

ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO CONTEXTO DO ANTROPOCENO

Clenio Vieira Oliveira, Ana Carolina da Silva, Gionei Chermach, Danilo dos Santos Alves, Victoria Oliveira Cabral Hassan, Karla Juliana Silva da Costa, Victoria Guimarães Raupp, Marcia Aparecida Simonete, Eduarda Cristine Rabuske, Maite Bocate Laguna, Drielly Bentes Gomes, Pedro Higuchi

INTRODUÇÃO

As florestas são fundamentais para a biodiversidade e estabilidade dos ecossistemas (THOMPSON et al., 2009), sendo cruciais para o equilíbrio climático e para a biodiversidade terrestre (FAO, 2022). Contudo, eventos climáticos extremos, como secas, podem elevar a mortalidade de árvores (ALLEN et al., 2010). No Sul do Brasil, o La Niña tem intensificado as secas severas, impactando as florestas (BERLATO; FONTANA, 2003; GRIMM et al., 2000).

A densidade da madeira é um indicador da estratégia de uso de recursos (CHAVE et al., 2009) e da resistência à seca (HOFFMANN et al., 2011). Madeiras de alta densidade são menos vulneráveis à embolia sob estresse hídrico (HACHE et al., 2001; CHAVE et al., 2009), enquanto madeiras de baixa densidade, apesar do crescimento eficiente, são mais suscetíveis à falha hidráulica (CHOAT et al., 2012; TYREE; SPERRY, 1989). O presente estudo objetivou analisar as mudanças na mortalidade e na densidade média da madeira da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista ao longo de 11 anos (2012-2023). As hipóteses foram que o La Niña influenciou a mortalidade no período 2019-2023 e que essa mortalidade impactou o valor médio de densidade média da madeira da comunidade de espécies arbóreas.

DESENVOLVIMENTO

O estudo foi conduzido em um fragmento florestal de aproximadamente 11 ha localizado em Lages, Santa Catarina, a uma altitude de 930 m. A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Mista (FOM) Montana e o clima regional é do tipo Cfb (Köppen), com precipitação anual média de 1.682,80 mm e temperatura média entre 15-17°C. A base de dados foi construída a partir de cinco transecções de 20m x 100m estabelecidas em 2012, onde todos os indivíduos arbóreos com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) ≥ 5 cm foram identificados e mensurados. O monitoramento da comunidade florestal foi realizado por meio de inventários subsequentes nos anos de 2015, 2019 e 2023.

A análise estatística da dinâmica florestal envolveu duas abordagens principais. Primeiramente, para testar a hipótese de aumento da mortalidade, foi aplicado o Teste Qui-quadrado de homogeneidade nos três períodos de inventário (2012-2015, 2015-2019 e 2019-2023). Este teste verificou a tendência da mortalidade ao longo do tempo, comparando as contagens de árvores que morreram em cada intervalo com as que sobreviveram. Em segundo lugar, para avaliar se a mortalidade foi seletiva em relação à densidade da madeira, foi utilizado o Teste t pareado. Para isso, calculou-se a Média Ponderada pela Comunidade (CWM) da densidade da madeira separadamente para os subgrupos de árvores vivas e mortas em cada parcela e período, testando se a diferença média entre eles era estatisticamente significativa (p -valor $< 0,05$). Os dados de densidade foram obtidos de um banco de dados do Laboratório de

Dendrologia do CAV-UDESC, e as informações sobre a ocorrência de El Niño-Oscilação Sul (ENSO) vieram de uma base de dados climáticos.

RESULTADOS

A análise revelou um aumento progressivo e estatisticamente significativo ($p = 0,01$) na mortalidade, com taxas de 7,57% (2012-2015), 9,01% (2015-2019) e 11,34% (2019-2023) com uma média de 9.31%. No último período, coincidente com o La Niña, houve um número de mortes acima do esperado em relação às frequências esperadas sob a hipótese nula de mortalidade constante entre os períodos. Este aumento é consistente com a literatura que documenta a intensificação da mortalidade florestal devido a eventos climáticos extremos (ZUIDEMA et al., 2025; TORRES et al., 2020). Secas severas associadas ao La Niña impõem forte estresse hídrico, um padrão que eleva a mortalidade em florestas tropicais e subtropicais (BENNETT et al., 2021; ESQUIVEL-MUELBERT et al., 2020).

A análise da CWM da densidade da madeira mostrou valores muito próximos entre os grupos de árvores 'Vivas' e 'Mortas'. Os testes t pareados confirmaram que as diferenças não eram significativas ($p > 0,05$), com p-valores de 0,216 (2012-2015), 0,5317 (2015-2019) e 0,4575 (2019-2023). A ausência de diferença sugere que a mortalidade foi não-seletiva em relação a este atributo. Embora madeira densa confira maior resistência à seca (IFMG, 2019), eventos extremos podem exceder os limiares de sobrevivência de espécies com diferentes estratégias (ANDEREGG et al., 2015; BARIGAH et al., 2013). Isso resulta em mortalidade distribuída por todo o espectro funcional, mantendo a estabilidade da densidade média da comunidade (HOFFMANN et al., 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo sugere a existência de vulnerabilidade da Floresta Ombrófila Mista a secas severas, evidenciada pelo aumento significativo da mortalidade de árvores. Além disso, a mortalidade não foi seletiva quanto ao valor de densidade da madeira das espécies arbóreas, demonstrando que eventos climáticos extremos podem impulsionar perdas florestais sem, necessariamente, promover uma alteração funcional na comunidade.

Palavras-chave: mortalidade; qui-quadrado; seca severa; densidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, C. D. et al. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 4, p. 660-684, 2010.

ANDEREGG, W. R. L. et al. A lethal plant water stress threshold for drought-induced forest dieback. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 5, p. 367-371, 2015.

- BARIGAH, T. S. et al. Water stress-induced xylem hydraulic failure is a causal factor of tree mortality in beech and poplar. **Annals of Botany**, v. 112, n. 8, p. 1431-1437, 2013.
- BENNETT, A. C. et al. El Niño interrupts the South American tropical forest carbon sink. **Nature Climate Change**, v. 11, p. 599-605, 2021.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña e os efeitos na agricultura do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 28 p.
- CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.
- CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.
- CHOAT, B. et al. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. **Nature**, v. 491, n. 7426, p. 752-755, 2012.
- ESQUIVEL-MUELBERT, A. et al. Tree mode of death and mortality risk factors across Amazon forests. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 5515, 2020.
- FAO. **The State of the World's Forests 2022: Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies**. Rome: FAO, 2022.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2863-2880, 2000.
- HACKE, U. G. et al. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, n. 4, p. 457-461, 2001.
- HOFFMANN, W. A. et al. Hydraulic failure and tree dieback are associated with high wood density in a temperate forest under extreme drought. **Global Change Biology**, v. 17, n. 8, p. 2731-2742, 2011.
- HOFFMANN, W. A. et al. Wood density is a key driver of trade-offs in xylem safety and efficiency. **Ecology**, v. 92, n. 10, p. 1973-1980, 2011.
- INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS (IFMG). Obtenção da densidade básica da madeira de pinus sp. In: SEMANA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2019,. **Resumos...**: IFMG, 2019. Disponível em: <https://www.ifmg.edu.br/sic/edicoes-anteriores/resumos-2019/obtencao-da-densidade-basica-da-madeira-de-pinus-sp.pdf>. Acesso em: 2 set. 2025.

THOMPSON, I. et al. **Forest resilience, biodiversity, and climate change**. A synthesis of the biodiversity/resilience/stability relationship in forest ecosystems. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series, n. 43, 2009.

TORRES, D. P. et al. Drought effects on carbon dynamics of trees in a secondary Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 465, p. 118097, jun. 2020.

TYREE, M. T.; SPERRY, J. S. Vulnerability of xylem to cavitation and embolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 40, p. 19-38, 1989.

ZUIDEMA, P. A. et al. Pantropical tree rings show small effects of drought on stem growth. **Science**, v. 389, p. 532-538, 2025. DOI: 10.1126/science.adq6607.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Clenio Vieira Oliveira

MODALIDADE DE BOLSA: PIBIC/CNPq

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Pedro Higuchi

CENTRO DE ENSINO: CAV

DEPARTAMENTO: Engenharia Florestal

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Recursos Florestais e Engenharia Florestal

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Influência de atributos funcionais sobre a distribuição geográfica de espécies arbóreas da floresta com araucária frente às mudanças climáticas

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP3007-2021