

Resistência à seca de espécies arbóreas amazônicas em um plantio de enriquecimento florestal

Débora Coelho da Silva¹; Thayane Matos Z. Guimarães, ²; Diego Sotto Podadera³; Marciel José Ferreira⁴; Carmen Regina Marcati⁵

¹. Engenheira Florestal, Ma., Doutoranda na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Botucatu – SP.
E-mail: debora.coelho@unesp.br

². Engenheira Florestal, Ma., Doutoranda no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Manaus – AM.
E-mail: thayanematos91@gmail.com

³. Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador na Université du Québec à Chicoutimi – Chicoutimi – Canadá.
E-mail: diegopodadera@gmail.com

⁴. Engenheiro Florestal, Dr., Docente na Universidade Federal do Amazonas – Manaus – AM.
E-mail: mjf.ufam@gmail.com

⁵. Engenheira Florestal, Dra., Docente na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Botucatu – SP.
E-mail: carmen.marcati@unesp.br

Resumo

A maior frequência e intensidade de eventos extremos podem afetar o crescimento de espécies comerciais nativas. Afim de melhor compreender as respostas de espécies de interesse econômico frente as mudanças climáticas, realizamos uma investigação preliminar de resistência à seca em: *B. excelsa*, *C. guianensis*, *C. fissilis*, *H. courbaril* e *T. rosea*. Os indivíduos compõem um plantio em sistema de enriquecimento de florestas secundárias com cinco anos de idade. A vulnerabilidade do xilema ao embolismo foi medida pelo método pneumático. As espécies apresentaram um gradiente de resistência do xilema ao embolismo. As diferenças interespecíficas observadas demonstram a diversidade funcional do plantio o que sugere maior resiliência à variabilidade climática.

Palavras-chave: vulnerabilidade à seca, espécies nativas, mudanças climáticas, P50.

Introdução

Mudanças climáticas e no uso do solo são fatores que ameaçam as florestas tropicais (GATTI *et al.*, 2021). Previsões globais recentes apontam para um possível aumento de temperatura e mudança no regime de precipitação dessas florestas (IPCC, 2019). Esses fatores constituem as principais ameaças à expansão e à produtividade das plantações em nível global (PAYN *et al.* 2015).

Plantas resistentes à seca podem ser caracterizadas como indivíduos com um conjunto de atributos anatômicos e fisiológicos que permitem lidar com períodos mais prolongados de estiagem (BEECKMAN, 2016; POORTER *et al.*, 2010). Esse conjunto de características, que pode ser entendido como a arquitetura hidráulica de uma planta, é amplamente estudado em ambientes mais áridos, onde as espécies já estão melhor adaptadas a longos períodos secos (MARCELO-PEÑA *et al.*, 2019). O P50, valor no qual o indivíduo perde 50% da capacidade do xilema em conduzir água, é uma das características que melhor representa o nível de resistência à seca (CHOAT *et al.*, 2012). Essa característica tem sido cada vez mais utilizada em estudos do gênero.

A arquitetura hidráulica de espécies em ambientes mais úmidos, como em florestas tropicais, ainda é um tema pouco compreendido, visto que a água nunca foi um fator limitante para o crescimento de árvores nestes ambientes. No entanto, as mudanças no regime de precipitação, preditos pelos modelos climáticos (IPCC, 2019) podem criar um problema prático para o qual ainda não conhecemos bem a resposta: as espécies nativas estão preparadas para lidar períodos mais longos de estiagem? Se considerarmos os grupos ecológicos nos quais as espécies estão distribuídas, devemos levar em conta uma alta diversidade funcional (CADOTTE, CARSCADDEN; MIROTECHNICK; 2011). Isso poderia refletir em diferentes respostas ao estresse hídrico, dependentes do gênero ou espécie avaliada.

Para compreender melhor esta questão, investigamos se a resistência ao embolismo do xilema varia entre cinco espécies florestais plantadas em um sistema de enriquecimento na Amazônia Central.

Material e Métodos

Área de estudo

O experimento está instalado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP-UFAM), localizada a 38 km da cidade de Manaus (2° 38' S, 60° 03' W). O clima na região é classificado como Af, de acordo com o sistema de classificação de Köppen-Geiger (BECK

et al., 2018), com médias mensais de temperatura do ar variando entre 24 e 27°C ao longo de um ano. O total de precipitação anual é 2730 mm, com período de menor precipitação (<100 mm mês⁻¹) entre os meses de agosto e setembro (ARAÚJO *et al.*, 2002). A umidade relativa do ar atinge valor mínimo de 75% no mês de agosto e máximo de 92% no mês de abril (ARAÚJO *et al.*, 2002).

Histórico da área e produção de mudas

O plantio está inserido em uma floresta secundária de aproximadamente 24 anos de idade que foi caracterizada a partir de uma série histórica de imagens de satélite e depoimentos de funcionários da FAEXP-UFAM (SANTOS; MODOLO; FERREIRA, 2020). A produção das mudas foi realizada no viveiro florestal da Universidade Federal do Amazonas (3° 6'S, 59° 58'W). Todas as mudas foram adubadas e aclimatadas de maneira uniforme, para garantir condições semelhantes às mudas no momento do plantio (SANTOS; MODOLO; FERREIRA, 2020).

Implementação e delineamento experimental

O experimento constituiu de um sistema silvicultural de enriquecimento, no qual foram aplicados diferentes níveis de abertura do dossel em uma área de 16,5 ha. O desbaste de indivíduos arbóreos da vegetação secundária foi baseado na remoção percentual de área basal, no qual obtivemos um gradiente de abertura do dossel variando entre 0, 20, 40, 60, 80 e 100% de abertura. O plantio ocorreu entre 24 de fevereiro e 8 de março de 2017. As mudas foram plantadas no espaçamento de 3 m x 3 m e covas de 30 x 30 x 30 cm. Todas as plantas receberam uma adubação similar durante o momento do plantio e de cobertura dois meses após. Para maiores detalhes, ver SANTOS; MODOLO; FERREIRA, 2020.

O delineamento experimental é o de blocos casualizados (DBC), com aplicação do tratamento de remoção de área basal, ou refinamento, com cinco repetições. A redução da área basal foi realizada nas parcelas, com a técnica de corte direto. Além disso, as parcelas principais foram submetidas a um segundo tratamento silvicultural: a remoção e a não remoção do sub-bosque. No presente estudo, dos seis níveis de redução de área basal aplicados no projeto principal, optamos por avaliar apenas um nível de redução da área basal, que representa o ambiente de clareira. Ele foi definido de acordo com a caracterização da irradiância fotossinteticamente ativa integrada ao longo do dia (PPFD): alta irradiância (100% \approx PPFD = 33,05 mol.m².dia⁻¹). Em relação ao segundo tratamento silvicultural, foram avaliados apenas os indivíduos plantados na condição de remoção do sub-bosque. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com um total de 5 parcelas (um ambiente de luz x cinco repetições).

Escolha das espécies

Para o plantio, as espécies florestais foram selecionadas, seguindo os critérios de disponibilidade de sementes (mínimo de cinco matrizes), potencial econômico e importância ecológica e social na região, a saber: *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis*, *Cedrela fissilis*, *Hymenaea courbaril*, e *Tabebuia rosea*. Classificamos as espécies de acordo seu grupo ecológico. As não-pioneiras são *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis* e *Hymenaea courbaril* e as pioneiras *Cedrela fissilis* e *Tabebuia rosea*.

Curvas de vulnerabilidade do xilema ao embolismo

Para a construção das curvas de vulnerabilidade utilizamos ramos do terço superior da copa, com um tamanho médio de 120 cm. Para duas espécies, *C. guianensis* e *T. rosea* a arquitetura de copa não permitiu esse tipo de coleta. Utilizamos então a porção final do caule, com um tamanho médio de 120 cm do ápice para o tronco. Utilizamos o método pneumático (PEREIRA *et al.*, 2020; TRABI, *et al.*, 2021) para construir as curvas para o qual é necessário um aparato pneumático (pneumatron) e uma bomba de Scholander. Quatro pneumatrons foram construídos de acordo com a metodologia de TRABI e colaboradores (2021). Imediatamente após a coleta, os ramos foram deixados cerca de 2 horas imersos em água no laboratório. Isso garantiu a completa hidratação dos ramos antes das medidas. Os ramos foram então acoplados ao pneumatron por um sistema de mangueiras e as medidas de descarga de ar foram tomadas manualmente a cada 15 minutos. Os ramos foram secos naturalmente, no entanto, para um maior controle da velocidade de dessecação intercalamos períodos em que acondicionamos os ramos em sacolas plásticas com a exposição dos mesmos ao ar até a completa desidratação. Concomitantemente, coletamos medidas de potencial hídrico foliar em cada ramo ao longo do período de dessecação. Antes de cada medida de potencial hídrico foliar, o ramo foi acondicionado em sacolas plásticas por 30 min, para homogeneização do potencial em todo o ramo. Os dados foram avaliados no software livre R., versão R-4.1.3 e RStudio versão 2022.02.1 Build 461. As curvas foram estimadas utilizando o pacote fitplc versão 1.2-3 (DUURSMA; CHOAT, 2017).

Resultados e Discussão

Nossos resultados preliminares indicam uma ampla variação interespecífica na resistência à

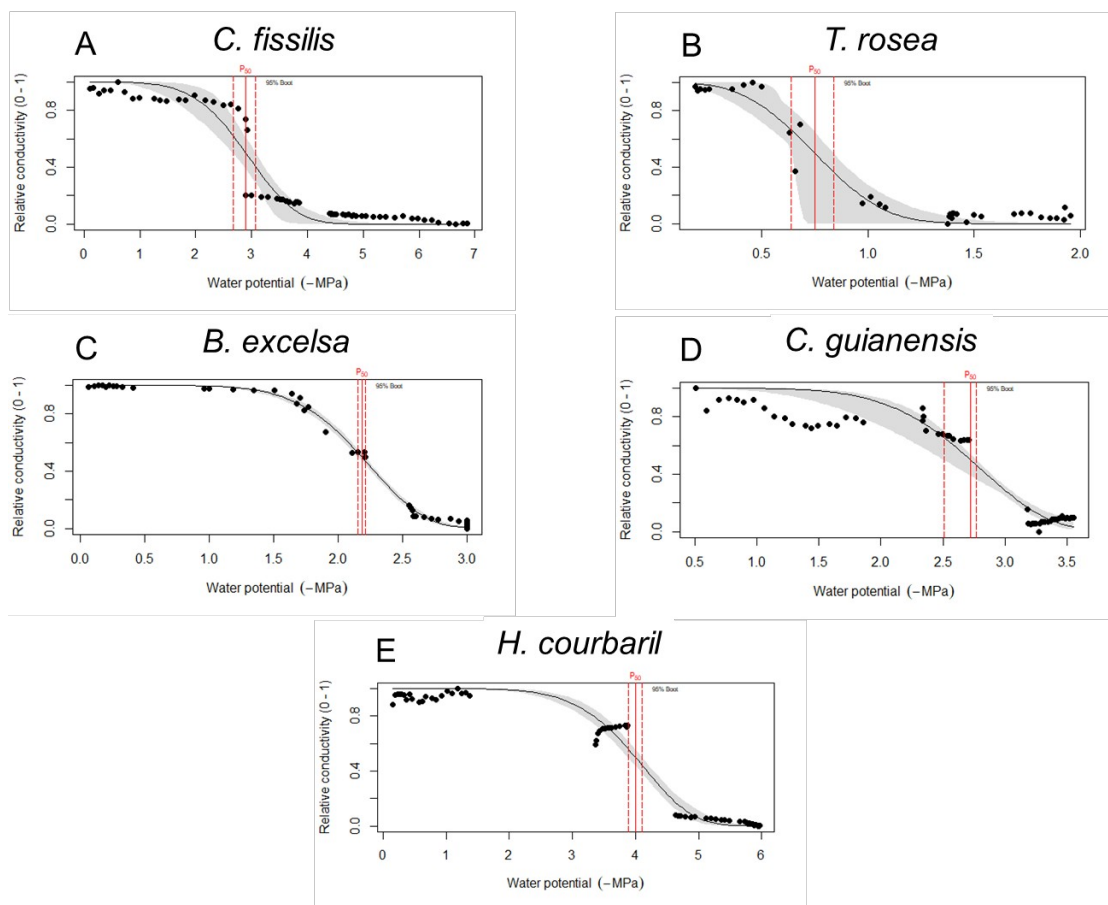


Figura 1 – Curvas de vulnerabilidade de resistência a seca. Avaliamos a condutividade relativa, que varia de 0 (0% de condutividade) a 1 (100% de condutividade) em relação ao potencial hídrico do xilema. Acima temos as espécies pioneiras de vida longa A e B. No centro e abaixo as espécies não-pioneiras C, D e E. A linha sólida em vermelho é o potencial de água do xilema onde ocorre uma perda de condutividade de 50% (P50). As linhas pontilhadas são o intervalo de confiança. Fonte: Autoria Própria (2022).

seca pelas plantas. Observamos um gradiente em termos de resistência das espécies avaliadas, com espécies menos resistentes (*T. rosea*, P50 = -0,75) e espécies mais resistentes (*H. courbaril*, P50 = -4,00). As diferenças entre as espécies em termos de resistência ao embolismo não segue um padrão associado ao grupo ecológico que elas pertencem, contrariando nossa expectativa. Plantas de rápido crescimento tendem a adotar estratégias mais aquisitivas, investindo em estruturas menos duradouras, mas que podem ser rapidamente substituídas (BINKLEY; STAPE; RYAN, 2004). Esse sistema requer um transporte eficiente de água, que pode se refletir em vasos maiores (HACKE; SPERRY, 2001; PRATT; JACOBSEN, 2017). Tais estruturas podem ser mais vulneráveis ao estresse hídrico, cavitando com maior frequência, criando embolias que irão impedir o transporte de água e a longo prazo, causar a morte do indivíduo. Por outro lado, espécies de crescimento mais lento tem estratégias conservativas, apresentando estruturas mais duradouras, como vasos de menores diâmetro (BINKLEY; STAPE; RYAN, 2004). *H. courbaril* foi a espécie com maior resistência entre as avaliadas. Embora espécies não-pioneiras sejam amplamente reconhecidas por apresentarem crescimento mais lento, neste experimento, aos cinco anos de idade o crescimento em altura se equipara às espécies pioneiras (dados do autor). Este resultado tem importantes implicações silviculturais para escolha de espécies para plantios florestais tendo em vista as mudanças no clima a longo prazo. Tanto para escolha de espécies que não reduzam a produtividade (sequestro de carbono) quanto para nortear a escolha de um design de plantio de sucesso.

Conclusões

As espécies aqui investigadas apresentam um gradiente de resistência ao embolismo do xilema independente do grupo ecológico. Embora preliminares, os resultados aqui demonstrados

indicam que existem diferenças importantes no nível de resistência a seca entre as espécies que podem ser detectadas durante o estabelecimento inicial dos plantios. Tais informações podem contribuir para o melhor entendimento da tolerância ou susceptibilidade das plantações tropicais à variabilidade climática.

Agradecimentos/Apoio

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Botucatu, Universidade Federal do Amazonas UFAM, Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas – FAEXP, pela estrutura logística e administrativa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão da bolsa.

Referências Bibliográficas

Artigo em periódico científico:

- ARAÚJO, A; *et al.* Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 80-90, 2002.
- BEECKMAN, Hans. Wood anatomy and trait-based ecology. **IAWA journal**, v. 37, n. 2, p. 127-151, 2016.
- BECK H.E., ZIMMERMANN N.E., McVICAR T.R., VERGOPLAN N., Berg A., Wood E.F. Present and future Koppen-Geiger climate classification maps at m¹-km resolution. **Scientific Data**, 5, 180214, 2018.
- BINKLEY, Dan; STAPE, Jose Luiz; RYAN, Michael G. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1-2, p. 5-16, 2004.
- CADOTTE, Marc W.; CARSCADDEN, Kelly; MIROTCHNICK, Nicholas. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of applied ecology**, v. 48, n. 5, p. 1079-1087, 2011.
- CHOAT, Brendan *et al.* Global convergence in the vulnerability of forests to drought. **Nature**, v. 491, n. 7426, p. 752-755, 2012.
- DUURSMA, Remko A.; CHOAT, Brendan. fitplc: an R package to fit hydraulic vulnerability curves. **Journal of Plant Hydraulics**, 2017.
- HACKE, Uwe G.; SPERRY, John S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, v. 4, n. 2, p. 97-115, 2001.
- PRATT, R. Brandon; JACOBSEN, Anna L. Conflicting demands on angiosperm xylem: Tradeoffs among storage, transport and biomechanics. **Plant, Cell & Environment**, v. 40, n. 6, p. 897-913, 2017.
- MARCELO-PEÑA, José Luis; SANTINI JR, Luiz; TOMAZELLO FILHO, Mario. Wood anatomy and growth rate of seasonally dry tropical forest trees in the Marañón River Valley, northern Peru. **Dendrochronologia**, v. 55, p. 135-145, 2019.
- PEREIRA, Luciano *et al.* The Pneumatron: An automated pneumatic apparatus for estimating xylem vulnerability to embolism at high temporal resolution. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, n. 1, p. 131-142, 2020.
- PAYN, T., CARNUS, J. M., FREER-SMITH, P., KIMBERLEY, M., KOLLERT, W., LIU, S., ... & WINGFIELD, M. J. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, 352, 57-67, 2015.
- POORTER, L. *et al.* The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New phytologist**, v. 185, n. 2, p. 481-492, 2010.
- SANTOS, V. A. H. F.; MODOLO, G. S.; FERREIRA, M. J.. How do silvicultural treatments alter the microclimate in a Central Amazon secondary forest? A focus on light changes. **Journal of environmental management**, v. 254, p. 109816, 2020.
- TRABI, C. L. *et al.* A user manual to measure gas diffusion kinetics in plants: pneumatron construction, operation, and data analysis. **Frontiers in plant science**, v. 12, 2021.
- SHUKLA, P. R. *et al.* IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 2019.