

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO CAULE E ESCOAMENTO PELO TRONCO EM FLORESTA DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA (AMAPÁ, BRASIL)

LORENA PIMENTEL PINHEIRO¹; VANDRESSA DANDARA ALMEIDA DAMASCENO¹; KELLY CRISTINA TONELLO²; CÉSAR DE OLIVEIRA FERREIRA SILVA³ E JULIETA BRAMORSKI¹

¹ *Department of Environment and Development. Federal University of Amapá, Rod. Josmar Chaves Pinto, km 02, Macapá, AP, 68903-419. email: lorenagarcezpinheiro@gmail.com; dandara7580@gmail.com; bramorski@gmail.com. ORCID (0009-0003-2355-7661; 0000-0003-3829-123X; 0009-0008-9146-1844).*

² *Department of Environmental Sciences, Federal University of São Carlos, Rod. João Leme dos Santos, s/n, Km 110, Sorocaba, SP, 18052-780. email: kellytonello@ufscar.br. ORCID (0000-0002-7920-6006).*

³ *Stormgeo, Avenida Mutinga, 4935, CEP 05110-903, São Paulo, SP, Brasil. email: cesar.of.silva@unesp.br. ORCID (0000-0002-5152-6497)*

1 RESUMO

O escoamento pelo tronco (ETr) constitui um componente da partição da precipitação e contribui para a redistribuição localizada da água no ambiente florestal. Este estudo avaliou a associação entre características morfológicas dos indivíduos, variáveis dendrométricas, umidade medida no tronco e volume de ETr em uma floresta de terra firme no Amapá, Brasil. Foram monitorados 52 indivíduos entre janeiro e setembro de 2023. O volume de ETr e as variáveis dendrométricas foram descritos, e as associações lineares foram exploradas pelo coeficiente de correlação de Pearson. A área da copa apresentou associação positiva com o volume total de ETr ($r = 0,371$), enquanto a área basal ($r = -0,305$) e o CAP ($r = -0,297$) apresentaram associações negativas. A umidade medida no tronco apresentou associação linear muito fraca com o ETr ($r = -0,039$). Na descrição por categorias de casca, indivíduos classificados como casca lisa apresentaram maior volume médio observado, seguidos por indivíduos com casca rugosa e escamosa. Esses padrões são descritivos e devem ser interpretados considerando a natureza observacional da amostra, a possível dependência entre observações e a ausência de testes formais de comparação entre grupos.

Palavras-chave: Hidrologia florestal; Partição da precipitação; Escoamento pelo tronco; Morfologia vegetal.

PINHEIRO, L. P.; DAMASCENO, V. D. A.; TONELLO, K. C.; SILVA, CÉSAR de O. F., BRAMORSKI, J.

STEM MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND STEMFLOW IN A TERRA FIRME FOREST IN THE AMAZON (AMAPÁ, BRAZIL)

2 ABSTRACT

Stemflow (ETr) is a component of rainfall partitioning that contributes to the localized redistribution of water in forest environments. In this study, associations between individual morphological traits, dendrometric variables, stem moisture readings and stemflow volume in

a terra firme forest in Amapá, Brazil, were evaluated. Fifty-two individuals were monitored from January to September 2023. Stemflow volume and dendrometric variables were described, and linear associations were explored using Pearson's correlation coefficient. Crown area was positively associated with total stemflow volume ($r = 0.371$), whereas basal area ($r = -0.305$) and circumference at breast height ($r = -0.297$) were negatively correlated. Stem moisture reading showed a very weak linear association with stemflow ($r = -0.039$). In the descriptive comparison by bark category, individuals classified as having smooth bark had the highest observed mean volume, followed by those classified as having rough and scaly bark. These patterns are descriptive and should be interpreted in light of the observational design, possible dependence among observations and the absence of formal tests comparing groups.

Keywords: Forest hydrology; Rainfall partitioning; Stemflow; Plant morphology.

3 INTRODUÇÃO

Em ambientes florestais, a precipitação incidente é redistribuída pela vegetação em diferentes componentes, incluindo perdas por interceptação, throughfall e escoamento pelo tronco. O escoamento pelo tronco (ETr) concentra água e, potencialmente, solutos na base dos indivíduos, produzindo uma distribuição espacialmente heterogênea da precipitação no solo (Levia; Germer, 2015; Carlyle-Moses *et al.*, 2018). A geração do ETr resulta da interação entre as características do evento de chuva, a área e a arquitetura da copa (Santos *et al.*, 2020), a conectividade entre ramos (Costa *et al.*, 2025), a orientação dos elementos estruturais (Collet *et al.*, 2011) e as propriedades superficiais do tronco e da casca (Germer; Werther; Elsenbeer, 2010). Intensidade, duração, volume e condições antecedentes de umidade podem alterar o início e a magnitude do fluxo, enquanto rugosidade, molhabilidade, capacidade de armazenamento e inclinação podem modificar a continuidade dos caminhos de escoamento (Levia; Germer, 2015; Metzger *et al.*, 2019; Tonello *et al.*, 2021a, 2021b).

As variáveis avaliadas neste estudo representam níveis estruturais distintos: precipitação e umidade atmosférica são variáveis do evento ou do ambiente; área e arquitetura da copa representam a superfície

potencial de interceptação; CAP, altura, área basal e inclinação descrevem o indivíduo; e textura da casca e a leitura de umidade representam características da superfície do tronco (Jana; Dasgupta; Todaria, 2021). A classificação visual da casca é um indicador morfológico e não equivale, por si só, a uma medida direta de rugosidade, absorção ou molhabilidade (Keim; Tromp-Van Meerveld; McDonnell, 2006). A umidade medida no tronco deve ser interpretada como a leitura produzida pelo instrumento empregado no estudo (Balieiro *et al.*, 2023). Ela não representa automaticamente o estado hídrico interno da árvore, que exigiria variáveis fisiológicas específicas (Zhong *et al.*, 2022). Uma hipótese hidrológica mais restrita é que a condição antecedente da superfície (Zhang *et al.*, 2021) ou da casca possa estar associada à capacidade de armazenamento (Pinheiro; Ferreira, 2022) e à continuidade dos caminhos de escoamento (Xia; Liu; Luo, 2023).

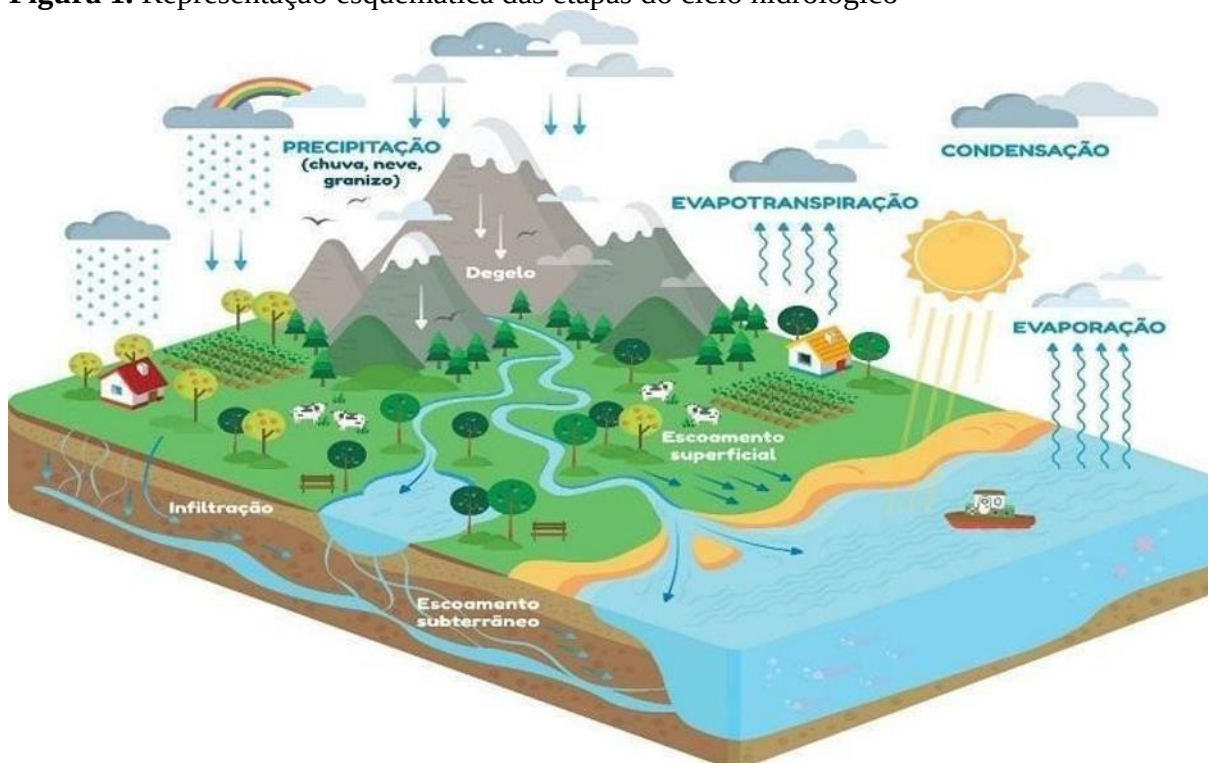
Embora estudos anteriores tenham relacionado o ETr à arquitetura da copa, às propriedades da casca e às características da precipitação (Bredin *et al.*, 2020), ainda são limitadas as avaliações que integram atributos dendrométricos, textura e inclinação do tronco e uma medida de umidade em florestas tropicais de terra firme da Amazônia brasileira, particularmente no Amapá (De Lima; Tonello, 2023; Tonello *et al.*, 2021b). Essa lacuna é relevante porque a

direção e a magnitude das associações podem variar entre ambientes, indivíduos e eventos de chuva.

A Figura 1 apresenta uma representação geral do ciclo hidrológico, enquanto o presente estudo se concentra na

partição local da precipitação e no ETr (EPAL, 2023). A área amostrada está localizada no campus da Universidade Federal do Amapá, em Macapá, e os resultados devem ser interpretados na escala local e no período monitorado.

Figura 1. Representação esquemática das etapas do ciclo hidrológico



Fonte: EPAL (2023)

No contexto do Amapá, as florestas de terra firme oferecem um ambiente relevante para avaliar a partição da precipitação por sua estrutura heterogênea e pela ocorrência de períodos com diferentes condições de chuva (Balieiro *et al.*, 2023). Estudos específicos sobre a associação entre atributos dos indivíduos e ETr nessa região ainda são necessários. A literatura indica que o ETr pode variar entre indivíduos e categorias morfológicas (Husch; Beers; Kershaw Junior, 2002; Levia; Frost, 2003; Wang *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2009; Levia *et al.*, 2010; Lorenzon, 2011; Wang *et al.*, 2011; Kunert *et al.*, 2017; Metzger *et al.*, 2019; Yin; Roderick, 2020; Morais *et al.*, 2021; Pinos *et al.*, 2023), mas também ressalta a importância de controlar ou

considerar as características dos eventos de precipitação (Tonello *et al.*, 2021a). Assim, diferenças no volume observado não devem ser interpretadas como medidas de eficiência sem uma métrica normalizada pela precipitação incidente e, quando pertinente, pela área de copa (Almeida; Ferreira; Coudel, 2023).

O ETr é uma via de transferência de água para o solo cuja magnitude pode ser pequena em relação à precipitação total, embora sua concentração espacial possa ser relevante para a distribuição local da água (Oliveira *et al.*, 2011). A quantificação do volume não permite, isoladamente, concluir efeitos sobre infiltração, umidade do solo ou ciclagem de nutrientes (Levia; Germer, 2015; Pinos *et al.*, 2023). Fisicamente, o ETr

resulta da redistribuição da precipitação pela copa e pelos ramos, seguida do deslocamento da água sobre o tronco (Reid; Lewis, 2009). A formação do fluxo depende das características da chuva, das conexões entre os elementos da copa e das propriedades superficiais e geométricas do tronco, incluindo armazenamento, rugosidade, molhabilidade e inclinação (Yang; Shao; Wei, 2019).

Entre os atributos dos indivíduos, a área da copa pode representar maior superfície potencial de interceptação; CAP, altura e área basal descrevem o porte; a inclinação pode alterar a trajetória do fluxo; e a textura da casca pode estar associada à retenção e à continuidade do escoamento (Lima; Tonello, 2023). As associações observadas também podem refletir a precipitação, a umidade atmosférica e outras condições do evento (Tonello *et al.*, 2021b). Por isso, a interpretação deve distinguir volume absoluto de ETr de medidas relativas, como a proporção da precipitação convertida em ETr (Almeida; Ferreira; Coudel, 2023).

O estudo foi realizado em uma área específica de floresta de terra firme no campus da Universidade Federal do Amapá, em Macapá. Essa escala local permite descrever padrões exploratórios no local e no período avaliados, sem pressupor representatividade de toda a Amazônia. Apesar dos avanços na literatura, permanecem lacunas sobre como atributos dendrométricos e morfológicos se associam ao ETr em florestas de terra firme amapaenses, especialmente quando a

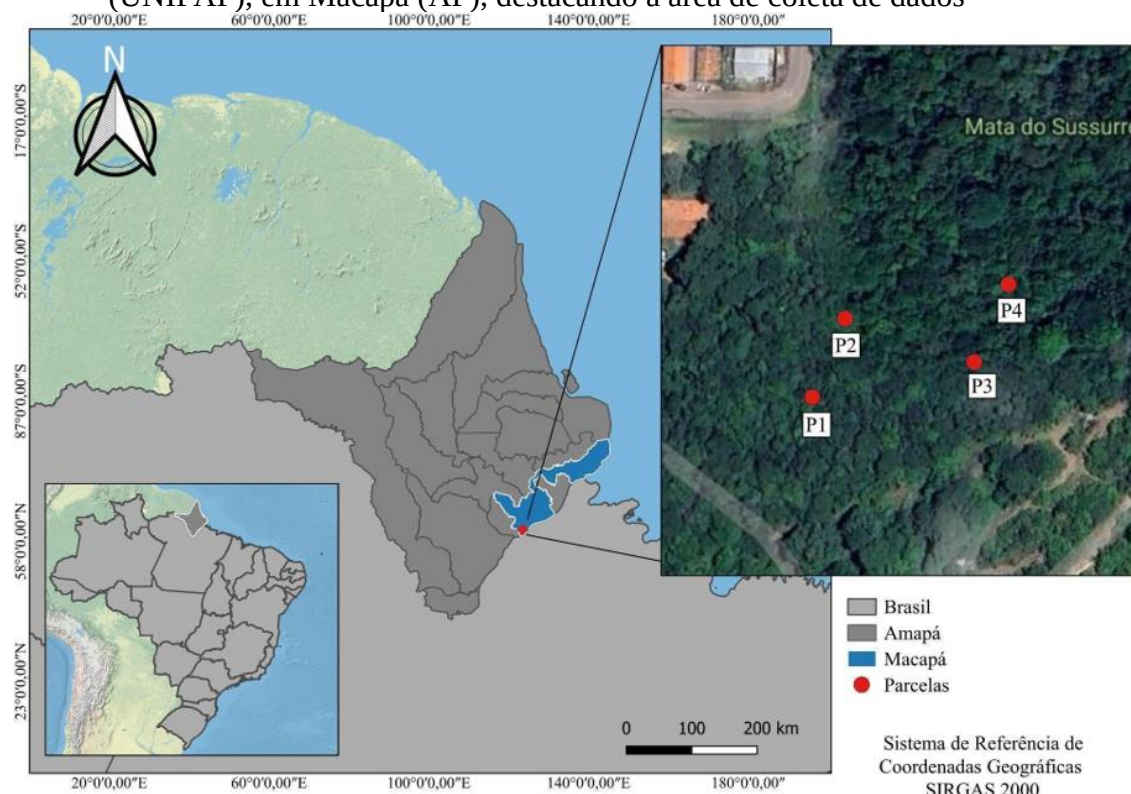
possível dependência entre indivíduos, eventos de chuva e categorias de casca é considerada (Oliveira *et al.*, 2008). A investigação dessas associações pode ampliar a compreensão da partição local da precipitação (Liang; Kosugi; Mizuyama, 2009), desde que as conclusões permaneçam proporcionais ao delineamento observacional e às análises bivariadas empregadas (Poudyal *et al.*, 2004).

Assim, este estudo avaliou a associação entre características morfológicas do caule, variáveis dendrométricas, a leitura de umidade do tronco e o volume de ETr em indivíduos arbóreos de uma floresta de terra firme no Amapá. Foram descritos os volumes de ETr, as diferenças observadas entre categorias de casca e as correlações entre ETr e atributos estruturais. As hipóteses exploratórias foram que a área da copa apresentaria associação positiva com o volume de ETr, que atributos de porte poderiam apresentar associações lineares com o ETr e que as categorias de casca e a inclinação estariam relacionadas a padrões distintos de volume observado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em parcelas de floresta de terra firme (Figura 2) localizadas no Campus da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), no município de Macapá. O campus está situado na Rodovia Josmar Chaves Pinto, km 02, no bairro Marco Zero do Equador, e ocupa uma área de 906.722,44 m².

Figura 2. Mapa da localização da área de estudo no Campus da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), em Macapá (AP), destacando a área de coleta de dados



Fonte: Autores (2025)

Foram selecionados e monitorados 52 indivíduos arbóreos em parcelas de floresta de terra firme.

A seleção considerou a presença de indivíduos com CAP superior a 15 cm, a possibilidade de instalação dos coletores e a variação observada na morfologia dos troncos e das copas (Lorenzon; Dias; Tonello, 2015).

A identificação taxonômica individual e a distribuição da amostra por espécie não constam na base de dados apresentada e, por isso, não foram utilizadas como variáveis analíticas.

Para cada indivíduo foram mensuradas variáveis dendrométricas, incluindo circunferência à altura do peito (CAP), altura, área basal e área de projeção da copa.

O diâmetro à altura do peito (DAP) foi obtido a partir da CAP, e a área basal individual foi calculada a partir do DAP

(Yang *et al.*, 2017), conforme a equação apresentada a seguir.

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

A partir desse valor, a área basal individual foi determinada pela expressão:

$$AB_i = \frac{\pi DAP_i^2}{4} \quad (2)$$

Esse procedimento é amplamente utilizado em inventários florestais e constitui uma métrica fundamental para estimar a densidade e a produtividade das formações florestais (Husch; Beers; Kershaw Junior., 2002; Yang *et al.*, 2017). A área da copa (A) foi calculada a partir das medidas do comprimento dos galhos projetados do centro do tronco até a extremidade, tomadas em quatro direções ortogonais (90° entre si). Essas medidas foram utilizadas para formar

quatro triângulos, cuja área individual foi determinada pela equação:

$$A_{triangulo} = \frac{a b \sin 90}{2} \quad (3)$$

onde *a* e *b* representam duas projeções consecutivas da copa. Considerando que o seno de 90° é igual a 1, a equação foi simplificada para:

$$A_{triangulo} = \frac{a b}{2} \quad (4)$$

A área total da copa (*A*) correspondeu à soma das áreas dos quatro triângulos formados. Esse procedimento é adotado em estudos de mensuração florestal e análises estruturais de copas, voltadas à estimativa de competição, interceptação de radiação solar e processos hidrológicos (Hernández Ramos; Reyes Hernández; Beltrán Rodríguez, 2022; Husch; Beers; Kershaw Junior., 2002). A caracterização morfológica do tronco foi realizada por inspeção visual, classificando a textura da casca como lisa, rugosa ou escamosa (Schober; Boer; Schwarte, 2018). A

conformação do tronco foi registrada nas categorias ereto ou inclinado. Essas classificações são indicadores morfológicos observacionais e não substituem medidas contínuas de rugosidade, inclinação, absorção ou molhabilidade.

A precipitação total e o escoamento pelo tronco foram coletados de janeiro a setembro de 2023. As observações foram organizadas por período de coleta, e o volume de ETr foi tratado como variável-resposta absoluta. A precipitação foi quantificada com um pluviômetro manual instalado em área aberta, sem cobertura vegetal, nas proximidades da área de estudo (Figura 3a). O equipamento foi confeccionado com tubos e conexões de PVC, seguindo modelos descritos na literatura (Borges *et al.*, 2011).

O ETr foi mensurado com coletores fixados diretamente aos indivíduos (Figura 3b). Os coletores foram moldados com espuma de poliuretano expansiva ao redor do tronco, conduzindo a água para recipientes de coleta. O volume coletado foi aferido em campo com proveta graduada de 1.000 mL.

Figura 3. (a) Pluviômetro precipitação em aberto (total); (b) Coletor do escoamento pelo tronco



Fonte: Autores (2025)

Foram coletadas leituras de umidade do tronco e de umidade relativa do ar. Para isso, foi utilizado um medidor digital de umidade por penetração (Moisture Meter)

para o tronco (Figura 4a) e um termo-higrômetro digital TASI TA8171 para a umidade relativa e a temperatura do ar (Figura 4b).

Figura 4. (a) Medidor digital de umidade por penetração (Moisture Meter); (b) Medidor digital termo-higrômetro (modelo TASI TA8171)



Fonte: Autores (2025)

A leitura de umidade foi tratada como indicador instrumental do tronco, sem interpretação direta como conteúdo hídrico interno.

Após a coleta, os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel. Foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para explorar associações lineares entre o volume de ETr e variáveis quantitativas. O coeficiente varia de -1 a $+1$ e descreve a direção e a intensidade da associação linear. As análises são bivariadas e exploratórias; não foram apresentados testes formais de comparação entre categorias de casca, p -valores, intervalos de confiança, tratamento da dependência entre medidas repetidas ou controle simultâneo das características dos eventos de precipitação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período amostral, foram registrados volumes de precipitação e de ETr em escala mensal. A conversão desses volumes em percentual da precipitação total não é apresentada nesta versão porque o cálculo depende da confirmação das unidades, da área de referência e da unidade estatística adotada (Van Stan II *et al.*, 2011). Estudos de síntese indicam que o ETr

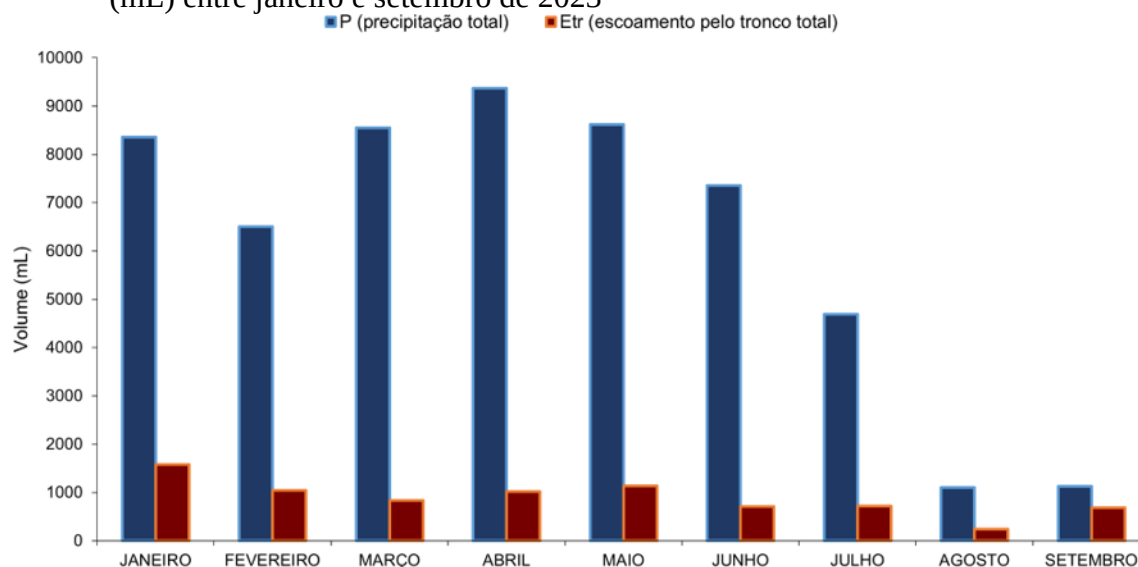
frequentemente representa uma fração pequena da precipitação em florestas, embora possa concentrar água na base dos indivíduos (Levia; Germer, 2015; Carlyle-Moses *et al.*, 2018). O volume observado neste estudo deve ser interpretado como uma medida de transferência localizada de água, sem inferir efeitos subsequentes sobre o solo ou a vegetação (Goldstein *et al.*, 1998).

Em florestas de terra firme amazônicas, a magnitude do ETr pode variar com a estrutura da vegetação, as características da precipitação e as condições locais. Essas fontes de variação precisam ser consideradas conjuntamente ao interpretar as associações entre atributos dos indivíduos e volume de ETr. A quantificação do ETr permite descrever sua contribuição para a partição da precipitação no local estudado. A relevância para nutrientes, infiltração, umidade do solo ou outros processos ecológicos permanece como hipótese para estudos que mensurem diretamente essas respostas. Resultados de outros ambientes também mostram variação no ETr entre árvores e eventos de chuva. Comparações entre estudos devem considerar diferenças de unidade, escala temporal, área de contribuição, composição da vegetação e protocolo de coleta (Hernández-Ramos *et al.*, 2022).

No presente estudo, os volumes mensais de precipitação e de ETr apresentaram variação ao longo de janeiro a setembro. A comparação quantitativa entre os dois componentes requer a auditoria das unidades e do cálculo de normalização. O ETr pode concentrar água próxima à base

dos troncos, mas os dados apresentados não permitem quantificar a distribuição espacial dessa água, a infiltração, a umidade do solo ou os fluxos de nutrientes. Essas consequências devem ser avaliadas em estudos específicos.

Figura 5. Variação mensal dos volumes de precipitação total (mL) e escoamento pelo tronco (mL) entre janeiro e setembro de 2023



Fonte: Autores (2025)

O maior volume mensal de precipitação foi registrado em abril de 2023, com 9.375 mL, e o menor em agosto, com 1.105 mL, conforme os registros apresentados. Essa variação descreve o período monitorado e não é suficiente, por si só, para caracterizar um ciclo sazonal anual. O maior volume mensal de ETr foi observado em janeiro, com 1.577 mL, enquanto o menor foi registrado em agosto, com 241 mL. A relação entre esses volumes e a precipitação deve ser interpretada como uma associação temporal descritiva, pois intensidade, duração e número de eventos

não foram analisados separadamente. A variação mensal é compatível com a possibilidade de que as características dos eventos de precipitação tenham contribuído para os volumes observados, porém sem dados de intensidade, duração e chuva antecedente, não é possível atribuir as diferenças mensais a uma única causa.

A Tabela 1 apresenta os volumes médios mensais de ETr por categoria de casca. Descritivamente, indivíduos classificados como casca lisa apresentaram os maiores valores na maioria dos meses, seguidos por casca rugosa e casca escamosa.

Tabela 1. Médias mensais de escoamento pelo tronco (mL) entre janeiro e setembro de 2023, considerando diferentes tipos de casca (lisa, rugosa e escamosa)

Casca	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.
Rugosa	1.494	1.064	806	907	972	836	685	196	708
Lisa	2.123	1.469	1.149	1.596	1.631	824	1.055	495	577
Escamosa	803	309	291	497	547	347	234	40	588

Fonte: Autores (2025)

Entre janeiro e março, os maiores volumes foram observados nas três categorias, com destaque para a categoria lisa em janeiro e fevereiro. Esse padrão pode refletir a combinação entre as características dos eventos de chuva e as diferenças entre os indivíduos amostrados. A partir de abril, os volumes mensais diminuíram nas categorias apresentadas, especialmente na categoria escamosa. Como não foi realizado teste formal entre categorias ou entre meses, a descrição não deve ser interpretada como diferença estatisticamente significativa. Entre junho e agosto, os volumes foram menores em todas as categorias. A interpretação dessas diferenças deve considerar a precipitação registrada e a possibilidade de que volume absoluto, tamanho da árvore e área de copa estejam confundidos. Em setembro, foi observado aumento em relação a agosto. Esse padrão pode estar relacionado às condições do período e dos eventos de chuva, mas não permite concluir reativação fisiológica, adaptação ou efeito da umidade do tronco. Em síntese, as categorias de casca apresentaram diferentes volumes médios observados na Tabela 1, com maiores valores para indivíduos classificados como casca lisa. Sem identificação taxonômica, testes de comparação e controle das

variáveis de evento, não é possível atribuir esse padrão exclusivamente à textura da casca.

As Tabelas 2 e 3 evidenciam a variação estrutural da amostra. Essa variação ajuda a contextualizar as correlações apresentadas nas tabelas seguintes, que devem ser interpretadas como associações bivariadas e não como efeitos independentes dos atributos. Os indivíduos amostrados apresentaram variação nas características dendrométricas e morfológicas. O CAP variou de 19,0 a 116 cm, a altura de 3,0 a 24,7 m e a área de copa de 2,92 a 68,21 m², conforme as Tabelas 2 e 3.

Esses valores descrevem heterogeneidade entre os indivíduos analisados. A categoria de casca rugosa foi predominante, seguida pelas categorias escamosa e lisa. As categorias são classificações visuais e podem reunir indivíduos com diferentes propriedades físicas da superfície e diferentes identidades taxonômicas (Germer *et al.*, 2012). A maioria dos indivíduos foi classificada como ereta, e uma parcela menor como inclinada. Como a inclinação foi registrada em categorias, a tabela descreve conformações observadas, sem quantificar o ângulo ou testar sua associação independente com o ETr (Ford *et al.*, 2004).

Tabela 2. Características dendrométricas e morfológicas individuais e escoamento total do tronco de 41 indivíduos amostradas

Indivíduo	CAP (cm)	Altura (m)	Basal (m ²)	Copa (m ²)	Tipo de Casca	Tipo de Tronco	Et (mL)
1	78	8,0	0,05	43,5	Escamosa	Ereto	112
2	32	7,0	0,01	18,9	Rugosa	Inclinado	637
3	30	6,5	0,01	16,1	Rugosa	Ereto	2.300
4	30	6,5	0,01	6,2	Lisa	Ereto	881
5	40	5,0	0,01	2,9	Lisa	Inclinado	3.218
6	40	8,5	0,01	23,7	Rugosa	Ereto	1.816
7	22	5,0	0,00	4,8	Rugosa	Inclinado	687
8	19	5,0	0,00	11,1	Lisa	Inclinado	3.062
9	42	4,2	0,01	9,0	Lisa	Inclinado	968
10	58	7,5	0,03	5,5	Rugosa	Inclinado	534
11	53	7,5	0,02	3,4	Rugosa	Inclinado	362
12	45	7,5	0,02	3,4	Rugosa	Inclinado	2.276
13	34	6,0	0,01	6,6	Rugosa	Inclinado	1.058
14	34	6,5	0,01	9,0	Rugosa	Inclinado	980
15	30	6,0	0,01	7,3	Rugosa	Ereto	1.245
16	39	7,5	0,01	7,5	Rugosa	Ereto	739
17	39	6,0	0,01	14,4	Rugosa	Ereto	666
18	28	3,5	0,01	4,9	Rugosa	Ereto	1.360
19	28	6,0	0,01	8,6	Rugosa	Ereto	140
20	39	7,0	0,01	9,2	Rugosa	Ereto	604
21	32	5,5	0,01	13,8	Rugosa	Ereto	723
22	40	3,0	0,03	12,0	Rugosa	Ereto	226
23	44	5,0	0,02	7,1	Rugosa	Ereto	562
24	21	4,0	0,00	15,1	Lisa	Inclinada	587
25	25	4,0	0,00	16,8	Rugosa	Ereto	712
26	41	6,0	0,02	28,2	Rugosa	Inclinada	380
27	49	4,0	0,02	9,3	Rugosa	Ereto	362
28	61	12,3	0,03	11,8	Rugosa	Ereto	1.175
29	63	10,6	0,03	16,8	Escamosa	Ereto	770
30	42	12,3	0,01	9,2	Rugosa	Ereto	1.499
31	94	14,1	0,07	34,6	Escamosa	Ereto	246
32	44	12,3	0,02	11,1	Lisa	Inclinada	2.558
33	51	12,3	0,02	14,7	Lisa	Ereto	1.579
34	47	12,3	0,02	16,7	Lisa	Ereto	2.803
35	116	15,9	0,11	18,3	Escamosa	Ereto	623
36	70	12,3	0,04	27,0	Rugosa	Inclinada	154
37	57	8,8	0,03	10,8	Rugosa	Ereto	352
38	95	15,9	0,07	31,1	Rugosa	Ereto	443
39	40	14,1	0,01	5,7	Rugosa	Ereto	875
40	45	12,3	0,02	5,7	Escamosa	Ereto	627
41	60	24,7	0,03	17,4	Rugosa	Ereto	2.477

Fonte: Autores (2025)

Tabela 3. Características dendrométricas e morfológicas individuais e escoamento total do tronco de 11 indivíduos amostradas

Indivíduo	CAP (cm)	Altura (m)	Basal (m ²)	Copa (m ²)	Tipo de Casca	Tipo de Tronco	Et (mL)
42	66	15,9	0,03	14,5	Rugosa	Ereto	709
43	94	10,6	0,07	68,2	Rugosa	Inclinada	197
44	76	15,9	0,05	21,6	Rugosa	Inclinada	228
45	60	15,9	0,03	12,3	Rugosa	Ereto	1.760
46	47	14,1	0,02	19,7	Lisa	Ereto	473
47	60	17,7	0,03	6,9	Rugosa	Ereto	920
48	67	14,1	0,04	28,4	Lisa	Ereto	830
49	40	14,1	0,01	37,8	Lisa	Ereto	178
50	46	15,9	0,02	9,6	Lisa	Ereto	90
51	60	15,9	0,03	15,3	Escamosa	Inclinada	91
52	65	17,7	0,03	51,0	Escamosa	Inclinado	220

Fonte: Autores (2025)

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre o escoamento total pelo tronco e as variáveis

dendrométricas analisadas incluindo a circunferência à altura do peito, área basal, área de copa e umidade do tronco.

Tabela 4. Médias mensais de escoamento pelo tronco (mL) entre janeiro e setembro de 2023, considerando diferentes tipos de casca (lisa, rugosa e escamosa)

	Área da copa	Área basal	CAP	Umidade de Tronco
Escoamento total	0,371	-0,305	-0,297	-0,039

Fonte: Autores (2025)

A área da copa apresentou associação positiva com o volume total de ETr ($r = 0,371$). Esse resultado é compatível com a possibilidade de que uma copa maior esteja associada a maior superfície potencial de interceptação, mas a correlação não permite distinguir volume absoluto de eficiência nem demonstrar um mecanismo causal. A área basal ($r = -0,305$) e o CAP ($r = -0,297$) apresentaram associações negativas com o volume de ETr. Como CAP e área basal descrevem dimensões relacionadas do tronco, seus coeficientes não devem ser interpretados como evidências independentes de mecanismos distintos (Sousa, 2017). A leitura de umidade do tronco apresentou associação linear muito fraca com o volume de ETr ($r = -0,039$). Esse resultado não sustenta inferências sobre armazenamento interno, autorregulação ou condução fisiológica da água. A baixa

associação pode refletir a natureza da medida, a precipitação e o momento da leitura, entre outras possibilidades que exigem investigação adicional. Em conjunto, os resultados indicam associações de magnitudes diferentes entre atributos estruturais e o volume de ETr. A área da copa apresentou associação positiva, CAP e área basal apresentaram associações negativas e a leitura de umidade apresentou associação muito fraca. A ausência de p-valores e intervalos de confiança limita a avaliação da precisão e da significância estatística desses coeficientes (Carlyle-Moses *et al.*, 2018).

A Tabela 5 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre o escoamento pelo tronco e as variáveis dendrométricas, considerando as diferentes características morfológicas da casca.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis dendrométricas e o escoamento pelo tronco (mL), de acordo com diferentes tipos de casca (lisa, rugosa e escamosa)

Correlação	Casca rugosa	Casca escamosa	Casca lisa
ETr x CAP	-0,216	0,011	-0,358
ETr x Área basal	-0,514	0,127	0,044
ETr x Área da copa	-0,424	-0,522	-0,407
ETr x Altura	0,441	-0,706	-0,093
ETr x Umidade da casca	0,409	-0,113	-0,419

Fonte: Autores (2025)

As correlações por categoria de casca apresentadas na Tabela 5 foram calculadas separadamente e devem ser interpretadas como associações exploratórias. Diferenças entre coeficientes não demonstram, por si só, que as categorias diferem estatisticamente. Na categoria de casca rugosa, foram observadas associações negativas com área basal ($r = -0,514$), CAP ($r = -0,216$) e área da copa ($r = -0,424$), e associações positivas com altura ($r = 0,441$) e leitura de umidade ($r = 0,409$). Esses coeficientes descrevem o padrão da subamostra e não permitem atribuir o volume de ETr à textura da casca.

As associações observadas na categoria rugosa podem resultar da combinação entre porte, copa, precipitação e características não mensuradas. A leitura de umidade também não deve ser interpretada como medida direta de armazenamento interno ou como eficiência de condução. Na categoria escamosa, foram observadas associações negativas de maior magnitude entre ETr e altura ($r = -0,706$) e entre ETr e área da copa ($r = -0,522$). Esses resultados podem refletir a composição específica da subamostra, o número de indivíduos e a influência conjunta de variáveis estruturais e de precipitação. CAP ($r = 0,011$), área basal ($r = 0,127$) e leitura de umidade ($r = -0,113$) apresentaram associações próximas de zero nessa categoria.

Na categoria lisa, observaram-se associações negativas entre ETr e área da copa ($r = -0,407$), CAP ($r = -0,358$), altura

($r = -0,093$) e leitura de umidade ($r = -0,419$). Esses coeficientes descrevem a subamostra e não demonstram maior eficiência de condução. A associação negativa com a leitura de umidade pode ser compatível com diferentes explicações, incluindo características do instrumento, momento da medição, precipitação antecedente e relações não lineares. Os dados disponíveis não permitem selecionar um mecanismo entre essas possibilidades.

A magnitude e a direção das correlações variaram entre as categorias. Essa variação pode refletir diferenças na composição da amostra, na estrutura das copas, no porte e nas condições dos eventos de chuva, além da própria classificação visual da casca. Assim, as tabelas descrevem padrões de associação entre categorias morfológicas e volume de ETr. A interpretação da casca como determinante do processo ou como responsável por fluxos de nutrientes requer análises e medições adicionais.

A Tabela 6 apresenta os coeficientes de correlação entre o escoamento pelo tronco e as variáveis dendrométricas, considerando os diferentes tipos de troncos. A interação entre geometria do tronco e propriedades da casca pode ser relevante para o escoamento, mas não foi testada no presente estudo. Essa possibilidade deve ser apresentada como hipótese, sem tratá-la como mecanismo demonstrado.

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis dendrométricas e o escoamento pelo tronco (mL), considerando diferentes conformações de tronco (ereto e inclinado)

Correlação	Casca rugosa	Casca escamosa
ETr x CAP	-0,170	-0,472
ETr x Área basal	-0,234	-0,529
ETr x Área da copa	-0,252	-0,439
ETr x Altura	0,325	-0,212
ETr x Umidade da casca	0,060	-0,000

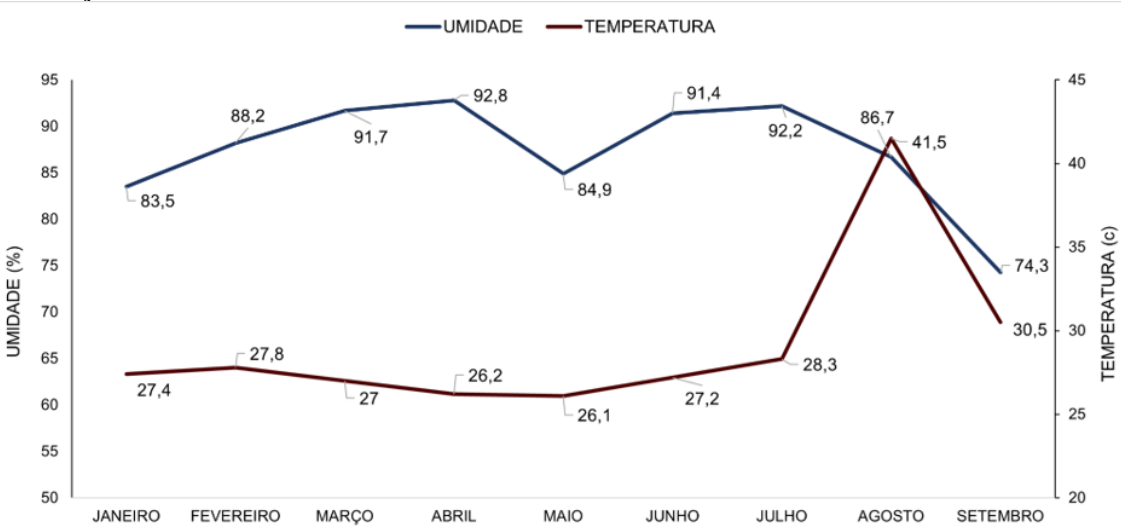
Fonte: Autores (2025)

Na Tabela 6, os coeficientes apresentados para as categorias indicadas mostram associações predominantemente fracas entre ETr e as variáveis dendrométricas. Como a correspondência entre os cabeçalhos da tabela e as categorias de conformação do tronco precisa ser confirmada, os valores não devem ser interpretados como comparação validada entre troncos eretos e inclinados. Entre os coeficientes apresentados, a associação com a leitura de umidade foi próxima de zero (0,060 em uma categoria e -0,000 em outra). Os valores de CAP, área basal, área da copa e altura também devem ser lidos como associações dentro das categorias informadas, sem conclusão causal ou inferência de significância. A inclinação pode alterar a trajetória superficial da água,

mas a tabela e o método disponíveis não permitem avaliar esse mecanismo de forma independente. A interpretação deve permanecer como hipótese para estudos que meçam o ângulo e controlem a precipitação, a copa, o porte e a identidade taxonômica.

A Figura 6 apresenta a variação mensal da umidade relativa do ar (%) e da temperatura (°C) em uma área de floresta de terra firme, no período de janeiro a setembro de 2023. De forma geral, os resultados indicam associações distintas entre volume de ETr e atributos estruturais nas categorias analisadas. A magnitude dessas associações é variável, e a ausência de testes formais, p-valores, intervalos de confiança e controle de medidas repetidas restringe a força das conclusões.

Figura 6. Variação mensal da umidade relativa do ar (%) e da temperatura do ar (°C) entre janeiro e setembro de 2023



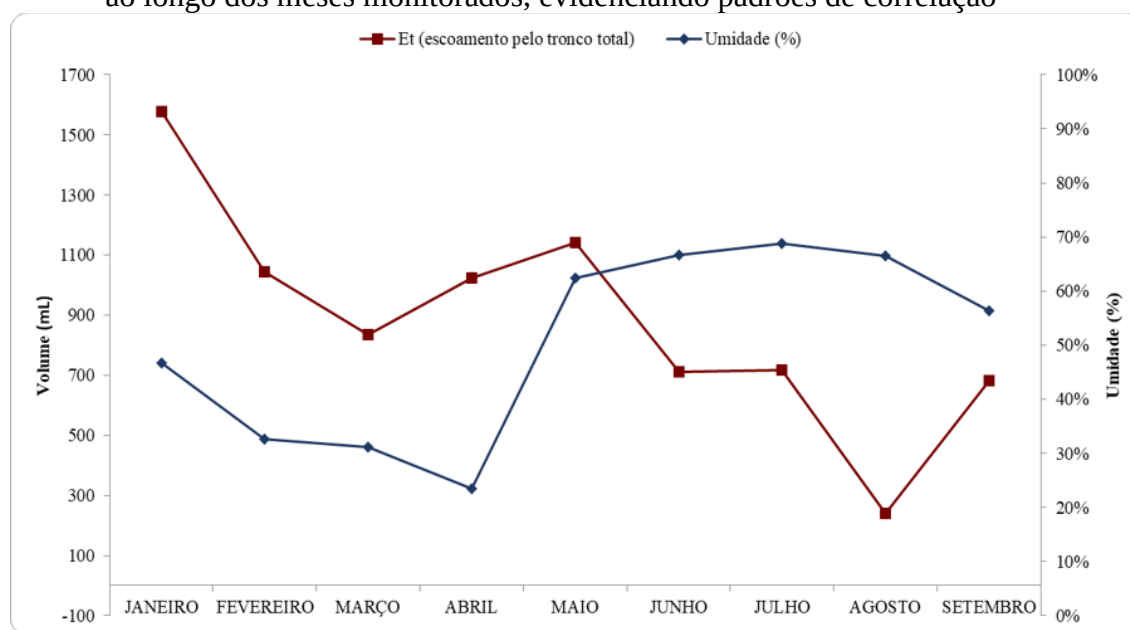
Fonte: Autores (2025)

A umidade relativa do ar apresentou valores elevados em parte do período monitorado, enquanto a temperatura variou entre os meses. Essas observações descrevem as condições atmosféricas registradas e não permitem, isoladamente, estabelecer uma relação causal com o ETr. A temperatura permaneceu relativamente estável entre janeiro e julho, com um registro máximo de 41,5 °C em agosto. Esse valor é discrepante da faixa observada nos demais meses e deve ser verificado quanto ao sensor, ao abrigo, ao horário e ao número de observações antes de receber interpretação ecológica. A relação inversa entre temperatura e umidade relativa observada ao longo dos meses é uma descrição da série

apresentada. A caracterização de sazonalidade exigiria um período anual completo e uma análise temporal apropriada. As condições atmosféricas podem acompanhar a variação da precipitação e do ETr, mas os dados disponíveis não permitem separar seus efeitos. Não foram avaliados processos fisiológicos como fluxo de seiva, potencial hídrico ou armazenamento interno.

A Figura 7 apresenta a variação mensal da leitura de umidade do tronco e do volume de ETr. A relação entre as séries deve ser descrita como padrão temporal, não como relação inversamente proporcional, enquanto os coeficientes por período não forem apresentados.

Figura 7. Relação entre a umidade do tronco (%) e o volume de escoamento pelo tronco (mL) ao longo dos meses monitorados, evidenciando padrões de correlação



Fonte: Autores (2025)

As séries mensais de ETr e da leitura de umidade variaram ao longo do período monitorado. A correlação global entre a leitura de umidade e o ETr foi muito fraca ($r = -0,039$), embora associações em períodos específicos possam ser investigadas em análises futuras. A partir de fevereiro, o volume mensal de ETr diminuiu, enquanto a

leitura de umidade apresentou variação própria ao longo dos meses. Esse padrão pode refletir a precipitação e o momento das medições, e não permite inferir armazenamento interno ou resposta fisiológica. A partir de maio, a leitura de umidade aumentou enquanto o ETr permaneceu menor em alguns meses. A

divergência entre as séries reforça a necessidade de distinguir a leitura instrumental do tronco de variáveis fisiológicas e de considerar intensidade, duração e precipitação antecedente. A literatura descreve o ETr como componente da partição da precipitação e como via potencial de transferência localizada de

6 CONCLUSÕES

Nas condições ambientais, amostrais e temporais deste estudo, o volume de ETr variou entre os indivíduos e os meses monitorados. O percentual do ETr em relação à precipitação total não é mantido nesta versão porque depende da confirmação das unidades, da área de referência e do cálculo correspondente.

Indivíduos pertencentes às diferentes categorias de textura da casca apresentaram diferentes volumes médios observados, com maiores valores para a categoria lisa. Essa descrição não demonstra que a textura da casca seja determinante, especialmente porque a identidade taxonômica não foi registrada e não foram apresentados testes formais de comparação.

A área da copa apresentou associação positiva com o ETr ($r = 0,371$), enquanto CAP ($r = -0,297$) e área basal ($r = -0,305$) apresentaram associações negativas. A leitura de umidade do tronco apresentou baixa associação linear com o ETr ($r = -0,039$), não fornecendo evidências suficientes para sustentar uma relação direta entre essas variáveis nas condições avaliadas.

As associações observadas devem ser interpretadas conjuntamente com as características dos eventos de precipitação. Este estudo apresenta limitações que incluem a ausência de identificação taxonômica individual, o uso predominante de correlações simples, a possível dependência entre observações repetidas no mesmo indivíduo, a ausência de testes

água. No presente estudo, essa interpretação deve permanecer limitada ao volume medido, sem extrapolação para infiltração, nutrientes ou balanço hídrico do ecossistema. O aumento do ETr em setembro deve ser interpretado conjuntamente com as condições de precipitação do período.

formais entre grupos e a medição da precipitação em um único ponto.

Pesquisas futuras devem ampliar a amostragem, identificar os indivíduos taxonomicamente, registrar intensidade, duração e precipitação antecedente, quantificar propriedades da casca e da copa, avaliar medidas normalizadas pela chuva e utilizar modelos multivariados ou de efeitos mistos. Também podem investigar a umidade do solo, o fluxo de seiva e os nutrientes associados ao ETr.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Á. S.; FERREIRA, J. N.; COUDEL, E. S. Percepção de serviços ecossistêmicos por agricultores familiares no município de Irituia/PA, Amazônia oriental: subsídios para a restauração florestal. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 62, p. 1423-1438, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v62i0.84539>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/84539>. Acesso em: 24 ago. 2025.

- BALIEIRO, R. M. F.; TONELLO, K. C.; DA COSTA NETO, S. V.; BRAMORSKI, J. Influence of dendrometric and morphological characteristics on stemflow in a forest-savanna transition area in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v. 33, n. 3, p. 368-377, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26525/jtfs2021.33.3.368>. Disponível em: <https://jtfs.frim.gov.my/jtfs/article/view/63>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- BORGES, E. B. M.; PINA, N. V. M.; NASCIMENTO, C. F.; LATUF, M. O. **Confecção e calibração de pluviômetro alternativo como subsídio à medição de precipitação**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Barreiras, 2011. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/74221524/Confeco_e_calibrao_de_pluviometro_alterna20211105-11984-wed7hm.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.
- BREDIN, Y. K.; HAWES, J. E.; PERES, C. A.; HAUGAASEN, T. Structure and composition of terra firme and seasonally flooded várzea forests in the Western Brazilian Amazon. **Forests**, Basel, v. 11, n. 12, art. 1361, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11121361>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/12/1361>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- CARLYLE-MOSES, D. E.; IIDA, S. I.; GERMER, S.; LLORENS, P.; MICHALZIK, B.; NANKO, K.; TISCHER, A.; LEVIA, D. F. Expressing stemflow commensurate with its ecohydrological importance. **Advances in Water Resources**, Amsterdam, v. 121, p. 472-479, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2018.08.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917081830602X>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- COLLET, C.; FOURNIER, M.; NINGRE, F.; HOUNZANDJI, A. P. I.; CONSTANT, T. Growth and posture control strategies in *Fagus sylvatica* and *Acer pseudoplatanus* saplings in response to canopy disturbance. **Annals of Botany**, Oxford, v. 107, n. 8, p. 1345-1353, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcr058>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/107/8/1345/210083>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- COSTA, J. D. M. da; BARNI, P. E.; SOTTA, E. D.; CARIM, M. de J. V.; CUNHA, A. C. da; GUEDES, M. C.; APARICIO, P. da S.; OLIVEIRA, L. L. de; BARBOSA, R. I.; FEARNSTIDE, P. M.; NASCIMENTO, H. E. M.; TOLEDO, J. J. de. Dense forests in the Brazilian State of Amapá store the highest biomass in the Amazon Basin. **Sustainability**, Basel, v. 17, n. 12, art. 5310, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17125310>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/12/5310>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- EPAL. **Ciclo da água**. [S. l.]: Grupo Águas de Portugal, 2023. Disponível em: <https://www.epal.pt/EPAL/menu/epal/comunica%C3%A7%C3%A3o-ambiental/ciclo-da-%C3%A1gua>. Acesso em: 20 set. 2025.

- FORD, C. R.; GORANSON, C. E.; MITCHELL, R. J.; WILL, R. E.; TESKEY, R. O. Diurnal and seasonal variability in the radial distribution of sap flow: predicting total stem flow in *Pinus taeda* trees. **Tree Physiology**, Victoria, v. 24, n. 9, p. 951-960, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/24.9.951>. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/24/9/951/1644080>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- GERMER, S.; WERTHER, L.; ELSENBEEER, H. Have we underestimated stemflow? Lessons from an open tropical rainforest. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 395, n. 3-4, p. 169-179, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.022>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169410006384>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- GERMER, S.; ZIMMERMANN, A.; NEILL, C.; KRUSCHE, A. V.; ELSENBEEER, H. Disproportionate single-species contribution to canopy-soil nutrient flux in an Amazonian rainforest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 267, p. 40-49, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.041>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112711007262>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- GOLDSTEIN, G.; ANDRADE, J. L.; MEINZER, F. C.; HOLBROOK, N. M.; CAVELIER, J.; JACKSON, P.; CELIS, A. Stem water storage and diurnal patterns of water use in tropical forest canopy trees. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 21, n. 4, p. 397-406, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1998.00273.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-3040.1998.00273.x>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- HERNÁNDEZ-RAMOS, J.; REYES-HERNÁNDEZ, V. J.; BELTRÁN-RODRÍGUEZ, L. La copa como indicador fotosintético relevante en el manejo forestal de bosques templados. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, Ciudad de México, v. 13, n. 74, p. 4-33, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i74.1267>. Disponível em: <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1267>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JUNIOR., J. A. **Forest mensuration**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2002.
- JANA, P.; DASGUPTA, S.; TODARIA, N. P. Throughfall and stemflow nutrient flux in deodar and oak forests, Garhwal Himalaya, India. **Water Supply**, London, v. 21, n. 4, p. 1649-1656, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2021.009>. Disponível em: <https://iwaponline.com/ws/article/21/4/1649/78693/Throughfall-and-stemflow-nutrient-flux-in-deodar>. Acesso em: 24 ago. 2025.

- KEIM, R. F.; TROMP-VAN MEERVELD, H. J.; MCDONNELL, J. J. A virtual experiment on the effects of evaporation and intensity smoothing by canopy interception on subsurface stormflow generation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 327, n. 3-4, p. 352-364, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.11.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169405006207>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- KUNERT, N.; APARECIDO, L. M. T.; WOLFF, S.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; ARAUJO, A. C. de; TRUMBORE, S. A revised hydrological model for the Central Amazon: the importance of emergent canopy trees in the forest water budget. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 239, p. 47-57, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.03.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192317300825>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- LEVIA, D. F.; FROST, E. E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 274, n. 1-4, p. 1-29, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00399-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00399-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169402003992>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- LEVIA, D. F.; GERMER, S. A review of stemflow generation dynamics and stemflow-environment interactions in forests and shrublands. **Reviews of Geophysics**, Washington, DC, v. 53, n. 3, p. 673-714, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015RG000479>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015RG000479>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- LEVIA, D. F.; VAN STAN II, J. T.; MAGE, S. M.; KELLEY-HAUSKE, P. W. Temporal variability of stemflow volume in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 380, n. 1-2, p. 112-120, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.10.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409006878>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- LI, X.-Y.; YANG, Z.-P.; LI, Y.-T.; LIN, H. Connecting ecohydrology and hydopedology in desert shrubs: stemflow as a source of preferential flow in soils. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 13, n. 7, p. 1133-1144, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-13-1133-2009>. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/13/1133/2009/>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- LIANG, W.-L.; KOSUGI, K.; MIZUYAMA, T. Characteristics of stemflow for tall stewartia (*Stewartia monadelphica*) growing on a hillslope. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 378, n. 1-2, p. 168-178, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.09.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409005903>. Acesso em: 24 ago. 2025.

- LIMA, J. A. de; TONELLO, K. C. Rainfall partitioning in Amazon Forest: implications of reduced impact logging for hydrological processes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 337, art. 109505, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109505>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016819232300196X>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- LORENZON, A. S. **Processos hidrológicos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2023/05/Alexandre-Simoes-Lorenzon1.pdf>. Acesso em: 26 out. 2025.
- LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 423-430, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- METZGER, J. C.; SCHUMACHER, J.; LANGE, M.; HILDEBRANDT, A. Neighbourhood and stand structure affect stemflow generation in a heterogeneous deciduous temperate forest. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 23, n. 11, p. 4433-4452, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-23-4433-2019>. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/23/4433/2019/>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- MORAIS, Y. Y. G. A.; FREIRE, F. J.; LIMA, R. B. de A.; ASSUNÇÃO, E. A. de A.; LEÃO, S. L. M.; RALPH, L. N. Stemflow nutrient input in trees in a tropical forest in Pernambuco, Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 3, p. 604-613, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5380/rf.v51i3.71464>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/71464>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- OLIVEIRA, L. L. de; COSTA, R. F. da; SOUSA, F. de A. S. de; COSTA, A. C. L. da; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/FwK3KGgJX45CW8VY9KzdMbr/>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- OLIVEIRA, L. L.; CUNHA, A. C.; COSTA, A. C. L.; COSTA, R. F. Sazonalidade e interceptação da chuva na Floresta Nacional em Caxiuanã-Amazônia Oriental. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 7, n. 10, p. 1-14, 2011. Disponível em: <https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/download/283/208/0>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- PINHEIRO, M. S.; FERREIRA, L. V. Efeito da topografia na florística em uma floresta de terra firme na Amazônia Oriental. **Nature and Conservation**, Aracaju, v. 15, n. 3, p. 17-28, 2022. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2022.003.0002>. Disponível em: <https://natureandconservation.com/index.php/nature/article/view/7484>. Acesso em: 24 ago. 2025.

- PINOS, J.; FLURY, M.; LATRON, J.; LLORENS, P. Routing stemflow water through the soil via preferential flow: a dual-labelling approach with artificial tracers. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 27, n. 15, p. 2865-2881, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-27-2865-2023>. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/27/2865/2023/>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- POUDYAL, K.; JHA, P. K.; ZOBEL, D. B.; THAPA, C. B. Patterns of leaf conductance and water potential of five Himalayan tree species. **Tree Physiology**, Victoria, v. 24, n. 6, p. 689-699, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/24.6.689>. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/24/6/689/1660465>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- REID, L. M.; LEWIS, J. Rates, timing, and mechanisms of rainfall interception loss in a coastal redwood forest. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 375, n. 3/4, p. 459-470, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.048>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409003850>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- SANTOS, R. O. dos; LIMA, R. B. de; SOARES, R. N.; DANTAS, B. S.; BRITO, A. C. de; CORDEIRO, M. V.; ABREU, J. C. de; SILVA, B. M. da S. e. Influence of the soil on the spatial structure of forest species: preliminary results in a terra firme secondary forest plot, Amapá, Brazil. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Grahamstown, v. 82, n. 2, p. 179-195, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2989/20702620.2020.1759294>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2989/20702620.2020.1759294>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- SCHOBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. A. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. **Anesthesia & Analgesia**, Baltimore, v. 126, n. 5, p. 1763-1768, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2018/05000/correlation_coefficients__appropriate_use_and.50.aspx. Acesso em: 24 ago. 2025.
- SOUSA, R. R. de. Pluviômetro de baixo custo e a variação da chuva no município de Barra do Garças-MT (outubro de 2015 a abril de 2016). **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, São Luís, v. 3, n. 8, p. 107-125, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18764/2446-6549.v3n8p107-125>. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/download/6379/4558/22329>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- TONELLO, K. C.; CAMPOS, S. D.; MENEZES, A. J.; BRAMORSKI, J.; MATHIAS, S. L.; LIMA, M. T. How is bark absorbability and wettability related to stemflow yield? Observations from isolated trees in the Brazilian Cerrado. **Frontiers in Forests and Global Change**, Lausanne, v. 4, art. 650665, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.650665>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/forests-and-global-change/articles/10.3389/ffgc.2021.650665/full>. Acesso em: 24 ago. 2025.

- TONELLO, K. C.; VAN STAN II, J. T.; ROSA, A. G.; BALBINOT, L.; PEREIRA, L. C.; BRAMORSKI, J. Stemflow variability across tree stem and canopy traits in the Brazilian Cerrado. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 308-309, art. 108551, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108551>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192321002355>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- VAN STAN II, J. T.; SIEGERT, C. M.; LEVIA JUNIOR., D. F.; SCHEICK, C. E. Effects of wind-driven rainfall on stemflow generation between codominant tree species with differing crown characteristics. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 151, n. 9, p. 1277-1286, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.05.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192311001523>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- WANG, X.-P.; WANG, Z.-N.; BERNDTSSON, R.; ZHANG, Y.-F.; PAN, Y.-X. Desert shrub stemflow and its significance in soil moisture replenishment. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 15, n. 2, p. 561-567, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-15-561-2011>. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/15/561/2011/>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- WANG, Z.-P.; LI, X.-Y.; LIU, L.-Y.; WU, J.-J.; HASI, E.; SUN, Y.-L. Characteristics of stemflow for sand-fixed shrubs in Mu Us sandy land, Northwest China. **Chinese Science Bulletin**, Beijing, v. 53, n. 14, p. 2214-2221, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11434-008-0165-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11434-008-0165-0>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- XIA, C.; LIU, G.; LUO, J. Stable isotopes reveal the effect of canopy and litter layer interception on water recharge in a subtropical manmade forest of Southwest China. **Forests**, Basel, v. 14, n. 1, art. 129, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/f14010129>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/1/129>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- YANG, T.-R.; HSU, Y.-H.; KERSHAW, J. A.; MCGARRIGLE, E.; KILHAM, D. Big BAF sampling in mixed species forest structures of northeastern North America: influence of count and measure BAF under cost constraints. **Forestry: An International Journal of Forest Research**, Oxford, v. 90, n. 5, p. 649-660, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx020>. Disponível em: <https://academic.oup.com/forestry/article/90/5/649/3749606>. Acesso em: 24 ago. 2025.
- YANG, X.; SHAO, M.; WEI, X. Stemflow production differ significantly among tree and shrub species on the Chinese Loess Plateau. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 568, p. 427-436, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.11.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418308631>. Acesso em: 24 ago. 2025.

YIN, D.; RODERICK, M. L. Inter-annual variability of the global terrestrial water cycle. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 24, n. 1, p. 381-396, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-24-381-2020>. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/24/381/2020/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

ZHANG, Y.; WANG, X.; PAN, Y.; HU, R.; CHEN, N. Global quantitative synthesis of effects of biotic and abiotic factors on stemflow production in woody ecosystems. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 30, n. 8, p. 1713-1723, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.13322>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geb.13322>. Acesso em: 24 ago. 2025.

ZHONG, F.; JIANG, S.; VAN DIJK, A. I. J. M.; REN, L.; SCHELLEKENS, J.; MIRALLES, D. G. Revisiting large-scale interception patterns constrained by a synthesis of global experimental data. **Hydrology and Earth System Sciences**, Göttingen, v. 26, n. 21, p. 5647-5667, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-26-5647-2022>. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/26/5647/2022/>. Acesso em: 24 ago. 2025.