# VARIAÇÃO INTERESPECÍFICA DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM AMBIENTE TROPICAL ÚMIDO

Alisson da Silva Nogueira[1]; Junior Pastor Pérez-Molina[2]; Amanda Freitas Cerqueira[3]; Eliuma Almeida Guimarães[4]; Catriane Sousa-Santos[5]; Marcelo Schramm Mielke[6].

[1] Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espirito Santo, *Campus* de Alegre, Jerônimo Monteiro, ES. E-mail: alisson.nogueira@edu.ufes.br; [2] Docente da Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica. E-mail: jpastorpm@gmail.com; [3] Docente do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, *Campus* Soane Nazaré de Andrade, Ilhéus, BA. E-mail: afcerqueira@uesc.br; [4] Engenheira Agrônoma, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz, *Campus* Soane Nazaré de Andrade, Ilhéus, BA. E-mail: eliuma.almeida@gmail.com; [5] Docente do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, *Campus* Soane Nazaré de Andrade, Ilhéus, BA. E-mail: catrianebio@hotmail.com; [6] Docente do departamento, Universidade Estadual de Santa Cruz, *Campus* Soane Nazaré de Andrade, Ilhéus, BA. E-mail: msmielke@uesc.br.

## RESUMO

Os atributos funcionais foliares constituem importantes indicadores das estratégias ecológicas das plantas, pois refletem a aquisição, o uso e a conservação de recursos, além da capacidade de ajustes às condições ambientais. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo caracterizar e comparar os atributos funcionais foliares de 14 espécies arbóreas da Mata Atlântica, contribuindo para a compreensão das diferentes estratégias de uso da água em ambiente tropical úmido. Para isso, foram avaliados a área foliar individual (ILA), espessura foliar (LT), conteúdo absoluto de água (AWC), suculência foliar (LS) e massa foliar específica (LMA). As médias foram comparadas por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Todos os atributos apresentaram diferenças significativas entre espécies ($P < 0,001$), demonstrando elevada variabilidade funcional. *Theobroma cacao* L. apresentou a maior área foliar, enquanto *Couepia belemii* Prance e *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubard. exibiram as menores. Os maiores valores de espessura, suculência e massa foliar específica foram observados em *Eugenia candolleana* DC. e *Schinus terebinthifolius* Raddi. Em contrapartida, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. apresentou folhas mais delgadas e menor massa foliar específica, embora tenha registrado o maior conteúdo absoluto de água. Os resultados evidenciaram elevada variabilidade interespecífica nos atributos funcionais foliares, refletindo diferentes estratégias de aquisição e conservação de recursos. Espécies com maior área foliar apresentaram estratégia mais aquisitiva (*Theobroma cacao* L.), enquanto aquelas com maior espessura, massa foliar específica e suculência demonstraram maior investimento estrutural e capacidade de armazenamento de água (*Eugenia candolleana* DC. e *Schinus terebinthifolius* Raddi).

**Palavras-chave**: Árvores tropicais; Economia hídrica; Mata Atlântica; Traços funcionais.

## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um dos biomas mais biodiversos e ameaçados do mundo, onde a diversidade de estratégias funcionais favorece a coexistência das espécies sob distintas condições ambientais (FARIA et al., 2021).

Nesse contexto, os atributos foliares são características funcionais que influenciam a aquisição, o uso e a conservação de recursos pelas plantas, refletindo seu desempenho ecofisiológico e suas estratégias de adaptação às condições ambientais (DAWSON et al., 2021). Esses atributos variam conforme a disponibilidade de recursos, o que nos permite compreender as diferentes estratégias ecológicas adotadas pelas espécies frente às variações do ambiente (SIMIONI *et al.*, 2023).

Dessa forma, este estudo teve como objetivo caracterizar e comparar os atributos funcionais foliares de 14 espécies arbóreas da Mata Atlântica, avaliando diferenças interespecíficas na área foliar individual, espessura foliar, conteúdo absoluto de água, suculência e massa foliar específica.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Ilhéus (39°02′56″O; 4°47′20″S), cidade localizada na mesorregião sul do estado da Bahia. O bioma predominante é a Mata Atlântica, com clima tropical úmido (Af), sem estação seca, precipitação anual entre 1.500 e 2.200 mm e temperatura média de 22 a 25 °C, segundo a classificação de Köppen (BRAGA et al., 2023). Foram amostrados cinco indivíduos adultos de 14 espécies arbóreas do arboreto e entorno da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), selecionadas por sua importância econômica e ambiental (TABELA 1).

**TABELA 1.** Caracterização das espécies.

| Nome Científico | Família | Origem | Folha | Estágio sucessional | Densidade da madeira | Estado de Conservação |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Anacardium occidentale* | Anacardiaceae | Nativa | Simples | Pioneira | Baixa | LC |
| *Artocarpus heterophyllus* | Moraceae | Exótica | Simples | Pioneira | Média | NE |
| *Clitoria fairchildiana* | Fabaceae | Exótica | Composta | Clímax | Baixa | LC |
| *Cordia trichotoma* | Boraginaceae | Nativa | Simples | Pioneira | Média | LC |
| *Couepia belemii* | Chrysobalanaceae | Nativa | Simples | Clímax | -- | EN |
| *Eugenia candolleana* | Myrtaceae | Nativa | Simples | Clímax | Média | LC |
| *Macrolobium latifolium* | Fabaceae | Nativa | Simples | Secundária | Alta | LC |
| *Manilkara subsericea* | Sapotaceae | Nativa | Simples | Clímax | Alta | LR |
| *Paubrasilia echinata* | Fabaceae | Nativa | Composta | Clímax | Alta | EN |
| *Protium heptaphyllum* | Burseraceae | Nativa | Simples | Secundária | Baixa | LC |
| *Sapindus Saponaria* | Sapindaceae | Exótica | Composta | Secundária | Alta | LC |
| *Schinus terebinthifolius* | Anacardiaceae | Exótica | Composta | Pioneira | Baixa | NE |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Theobroma cacao L.* | Malvaceae | Exótica | Simples | Clímax | Baixa | NE |
| *Theobroma grandiflorum* | Malvaceae | Exótica | Simples | Clímax | Baixa | LC |

Legenda: * Classificação densidade da madeira: baixa (< 0,50 g/cm³); média (0,50 – 0,72 g/cm³); alta (> 0,72 g/cm³). ** Classificação de risco de extinção da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN): Extinta (EX), Extinta na Natureza (EW), Em Perigo Crítico (CR), Em Perigo (EN), Vulnerável (VU), Quase Ameaçada (NT), Pouco Preocupante (LC) e Dados Insuficientes (DD).

Foram coletados ramos da porção superior da copa de cinco indivíduos por espécie, dos quais foram selecionadas dez folhas maduras por indivíduo (n = 50 folhas por espécie). Após saturação em dessecador por 12 horas, determinaram-se a massa fresca saturada (LMs), o índice de clorofila (CI), a espessura foliar e a área foliar individual (ILA), obtida no software ImageJ (ABRÀMOFF et al., 2004). Em seguida, as folhas foram secas em estufa a 60 °C até massa constante para obtenção da massa seca (LMd). Com os dados de LMs, LMd e ILA, foram calculados o conteúdo absoluto de água (AWC), a suculência foliar (LS), a massa foliar específica (LMA) e o conteúdo de massa seca da folha (LDMC), conforme Hughes et al. (1970), Mantovani (1999), Poorter et al. (2009) e Garnier *et al.* (2001), respectivamente.

### 2.1. Análise estatística

As médias dos atributos funcionais foliares (Tabela 2) foram comparadas entre as espécies por ANOVA, após verificação da normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Bartlett). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (P < 0,05). Todas as análises foram realizadas no software R 4.4.1 (R CORE TEAM, 2024).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas diferenças significativas entre as espécies para todos os atributos funcionais foliares analisados (Tabela 3). Os maiores e menores valores médios de ILA foram obtidos para *T. cacao* e *C. belemii* e *M. subsericea*, respectivamente. O maior valor médio de LT foi obtido para *A. occidentale*. Interessantemente, os menores valores médios de LT, LS e LMA foram encontrados para *C. trichotoma*, a qual também apresentou o maior valor médio de AWC. Os maiores valores médios de LS e LMA foram obtidos para *E. candolleana*. Por outro lado, *P. heptaphyllum* apresentou os menores valores médios de AWC e LS.

**TABELA 3.** Valores médios da área foliar individual (ILA), espessura foliar (LT), conteúdo absoluto de água (AWC), suculência foliar (LS) e massa foliar específica para 14 espécies de árvores tropicais crescendo na região de Ilhéus, Bahia, Brasil.Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) de uma via, seguida pelo teste de Scott-Knott para avaliar as diferenças estatísticas

entre as espécies (P > 0,05). Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre as espécies de acordo com o teste de Scott-Knott (P<0,05).

| | ILA ($cm^2$) | LT (mm) | AWC (%) | LS ($g\ cm^{-2}$) | LMA ($g\ m^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| *A. heterophyllus* | 105.7 ± 8.8 d | 0.15 ± 0.02 b | 0.72 ± 0.01 b | 0.017 ± 0.001 b | 67.69 ± 3.14 d |
| *A. occidentale* | 90.9 ± 5.9 e | 0.23 ± 0.01 a | 0.63 ± 0.01 d | 0.021 ± 0.001 b | 121.41 ± 4.68 b |
| *C. belemii* | 22.5 ± 1.8 g | 0.17 ± 0.01 b | 0.62 ± 0.02 d | 0.026 ± 0.003 a | 159.13 ± 18.57 a |
| *C. fairchildiana* | 141.4 ± 10.3 c | 0.19 ± 0.01 b | 0.66 ± 0.01 c | 0.019 ± 0.001 b | 101.94 ± 6.30 c |
| *C. trichotoma* | 104.1 ± 9.9 d | 0.09 ± 0.00 d | 0.75 ± 0.01 a | 0.009 ± 0.000 d | 30.56 ± 0.63 e |
| *E. candolleana* | 30.5 ± 2.0 g | 0.19 ± 0.00 b | 0.64 ± 0.01 d | 0.028 ± 0.002 a | 159.30 ± 14.53 a |
| *M. latifolium* | 28.3 ± 2.7 g | 0.19 ± 0.00 b | 0.59 ± 0.01 e | 0.017 ± 0.001 b | 120.23 ± 3.91 b |
| *M. subsericea* | 22.5 ± 1.8 g | 0.17 ± 0.01 b | 0.57 ± 0.01 f | 0.018 ± 0.001 b | 136.29 ± 6.55 b |
| *P. echinata* | 75.5 ± 2.9 e | 0.17 ± 0.02 b | 0.70 ± 0.01 b | 0.014 ± 0.000 c | 60.20 ± 1.65 d |
| *P. heptaphyllum* | 28.5 ± 7.1 g | 0.09 ± 0.00 d | 0.49 ± 0.01 g | 0.009 ± 0.001 d | 90.25 ± 8.75 c |
| *S. saponaria* | 59.3 ± 2.1 f | 0.18 ± 0.01 b | 0.68 ± 0.00 c | 0.021 ± 0.001 b | 96.06 ± 2.69 c |
| *S. terebinthifolius* | 49.4 ± 1.8 f | 0.18 ± 0.01 b | 0.67 ± 0.02 c | 0.029 ± 0.003 a | 147.67 ± 19.41 a |
| *T. cacao* | 263.9 ± 16.9 a | 0.12 ± 0.00 c | 0.62 ± 0.01 d | 0.009 ± 0.001 d | 52.75 ± 3.98 d |
| *T. grandiflorum* | 165.1 ± 12.4 b | 0.14 ± 0.00 c | 0.56 ± 0.00 f | 0.011 ± 0.000 d | 87.84 ± 2.52 c |
| *F* | 76.8 | 17.7 | 64.1 | 23.3 | 20.1 |
| $R^2$ | 0.95 | 0.81 | 0.94 | 0.85 | 0.83 |
| $P_{model}$ | *** | *** | *** | *** | *** |

Média ± erro padrão; F: valor de Fisher; R²: coeficiente de determinação; Pmodel: probabilidade do modelo; ***: P<0,001; e n.d.: dados não disponíveis.

Os resultados revelaram elevada variabilidade interespecífica nos atributos funcionais foliares das espécies arbóreas da Mata Atlântica, apontando diferentes estratégias de aquisição e conservação de recursos. Espécies com maiores valores de área foliar, como *Theobroma cacao*, tendem a maximizar a interceptação de luz e o potencial fotossintético, característica associada a estratégias mais aquisitivas. Em contrapartida, espécies com maiores valores de espessura foliar, massa foliar específica e suculência, como *Eugenia candolleana* e *Schinus terebinthifolius*, apresentam folhas estruturalmente mais robustas e maior capacidade de armazenamento de água, características relacionadas à maior eficiência no uso dos recursos e à tolerância ao estresse hídrico. Essas diferenças corroboram o conceito de que atributos foliares variam de forma integrada, representando estratégias ecológicas distintas que favorecem a coexistência das espécies em ambientes heterogêneos, como a Mata Atlântica (DAWSON et al., 2021; FARIA et al., 2021; SIMIONI et al., 2023).

## 4. CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram elevada variabilidade interespecífica nos atributos funcionais foliares das 14 espécies avaliadas no presente estudo, demostrando diferenças significativas para todas as variáveis avaliadas. Deste modo, as espécies

apresentaram ampla diversidade de estratégias ecológicas de aquisição, uso e conservação dos recursos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


ABRAMOFF MD, MAGALHÃES PJ, RAM SJ (2004) **Image Processing with ImageJ. Biophotonics international** 11:36-42

BRAGA SLG, BOUIX CPS, PÓVOAS CE, RAMOS A (2023) **Estimativa da evapotranspiração de referência por três métodos, para a região de Ilhéus/BA**. Research, Society and Development, 12(4).

DAWSON SK, CARMONA CP, GONZÁLEZ-SUÁREZ M, JÖNSSON M, CHICHORRO F, MALLEN-COOPER M, MELERO Y, MOOR H, SIMAIKA JP, DUTHIE AB (2021) **The traits of "trait ecologists": An analysis of the use of trait and functional trait terminology**. Ecology and Evolution 11: 16434–16445

FARIA D, DELABIE JHC, DIAS MH (2021) **The Hileia Baiana: An Assessment of Natural and Historical Aspects of the Land Use and Degradation of the Central Corridor of the Brazilian Atlantic Forest.** In: MARQUES, M.C.M., GRELLE, C.E.V. (eds) **The Atlantic Forest**. Springer, Cham: 63-90. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-74.

GARNIER, E, SHIPLEY, B, ROUMET, C, LAURENT, G (2001) **A standardized protocol for thedetermination of specific leaf area and leaf dry matter content**. Functional Ecology 15:688-695.

HUGHES, AP, COCKSHULL, KE, HEATH, OVS (1970) **Leaf area and absolute leaf water content**. Annals of Botany 34(2):259-266

MANTOVANI, W. **A method to improve leaf succulence quantification.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 42, n. 1, p. 9–14, 1999.

POORTER, H, NIINEMETS, Ü, POORTER, L, WRIGHT, IJ, VILLAR, R (2009) **Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis**. New phytologist 182(3):565-588

R CORE TEAM (2024) **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 4.2.1

SIMIONI, PF, EMILIO, T, GILES, AL, VIANA DE FREITAS, G, SILVA OLIVEIRA, R, SETIME, L, VITÓRIA, AP, PIREDA, S, SILVA, IV, DA CUNHA, M (2023) **Anatomical traits related to leaf and branch hydraulic functioning on Amazonian savanna plants**. AoB Plants 15(3):plad018.


## 6. AGRADECIMENTOS


A FAPESB pela bolsa de mestrado e as agências de fomento Capes e CNPq pelo financiamento concedido para a realização do estudo.