Sampaio G, Nobre CA, Costa MH et al. 2007. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters* 34(17): L17709.
13. 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 U S A* 113.
14. Boers N, Marwan N, Barbosa HM and Kurths J. 2017. A deforestation-induced tipping point for the South American monsoon system. *Scientific reports*, 7(1), 41489.
15. Banks-Leite C, Pardini R, Tambosi LR, et al. 2014. Using ecological thresholds to evaluate the costs and benefits of set-asides in a biodiversity hotspot. *Science* 345(6200), 1041-1045.
16. Rangel TF, Edwards NR, Holden PB, et al. 2018. Modeling the ecology and evolution of biodiversity: Biogeographical cradles, museums, and graves. *Science* 361(6399).
17. Artaxo P, Almeida-Val VMF, Bilbao B, et al. 2021. Chapter 23: Impacts of deforestation and climate change on biodiversity, ecological processes, and environmental adaptation. In: Nobre C, Encalada A, Anderson E, et al. (eds). *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA.
18. Marengo JA, Espinoza JC, Fu R, et al. 2021. Chapter 22: Long-term variability, extremes and changes in temperature and hydro meteorology in the Amazon region. In: Nobre C, Encalada A, Anderson E, et al. (eds). *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA.

19. Esquivel-Muelbert A, Phillips OL, Brienen RJW, et al. 2020. Tree mode of death and mortality risk factors across Amazon forests. *Nat Commun* 11.
20. Alencar AA, Brando PM, Asner GP, and Putz FE. 2015. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecological Applications* 25(6), 1493-1505.
21. Gatti LV, Basso L, Miller JB, et al. 2021. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 595, 388-393.
22. Gatti LV, Cunha CL, Marani L, et al. 2023b. Increased Amazon carbon emissions mainly from decline in law enforcement. *Nature* 621: 318-323
23. Covey K, Soper F, Pangala S, et al. 2021. Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon. *Front. For. Glob. Change* 4.
24. Hastie A, Coronado ENH, Reyna J, et al. 2022. Risks to carbon storage from land-use change revealed by peat thickness maps of Peru. *Nature Geoscience* 15, 369-374.
25. Zemp DC, Schleussner C-F, Barbosa HMJ, et al. 2017. Self-amplified Amazon forest loss due to vegetation-atmosphere feedbacks. *Nat Commun* 8: 1-10.
26. Staal A, Tuinenburg OA, Bosmans JHC, et al. 2018. Forest-rain- fall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nat Clim Chang* 8: 539-43.
27. Cochrane MA, Alencar A, Schulze MD, et al. 1999. Positive feed- backs in the fire dynamic of closed canopy tropical for- ests. *Science* 284: 1832-5.
28. Van-Nes EH, Staal A, Hantson S, et al. 2018. Fire forbids fifty- fifty forest. *PLoS One* 13: 12-7.
29. Willcock S, Cooper GS, Addy J, and Dearing JA. 2023. Earlier collapse of Anthropocene ecosystems driven by multiple faster and noisier drivers. *Nature Sustainability*.
30. Berenguer E, Armenteras D, Lees AC et al. 2021. Chapter 19: Drivers and Ecological Impacts of Deforestation and Forest Degradation. In: Nobre C, Encalada A, Anderson E et al. (Eds). *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA.
31. Bullock EL, Woodcock CE, Souza Jr. C and Olofsson P. 2020. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. *Global Change Biology* 26(5), 2956-2969.
32. Lapola DM, Pinho P, Barlow et al. 2023. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science*, 379(6630), eabp8622.
33. Brienen RJW, Phillips OL, Feldpausch TR, et al. 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature* 519: 344-8.
34. Esquivel-Muelbert A, Baker TR, Dexter KG, et al. 2019. Compositional response of Amazon forests to climate change. *Glob Chang Biol* 25.
35. Tavares JV, Oliveira RS, Mencuccini M, et al. 2023. Basin-wide variation in tree hydraulic safety margins predicts the carbon balance of Amazon forests. *Nature* 617, 111-117.
36. Ritter CD, Andretti CB and Nelson BW. 2012. Impact of past forest fires on bird populations in flooded forests of the Cuini River in the Lowland Amazon. *Biotropica*, 449-453.
37. Flores BM and Holmgren M. 2021. White-Sand Savannas Expand at the Core of the Amazon After Forest Wildfires. *Ecosystems*.

38. Lugo-Carvajal A, Holmgren M, Zuanon J and van der Sleen P. 2023. Fish on Fire: Shifts in Amazonian fish communities after floodplain forest fires. *Journal of Applied Ecology*.
39. Boulton CA, Lenton TM, and Boers N. 2022. Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change* 12, 271-278.
40. Smith CC, Healey JR, Berenguer E, et al. 2021. Old-growth forest loss and secondary forest recovery across Amazonian countries. *Environ. Res. Lett.* 16 085009
41. Barlow J and Peres CA. 2008. Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest. *Philos Trans R Soc London B* 363: 1787–94.
42. Jakovac CC, Peña-Claros M, Kuyper TW, and Bongers F. 2015. Loss of secondary-forest resilience by land-use intensification in the Amazon. *J Ecol* 103: 67–77.
43. Brando PM, Silvério D, Maracahipes-Santos L, et al. 2019. Prolonged tropical forest degradation due to compounding disturbances: Implications for CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O fluxes. *Global Change Biology*, 25(9), 2855-2868.
44. Mesquita RCG, Ickes K, Ganade G, and Williamsom GB. 2001. Alternative successional pathways in the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 89(4), 528-537.
45. Carvalho AL, Nelson BW, Bianchini MC, et al. 2013. Bamboo-Dominated Forests of the Southwest Amazon: Detection, Spatial Extent, Life Cycle Length and Flowering Waves. *PlosOne*.
46. Tymen B, Rejou-Mechain M, Dalling JW, et al. 2015. Evidence for arrested succession in a liana-infested Amazonian forest. *Journal of Ecology* 104(1), 149-159.
47. Veldman JW and Putz FE. 2011. Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin. *Biol Conserv* 144: 1419–29.
48. Silvério D V, Brando PM, Balch JK, et al. 2013. Testing the Amazon savannization hypothesis: fire effects on invasion of a neotropical forest by native cerrado and exotic pasture grasses. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 368: 20120427.
49. Murillo-Sandoval PJ, Clerici N, and Correa-Ayram C. 2022. Rapid loss in landscape connectivity after the peace agreement in the Andes-Amazon region. *Global Ecology and Conservation* 38, e02205.
50. Anderson EP, Jenkins CN, Heilpern S, et al. 2018. Fragmentation of Andes-to-Amazon connectivity by hydropower dams 4(1).
51. Resende AF, Piedade MTF, Feitosa YO, et al. 2020. Flood-pulse disturbances as a threat for long-living Amazonian trees. *New Phytologist Foundation* 277(6), 1790-1803.
52. Costa FA, Larrea C, Araujo R, et al. 2023. Land markets and illegalities: the deep roots of deforestation in the Amazon. *Policy Brief. Science Panel for the Amazon*.
53. Barlow J, Anderson L, Berenguer e, et al. 2022. Transforming the Amazon through “Arcs of Restoration”. *Policy Brief. Science Panel for the Amazon*.

54. Sist P, Peña-Claros M, Ascarrunz N, et al. 2023. Forest management for timber production and forest landscape restoration in the Amazon: the way towards sustainability. Policy Brief. Science Panel for the Amazon.

56. Baragwanath K and Bayi E. 2020. Collective property rights reduce deforestation in the Brazilian Amazon. PNAS 117(34), 20495-20502.

57. Moutinho P, Lucas IL, Baniwa A, et al. 2022. The role of Amazonian Indigenous peoples in fighting the climate crises. Policy Brief. Science Panel for the Amazon.

58. Nóbrega RLB, Alencar PHL, Baniwa B. et al. 2023. Co-developing pathways to protect nature, land, territory, and well-being in Amazonia. Commun Earth Environ 4:364

59. Athayde S, Shepard G, Cardoso TM, et al. 2021. Chapter 10: Critical Interconnections between Cultural and Biological Diversity of Amazonian Peoples and ecosystems. In: Nobre C, Encalada A, Anderson e, et al. (eds). Amazon Assessment Report 2021. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA.

60. Schaeffer R, Caceres RB, Klautau A et al. 2023. A New Infrastructure for the Amazon. Policy Brief. Science Panel for the Amazon.

61. Garrett R, Ferreira J, Abramovay R, et al. 2023. Supporting socio-bioeconomies of healthy standing forests and flowing rivers in the Amazon. Policy Brief. Science Panel for the Amazon

## AFILIAÇÕES DOS AUTORES

**Bernardo M. Flores:** Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Florianópolis, Brasil, mflores.bernardo@gmail.com

**Adriane Esquivel-Muelbert:** School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, UK and Birmingham Institute of Forest Research (BIFoR), University of Birmingham, Reino Unido. a.esquivelmuelbert@bham.ac.uk

**Marco Ehrlich:** Universidade El Bosque, Av. Cra. 9 N° 131 A – 02, Bogotá, Colômbia, marcoehrich58@gmail.com

**Emilio Vilanova:** Wildlife Conservation Society (WCS). 2300 Southern Boulevard. Bronx, New York 10460, EUA

**Raquel Chaves:** Universidade de Brasília, Departamento de Antropologia, Brasília – DF, 70297-400, Brasil ; liderança do povo Tupinambá do Tapajós

**Marina Hirota:** Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Física, Florianópolis, SC, Brasil

**Michelle Kalamandeen:** School of Earth and Environment, McMaster University, 1280 Main St W, Hamilton, ON L8S 4L8, Canadá

MAIS INFORMAÇÕES EM

[aamazoniaquequeremos.org](http://aamazoniaquequeremos.org)

SIGA-NOS

  [theamazonwewant](https://www.instagram.com/theamazonwewant)

CONTATO

**Secretaria Técnico-Científica do SPA em NY**

475 Riverside Drive | Suite 530

New York NY 10115 USA

+1 (212) 870-3920 | [spa@unsdsn.org](mailto:spa@unsdsn.org)