

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NA AMAZÔNIA

Diego Oliveira Brandão¹

¹Pós-Graduação Ciência do Sistema Terrestre (PGCST) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (diegobrandao779@gmail.com), Orientador: Carlos Afonso Nobre (cnobre.res@gmail.com)

ABSTRACT

Climate change has modified the geographic distribution and productivity of plants in tropical forests. I present considerations on the regions where extractivist and farmers are most threatened by climate change and discuss the changes in species composition that take place in Amazonia. The increase in atmospheric CO₂ can stimulate more carbohydrates, lipids, and vegetable proteins in non-timber forest products for economic use in Amazonia. However, the increase in forest productivity has been limited by increased temperature, vapor pressure deficit, drought, forest fires, and deforestation. The density of some species of palms, *Cecropia* and *Vismia*, are increasing in degraded areas, but native Amazonia species, such as acai berry, andiroba, and Brazil nut, are decreasing. Forest-dependent extractivist and farmers are most threatened by climate change in municipalities in the southern and eastern regions in Brazilian Amazonia.

Keywords: Amazon land use; Atmospheric carbon dioxide; Global warming; Non-timber forest products; Species compositional shift.

1. Introdução

Os efeitos das mudanças climáticas estão sendo observados nos sistemas naturais e humanos (IPCC 2021). A distribuição geográfica e a produtividade de plantas com flores, sementes e frutos empregadas na economia da Amazônia têm sido modificadas pela combinação entre mudanças climáticas e desmatamento (Brandão et al. 2021; Evangelista-Vale et al. 2021). Os produtos florestais não madeireiros (PFNM) são típicos de atividades sociais e econômicas de indígenas, ribeirinhos e agricultores locais que fazem o extrativismo na floresta e o cultivo de espécies nativas em sistemas agroflorestais. Apesar disso, os efeitos das mudanças climáticas sobre os PFNM e os meios de subsistência de comunidades dependentes da floresta ainda são pouco compreendidos na Amazônia (IPCC 2021).

2. Metodologia

Esta revisão foi elaborada de acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC 2018, IPCC 2021) e estudos científicos sobre mudanças climáticas e ambientais na Amazônia. Eu apresento como as mudanças climáticas associadas com a concentração de dióxido de carbono na atmosfera ([CO₂]), a temperatura global, o déficit de pressão de vapor de água na atmosfera, as secas, os incêndios florestais e o desmatamento podem impactar as plantas que fornecem PFNM na Amazônia. Eu discuto as tendências na composição de espécies e faço uma

conclusão indicando as regiões onde os extrativistas e agricultores estão mais ameaçados pelas mudanças climáticas na Amazônia.

3. Resultados e discussão

3.1 Efeitos do dióxido de carbono na formação de flores e frutos

O aumento anual na $[CO_2]$ foi $2,0 \pm 0,1$ partes por milhão (ppm) entre 2002 e 2011, acumulando 413 ppm em 2020 (WMO 2021; IPCC 2021). A taxa de fotossíntese tem aumentado até mesmo quando a $[CO_2]$ foi estudada em 1000 ppm (Pau et al. 2016). O aumento gradativo na $[CO_2]$ de 350 para 400 ppm entre 1987 e 2014 foi associado ao aumento anual médio de 3% de floração na floresta tropical no Panamá (Pau et al. 2016). A elevação na $[CO_2]$ tem sido positiva para a formação de flores e frutos em ecossistemas naturais e na agricultura, mas pode ser limitada por variações climáticas e nutricionais (IPCC 2021).

Uma maior produção de flores e frutos causada pela $[CO_2]$ pode estimular mais carboidratos, lipídios e proteínas vegetais em PFM para uso econômico na Amazônia. Por exemplo, as flores da espécie jambu (*Acmella oleracea*) são utilizadas por populações locais e empresas como alimento, fármaco e cosmético (Lorenzi e Matos 2008). As espécies com frutos altamente empregados na economia da região são açai (*Euterpe oleracea* e *E. precatoria*), andiroba (*Carapa guianensis*), buriti (*Mauritia flexuosa*), bacuri (*Platonia insignis*), cacau (*Theobroma cacao*), castanha (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), pupunha (*Bactris gasipaes*), taperebá (*Spondias mombin*) e ucuúba (*Virola surinamensis*) (Evangelista-Vale et al. 2021). Portanto, o efeito da $[CO_2]$ pode favorecer o extrativismo e o cultivo de espécies nativas em sistemas agroflorestais na Amazônia.

3.2 Impactos do aquecimento global na distribuição geográfica e produtividade de plantas na Amazônia

A temperatura global na superfície do solo entre 2011 e 2020 foi registrada entre 1,34 e 1,83°C mais alta em comparação à média do período entre 1850 e 1900 (IPCC 2021). O aumento de temperatura na Amazônia é significativo em 95% das estações meteorológicas no Brasil, sendo observada uma elevação anual média de 0,04°C entre 1973 e 2013 (Almeida et al. 2016). O aumento médio de temperatura em toda a Amazônia foi de $1,02 \pm 0,02^\circ C$ entre 1979 e 2018 (Gatti et al. 2021), podendo chegar em 6°C até 2100 com altas emissões de gases de efeito estufa (Salazar et al. 2007).

A temperatura condiciona a ocorrência de espécies, permitindo sua observação e exploração econômica em um local. O aumento de 1,5°C na temperatura reduz a metade da abrangência geográfica de 8% das espécies de plantas terrestres, enquanto que o aumento de 2°C pode impactar 16% dessas espécies (IPCC, 2018). A

temperatura média na Amazônia está em 28°C e a produtividade bruta da floresta tem reduzido com a temperatura acima de 27°C (Smith et al. 2020). Estimativas para a Amazônia mostram que 30% de todas as espécies de árvores e 47% de toda sua abrangência geográfica serão reduzidas até 2050 pela combinação entre mudança climática e desmatamento (Gomes et al. 2019). Portanto, extrativistas e agricultores podem ser impactados por uma rápida redução na distribuição geográfica e na produtividade de PFNM nas próximas décadas na Amazônia.

3.3 O aumento no déficit de pressão de vapor reduz a produtividade

O aumento da temperatura global tem aumentado a demanda da atmosfera por evaporação (IPCC 2021). Isso tem aumentado exponencialmente o déficit de pressão de vapor (DPV) na atmosfera (Yuan et al. 2019). O DPV tem aumentado a taxa de transpiração das plantas e causado mudanças biofísicas em mais de 80% das espécies vegetais (López et al. 2021), sendo a principal mudança climática com efeito negativo sobre a produtividade observado na Amazônia (Smith et al. 2020). O aumento na taxa de aborto de flores e frutos é atribuído ao aumento no DPV na atmosfera (López et al. 2021). O aumento do DPV na Amazônia é maior nas regiões sul e leste (Barkhordarian et al. 2019) e isso indica um futuro como menos PFNM na Amazônia onde o DPV está aumentando.

3.4 Secas reduzem o fluxo de seiva e aumentam a mortalidade da floresta

As secas na Amazônia acontecem pela variabilidade interanual na circulação da água e variação da temperatura de superfície nos oceanos Pacífico e Atlântico (Marengo et al. 2018). O déficit de água no solo tem aumento em 1,1 mm/ano entre 1985 e 2014 na Amazônia (Esquivel-Muelbert et al. 2019). As secas causam alterações graduais no padrão fenológico de plantas e na qualidade de frutos. O fluxo de seiva reduz entre 35 e 70%, sendo correlacionado ao aumento no DPV durante o evento de seca (Fontes et al. 2018). A redução no fluxo de seiva acontece devido à resposta da planta à combinação de embolia e fechamento estomático. A embolia é a formação de bolhas de ar no xilema causada pelo aumento da tensão de água dentro da planta. O ar dissolvido na água se expande causando bloqueios que reduzem o fluxo de seiva aumentando a mortalidade da vegetação (Fontes et al. 2018; IPCC 2021). Foi mostrado que a combinação entre secas e incêndios florestais aumenta a mortalidade de árvores em mais de 200% na Amazônia (Barlow e Peres 2008).

3.5 Impactos dos incêndios florestais sobre as plantas

As regiões sul e leste na Amazônia são mais susceptíveis aos incêndios devido às menores taxas de precipitação e ao comprimento da estação seca em relação às regiões norte e oeste da Amazônia (Nobre et al. 2016). Os incêndios florestais causam lesões em raízes, troncos e copas, podendo matar as plantas. Além disso, os incêndios

queimam as sementes e os frutos dispersos pela vegetação que podem ser regenerados, coletados ou comercializados. A mortalidade das árvores após incêndios tem relação com as características morfológicas das espécies, porque as espécies com periderme (casca) mais fina são intolerantes ao fogo e suas populações reduzem onde os incêndios são frequentes (Barlow e Peres 2008). Isso indica que os incêndios florestais são ameaças maiores à diversidade de PFNM em municípios nas regiões sul e leste na Amazônia brasileira.

3.6 Desmatamento afeta o clima, os extrativistas e agricultores

O desmatamento causa mudanças climáticas na Amazônia por diferenças no albedo, na rugosidade da superfície e na evapotranspiração, havendo indicações de que a substituição completa de floresta por pasto ou soja pode reduzir o volume de chuva anual entre 9 e 25% (Nobre et al. 1991; Sampaio et al. 2021). O número de municípios na Amazônia com atividades de extrativismo e cultivo de plantas nativas em sistemas agroflorestais declinou entre 22 e 38%, sendo associado à redução na biomassa florestal, à fragmentação, ao efeito de borda, aos incêndios florestais e às mudanças climáticas atribuídas ao desmatamento (Brandão et al. 2021). O desmatamento e as mudanças climáticas afetam os extrativistas e os agricultores principalmente nas regiões sul e leste na Amazônia (Nobre et al. 2016; Gomes et al. 2019; Evangelista-Vale et al. 2021).

3.7 Mudanças na composição de espécies

Existe um fluxo de mudanças na composição de espécies causadas por mudanças climáticas e desmatamento que pode afetar os extrativistas e os agricultores na Amazônia. É esperado uma redução nas populações das espécies açaí, andiroba, pupunha e patauá (*Oenocarpus bataua*) (Evangelista-Vale et al. 2021). Por outro lado, a espécie babaçu (*Attalea speciosa*) é uma palmeira que representa 12% da cobertura vegetal após o desmatamento (Feigl et al. 2006), podendo aumentar sua abrangência geográfica na Amazônia em 27% até 2050 (Evangelista-Vale et al. 2021). As palmeiras murumuru (*Astrocaryum murumuru*) e tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) foram igualmente estimadas para aumentarem suas populações em 6 e 23%, respectivamente, até 2050 (Evangelista-Vale et al. 2021). As espécies dos gêneros *Cecropia* e *Vismia* estão aumentando em áreas degradadas (Mesquita et al. 2015), embora ainda não estejam sendo utilizadas como PFNM. Outras espécies que podem aumentar na Amazônia são aquelas que tipicamente são utilizadas como PFNM no bioma Cerrado, e presentes na Amazônia, tais como o araticum (*Annona crassiflora*), caju (*Anacardium occidentale*), embiriba (*Xylopia aromatica*), jenipapo (*Genipa americana*), macaúba (*Acrocomia aculeata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*).

4. Considerações finais

A elevação na [CO₂] pode estimular mais carboidratos, lipídios e proteínas vegetais em PFNM para uso econômico na Amazônia. No entanto, o aumento na produtividade florestal tem sido limitado por aumento da temperatura, do déficit de pressão de vapor de água na atmosfera, secas, incêndios florestais e desmatamento. Os extrativistas e agricultores que dependem da floresta estão mais ameaçados pelas mudanças climáticas em municípios nas regiões sul e leste na Amazônia brasileira. Novos estudos são importantes para compreender como as espécies típicas de PFNM na Amazônia e no bioma Cerrado são impactadas com as mudanças climáticas.

5. Referências

- ALMEIDA, C.T.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; DELGADO, R.C.; CUBO, P.; RAMOS, M.C. **Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973-2013**. International Journal of Climatology (37): 2013–2026, 2016.
- BARKHORDARIAN, A. et al. **A Recent Systematic Increase in Vapor Pressure Deficit over Tropical South America**. Scientific Reports (9): 15331, 2019.
- BARLOW, J.; PERES, C.A. **Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest**. Phil. Trans. Royal Society B (363): 1787–1794. 2008.
- BRANDÃO, D.O.; BARATA, L.E.S.; NOBRE, I.; NOBRE, C.A. **The effects of Amazon deforestation on non-timber forest products**. Reg. Environ. Change (4):122. 2021.
- ESQUIVEL-MUELBERT, A. et al. **Compositional response of Amazon forests to climate change**. Global Change Biology (25): 39–56, 2019.
- EVANGELISTA-VALE, J.C. et al. **Climate change may affect the future of extractivism in the Brazilian Amazon**. Biological Conservation (257): 109093. 2021.
- FEIGL, B. et al. **Biological Survey of a Low-Productivity Pasture in Rondônia State, Brazil**. Outlook on Agriculture (35): 199–208, 2006.
- FONTES, C.G. et al. **Dry and hot: The hydraulic consequences of a climate change-type drought for Amazonian trees**. Phil. Transactions of the Royal Society B, 2018.
- GATTI, L.V. et al. **Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change**. Nature 595, 2021.
- GOMES, V.H.F.; VIEIRA, I.C.G.; SALOMÃO, R.P.; TER STEEGE, H. **Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change**. Nat Clim Chang (9): 547–553, 2019.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> Acesso em: 28 out. 2021.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global Warming of 1.5°C**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/> Acesso em: 28 out. 2021.

LÓPEZ, J.; WAY D.A.; SADOK W. **Systemic effects of rising atmospheric vapor pressure deficit on plant physiology and productivity**. *Global Change Biology* (27):1704-1720, 2021.

LORENZI, H.; MATOS F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2008.

MARENGO, J.A. et al. **Changes in climate and land use over the Amazon region: Current and future variability and trends**. *Frontiers in Earth Science*. (6):228. 2018.

MESQUITA, R.D.C.G. et al. **Amazon Rain Forest Succession: Stochasticity or Land-Use Legacy?** *BioScience* (65): 849–861, 2015.

NOBRE, C.A.; et al. **Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm**. *PNAS* (113): 10759–10768, 2016.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J. & SHUKLA, J. **Amazonian Deforestation and Regional Climate Change**. *Journal of Climate* (4): 957–988, 1991.

PAU, S.; OKAMOTO, D.K.; CALDERÓN, O.; WRIGHT, S.J. **Long-term increases in tropical flowering activity across growth forms in response to rising CO₂ and climate change**. *Global Change Biology*. 2016.

SALAZAR, L.F.; NOBRE, C.A.; OYAMA, M.D. **Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America**. *Geophysical Research Letters* 34. 2007.

SAMPAIO, G., et al. **CO₂ physiological effect can cause rainfall decrease as strong as large-scale deforestation in the Amazon**. *Biogeosciences* (18): 2511–2525, 2021.

SMITH, M.N. et al. **Empirical evidence for resilience of tropical forest photosynthesis in a warmen world**. 2020. *Nature Plants* (6):125-1230, 2020.

WMO, World Meteorological Organization. **Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin)**. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/programmes/global-climate-observing-system>. Acesso em: 25 out. 2021.

YUAN, W et al. **Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth**. *Science Advances*. 5:eaax1396. 2019.