

VARIAÇÃO TEMPORAL DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA PRECIPITAÇÃO TOTAL E INTERNA EM ÁREA FLORESTAL E URBANA NA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS, AMAZONAS

Adriano Nobre Arcos ¹; Marques Souza dos Santos ², Lueyne Emanuelle dos Santos Silva ³, Mateus Aguiar Rebelo ⁴, Sávio José Filgueiras Ferreira ⁵; Ana Rosa Tundis Vital ⁶

Resumo – As águas da chuva trazem consigo elementos minerais e orgânicos que se encontram suspensos na atmosfera e, ao atravessar o dossel florestal, contribuem para a absorção foliar de alguns nutrientes e também para a lavagem e lixiviação de elementos essenciais às plantas, os quais são transferidos ao solo e, posteriormente, às águas superficiais e subsuperficiais, podendo ser novamente absorvidos pelas árvores. O objetivo do estudo foi analisar os parâmetros físico-químicos da precipitação total e interna em área florestal e urbana com diferentes características geomorfológicas na região metropolitana de Manaus. O estudo foi desenvolvido em área florestal e fragmento florestal urbano em 2021, com coleta de volume da precipitação total e interna, e amostras de água para análises físico-químicas. A precipitação total apresentou maior volume de chuva nas duas áreas de estudo, seguido da precipitação interna, principalmente no período chuvoso. Foi verificada diferença estatística na precipitação total entre os períodos sazonais no fragmento florestal urbano ($p=0,04$). De modo geral, a precipitação interna apresentou maiores valores de nutrientes nas amostras coletadas ao longo dos meses, demonstrando a influência da floresta na captação desses compostos químicos para o solo da floresta. Além disso, a sazonalidade e o volume da precipitação exercem papéis importantes na química das águas das chuvas tanto em áreas preservadas quanto em áreas urbanas. Portanto, sendo peça chave para diversos processos biológicos no ecossistema, inclusive nos igarapés e rios amazônicos.

Abstract – The rains bring with them mineral and organic elements that are suspended in the atmosphere and, when crossing the forest canopy, they contribute to the foliar absorption of some nutrients and also to the washing and leaching of essential elements to the plants, which are transferred to the soil and subsequently to surface and groundwater, which can be absorbed again by trees. The objective of the study was to analyze the physical-chemical parameters of total and internal precipitation in a forest and urban area with different geomorphological characteristics in the metropolitan region of Manaus. The study was carried out in a forest area and urban forest fragment in 2021, with volume collection of total and internal precipitation, and water samples for physical-chemical analysis. Total precipitation showed the highest volume of rain in the two study areas, followed by internal precipitation, mainly in the rainy season. There was a statistical difference in total precipitation between the seasonal periods in the urban forest fragment ($p=0.04$). In general, the internal precipitation showed higher values of nutrients in the samples collected over the months, demonstrating the influence of the forest in the uptake of these chemical compounds into the forest floor. In addition, the seasonality and volume of precipitation play important roles in the chemistry of rainwater in both preserved and urban areas. Therefore, it is a key part of several biological processes in the ecosystem, including in the Amazon streams and rivers.

Palavras-Chave – chuva; qualidade da água; geomorfologia.

¹ Biól., PhD, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/IETÉ, (92) 3643-3096, adriano.bionobre@gmail.com

² Eng. Amb., Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA/IETÉ, (92) 3643-3096, marquesmarquessouza@gmail.com

³ Eng. Amb., Graduanda, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/IETÉ, (92) 3643-3096, Lueyne87@gmail.com

⁴ Biol., Graduando, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/IETÉ, (92) 3643-3096, mateus-rebelo@hotmail.com

⁵ Quím., PhD, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/IETÉ, (92) 3643-3096, saviofferreira@gmail.com

⁶ Tec. Flor., PhD, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/IETÉ, (92) 3643-3096, artvital@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre precipitações em florestas tropicais demonstram que, de maneira geral, ocorre um fracionamento da precipitação total, em que de 75 a 96% da precipitação transforma-se em precipitação interna, entre 1 e 2% é convertida em escoamento pelo tronco e entre 4,5 e 24% é interceptada pelas copas das árvores (BRUIJNZEEL, 1990).

Um princípio básico em hidrologia florestal é que a produção de água e o regime fluviométrico de uma bacia hidrográfica são significativamente influenciados pela cobertura florestal (VITAL et al. 2003). Portanto, a permanência da vegetação e a preservação dos recursos hídricos têm um papel fundamental no desenvolvimento social e econômico. A interceptação tem grande importância no balanço hídrico, principalmente em áreas com florestas. E a influência da vegetação no recebimento e redistribuição das chuvas é significativa dentro do contexto do balanço hídrico de um determinado local. Além disso, é importante conhecer qual é a parcela da chuva que é interceptada pelo dossel vegetal para o sistema solo-planta-atmosfera (OLIVEIRA et al., 2008).

O pluviômetro é um instrumento de medição do volume das chuvas, na qual cada milímetro de chuva coletado corresponde a um litro de água por metro quadrado (BORGES et al., 2012). Os volumes de água envolvidos na precipitação interna, no escoamento pelo tronco e na interceptação dentro de uma floresta são variáveis e dependem de fatores como a vegetação (LIMA, 1983). Ao precipitar, a chuva leva consigo elementos presentes na atmosfera, os quais podem interferir na qualidade da água da chuva (TOMAZ, 2003), alguns fatores modificam a característica da água da chuva, tais como, localização geográfica, presença de vegetação, presença de carga poluidora, condições meteorológicas, entre outros.

A composição química das chuvas, sua alteração após o contato com a vegetação e demais aspectos da dinâmica de nutrientes na água, vem sendo pesquisados em diversos países, em diferentes tipos florestais, na Amazônia, pode-se citar Franken et al. (1985), Franken et al. (1982), Leopoldo et al. (1995), Luizão (2007). O estudo sobre a precipitação interna na região Amazônica ainda é muito escasso, principalmente em fragmentos florestais urbanos. A cobertura florestal também é importante para atenuar a energia das gotas de chuva, tornando a sua precipitação menos impactante ao solo, principalmente nas chuvas com elevada intensidade. Portanto, o principal objetivo deste estudo foi analisar os parâmetros físico-químicos da precipitação total e interna em área florestal e urbana com diferentes características geomorfológicas na região metropolitana de Manaus.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A primeira área de estudo está localizada na Reserva Biológica do Cuieiras – RBC/INPA, estação experimental do Instituto Nacional de Pesquisa das Amazônias – INPA (2°38' S e 60°11' W), km 34 da estrada vicinal ZF2, cerca de 84 km a noroeste de Manaus, na microbacia hidrográfica do Igarapé Açu a qual, abrange uma área aproximada de 6,6 km² e faz parte da Bacia do Rio Cuieiras, afluente do Rio Negro (MONTEIRO et al., 2013) (Figura 1 A).

A segunda área experimental está inserida em um fragmento florestal urbano dentro do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Campus I - Aleixo, com uma área de 256.736,48m², na cidade de Manaus - AM, com altitude 40,33m acima do nível do mar. A área está localizada em um trecho de Floresta denominado Bosque da Ciência (03°08'7"S e 60°01'34"W) (VITAL et al., 2021) (Figura 1 B).

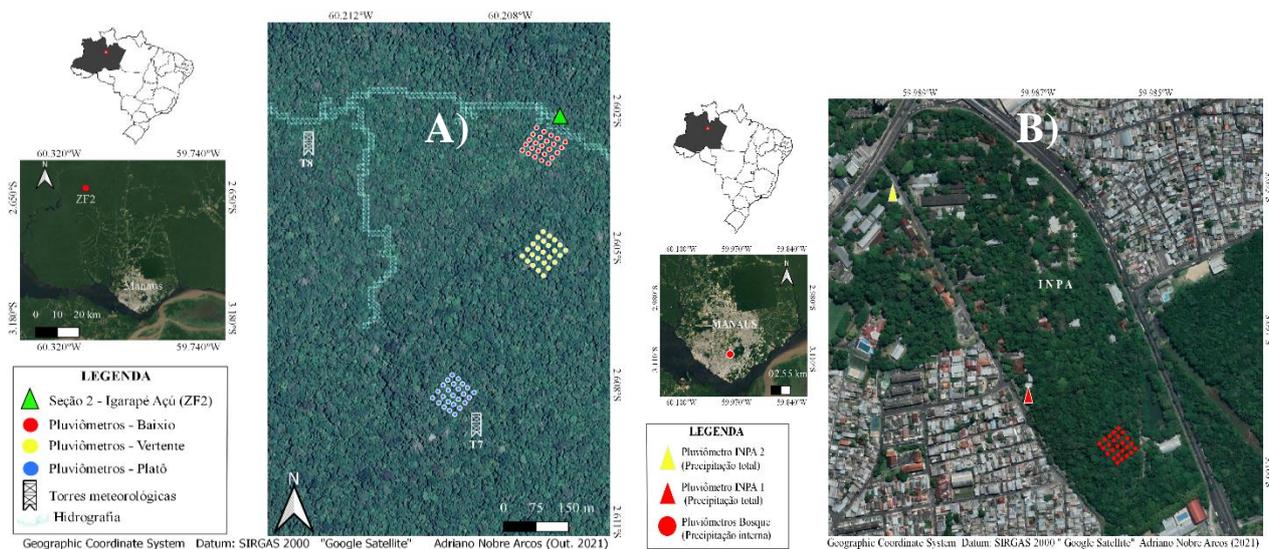


Figura 1. Mapa da área de estudo com a distribuição dos pluviômetros ao longo de características geomorfológicas distintas no sítio experimental ZF2 (A) e fragmento florestal urbano (B) da região metropolitana de Manaus. Fonte: Arcos, A.N. (2021).

2.2. Caracterização da área

Na área do fragmento florestal urbano localizado no boque da ciência – INPA (Figura 1B), a área verde apresenta-se com uma predominância de vegetação secundária que se desenvolve sobre solo argiloso, porém existem alguns pequenos trechos com fragmentos da vegetação original e o fragmento florestal estudado, apesar de jovem, apresenta uma composição florística em estágio de sucessão natural, em razão de apresentar a mesma diversidade em algumas famílias e composição florística, fato observado em florestas primárias (ERAZO, 2001).

Na área experimental ZF2 (Figura 1A), a principal vegetação é de terra firme e encontrados três tipos de ambientes com características geomorfológicas diferentes. Essas diferenças são definidas pelo tipo de relevo, composição do solo e florístico.

As áreas de platô, o solo é argiloso, bem drenado e pobre em nutrientes. Neste tipo de floresta são encontradas as maiores árvores e, provavelmente, as mais antigas. O dossel atinge entre 30-40 metros de altura, com algumas árvores emergentes chegando a 50-60 metros de altura (HOPKINS, 2005) (Figura 2 A).

As florestas de vertente os solos dessas florestas são mais arenosos nas porções mais baixas. A comunidade vegetal e a altura do dossel são similares aos das florestas de platô. Entretanto, a quantidade de árvores emergentes é bem menor. A floresta de vertente pode ser considerada um tipo de transição entre a de baixo e a de platô. Cabe ressaltar a transição entre vertente e baixo é muito mais abrupta que entre vertente e platô (HOPKINS, 2005) (Figura 2 B).

O baixo ocorre ao longo dos igarapés. O solo é arenoso, úmido e encharcado nas épocas de maior pluviosidade. Muitas árvores possuem raízes superficiais ou escoras e, algumas, com pneumatóforos. O dossel é mais baixo do que nas regiões de platôs, com 25-30 metros de altura e com muitas palmeiras (HOPKINS, 2005) (Figura 2 C).

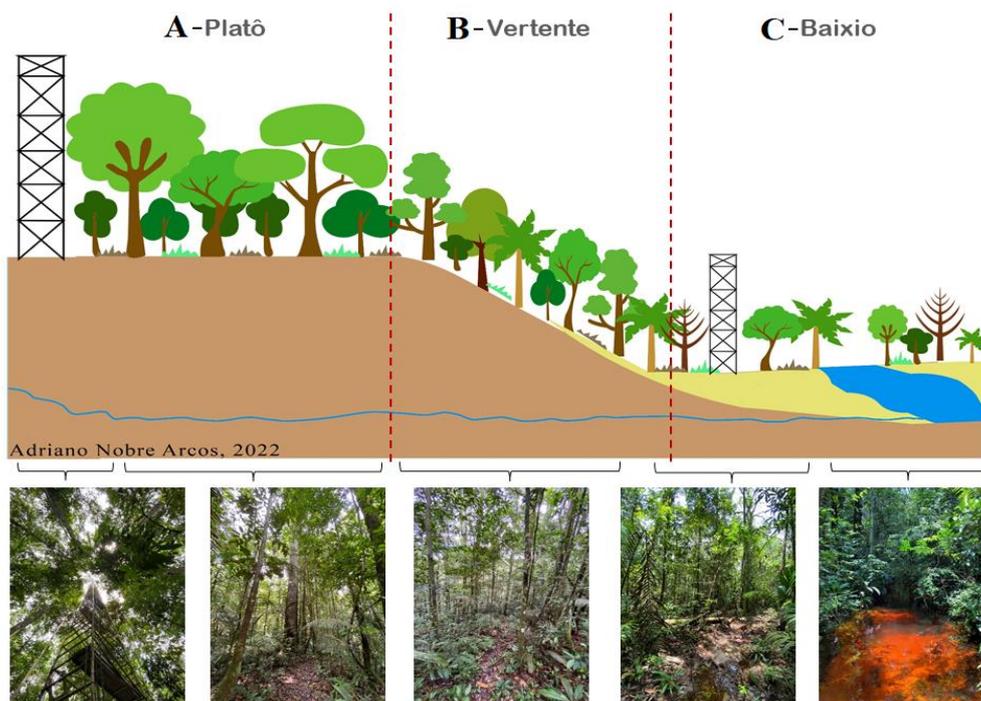


Figura 2. Esquema ilustrativo das diferentes formações geomorfológicas dentro da área florestal no sítio experimental da ZF2. Fonte: Arcos, A.N. (2022).

As coletas da precipitação foram realizadas semanalmente em ambas as áreas ao longo de 2021 (Fevereiro à Dezembro), com a coleta do volume da precipitação total (PT) e interna (PI). O volume proveniente do pluviômetro foi retirado com o auxílio de uma proveta de plástico graduada em Litro e transformada o volume em mililitro (Figura 3). As análises das amostras de água iniciaram em junho de 2021, e o material coletado em campo foi encaminhado para o Laboratório de Química Ambiental – LQA/CODAM/INPA para a análise das variáveis físico-químicas: pH, condutividade elétrica, silicatos, nitrito, nitrato, amônia, cloreto e fosfato. A distribuição dos pluviômetros encontra-se discriminado na Figura 1.



Figura 3. Pluviômetro instalado dentro da floresta para captura da precipitação total (A) e coleta de amostras da água da chuva em campo (B). Fonte: Arcos, A. N. (2021).

Os dados foram tabulados em planilha para geração de gráficos e tabelas, e foi realizada a análise de variância – ANOVA (considerando $p < 0,05$), para comparar o volume da precipitação

total e interna nos períodos sazonais, com o uso do software Past versão 4.0 (HAMMER et al., 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume de chuvas da precipitação total na área florestal da ZF2 variou de 170mm a 1945mm, com maior volume no período chuvoso, principalmente no mês de fevereiro. A precipitação interna na mesma área de estudo teve variação entre 110mm e 662mm, apresentando também um volume elevado no período chuvoso, com os valores geralmente mais elevados na área do platô (Figura 4). Não foi identificada na análise de variância diferença significativa no volume de chuvas da precipitação total e interna em relação aos períodos sazonais nesta área ($p=0,45$ e $p=0,35$).

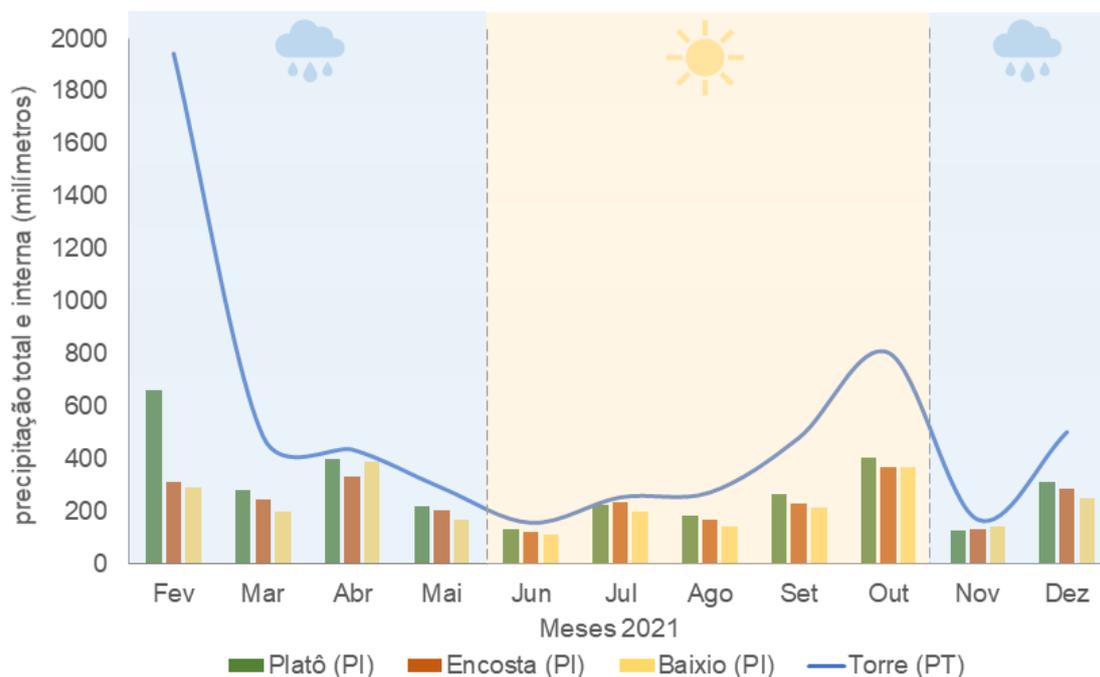


Figura 4. Volume da precipitação total (PT) e interna (PI) de áreas topográficas distintas em área florestal do sítio experimental ZF2, Manaus – Amazonas.

A precipitação total do fragmento florestal urbano variou de 50mm a 552mm, demonstrando maiores volumes durante o período chuvoso. Além disso, foi identificado picos elevados de chuvas no mês de março e dezembro. O volume da precipitação interna teve variação entre 62mm e 541mm, com o perfil de grandes volumes de água no período chuvoso (Figura 5). Foi verificada na análise de variância diferença significativa na precipitação total entre os períodos sazonais ($p=0,04$), entretanto, a precipitação interna não mostrou diferença estatística entre o período seco e chuvoso ($p=0,09$).

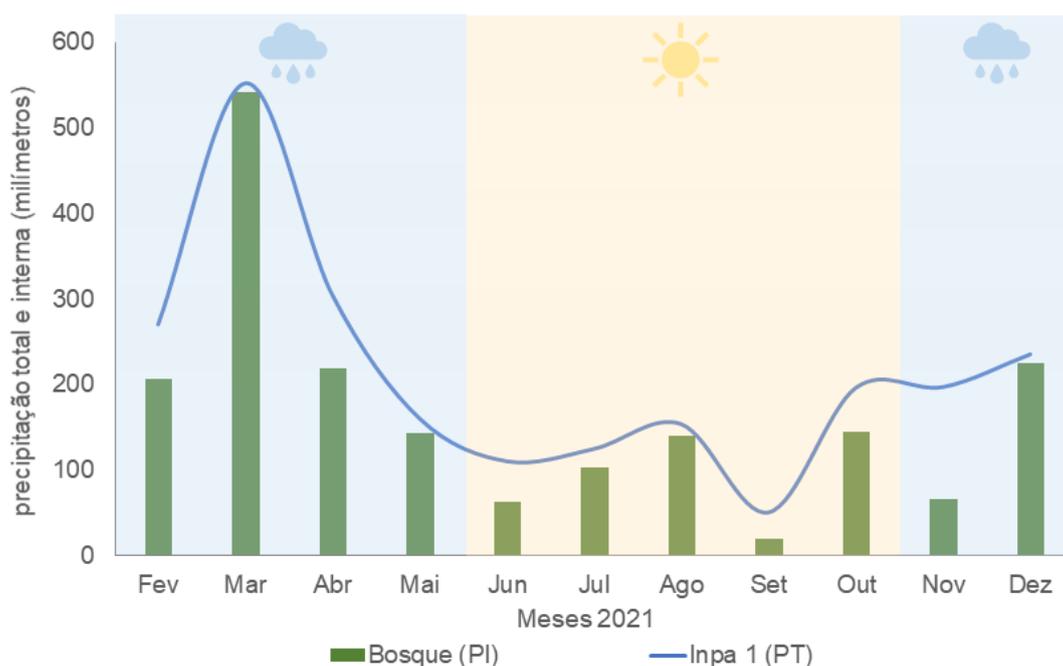


Figura 5. Volume da precipitação total (PT) e interna (PI) de área urbana na cidade de Manaus – Amazonas.

A variação média do pH da precipitação total na área florestal da ZF2 foi de 4,8 a 6,4, e da precipitação interna foi de 5,7 a 6,0 com desvio padrão $\pm 0,39$, onde ambas as áreas apresentaram pH levemente ácido a neutro. A condutividade da precipitação total apresentou valores baixos, em média $5,08\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e da precipitação interna apresentou valores mais elevados de condutividade elétrica, com média de $10,71\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} \pm 4,16$. De modo geral, os demais nutrientes apresentaram maiores concentrações nas amostras de água da precipitação interna, devido a passagem da água da chuva pelas folhas e troncos da vegetação que é rica em nutrientes e, portanto, influenciando diretamente na qualidade química da precipitação interna que irá contribuir positivamente para a entrada de nutrientes no solo (Tabela 1).

Tabela 1. Média e desvio padrão das variáveis físico-químicas da precipitação total (PT) e interna (PI) analisadas em área florestal na ZF2, Amazonas.

	pH	Condutividade	Sílica	Nitrato	Nitrito	Amônio	Fosfato	Cloreto	
Jun	PT	4,88	6,28	0,04	0,02	0,00	0,08	0,02	1,92
	PI	5,98	18,90	0,52	0,52	0,04	0,58	0,05	1,62
Jul	PT	5,44	6,15	0,01	0,00	0,00	0,10	0,02	1,95
	PI	5,87	8,56	0,17	0,31	0,07	0,77	0,02	1,38
Ago	PT	6,00	4,41	0,00	0,01	0,00	0,11	0,01	0,74
	PI	5,75	10,57	0,02	0,42	0,06	1,24	0,01	1,77
Set	PT	5,82	3,23	0,00	0,00	0,01	0,10	0,02	1,01
	PI	5,82	10,02	0,01	0,21	0,02	0,28	0,02	0,38
Out	PT	5,18	5,93	0,02	0,11	0,00	0,10	0,01	1,06
	PI	5,99	12,77	0,17	0,42	0,20	0,60	0,01	1,22
Nov	PT	5,58	3,33	0,00	0,01	0,00	0,11	0,01	0,96
	PI	6,08	7,06	0,10	0,12	0,03	0,15	0,01	1,28
Dez	PT	6,43	6,20	0,02	0,02	0,00	0,08	0,26	0,69
	PI	5,90	7,09	0,20	0,45	0,04	0,44	0,02	1,31
*D.P.	\pm	0,39	4,16	0,14	0,19	0,05	0,34	0,06	0,46

*Desvio Padrão

No fragmento florestal urbano, os valores de pH durante os meses de coleta nas duas áreas variaram de levemente ácido (5,2) à neutro (6,6), com desvio padrão $\pm 0,23$. Os maiores valores de condutividade elétrica na água da chuva foram observados nos coletores de precipitação interna, devido aos íons presentes na água terem contato com o ar da região urbana e da lavagem da vegetação, que é rica em nutrientes (Tabela 2).

De modo geral, as águas de precipitação interna apresentaram maiores valores de nutrientes (silicatos, nitrato, nitrito, amônio, fosfato e cloreto), nas amostras coletadas ao longo dos meses, demonstrando a influência da floresta na captação desses compostos químicos para o solo da floresta. Quando comparamos com a precipitação total, os valores foram inferiores por não ser influenciado por nenhuma barreira, por se tratar da água coletada diretamente da chuva (Tabela 2).

Tabela 2. Média e desvio padrão das variáveis físico-químicas da precipitação total (PT) e interna (PI) em fragmento florestal urbano em Manaus, Amazonas.

		pH	Condutividade	Sílica	Nitrato	Nitrito	Amônio	Fosfato	Cloreto
Ago	PT	6,17	7,28	0,00	0,15	0,01	0,11	0,02	1,01
	PI	5,98	33,60	0,02	0,79	0,06	0,70	0,10	1,79
Set	PT	6,64	9,41	0,10	0,01	0,01	0,10	0,02	1,33
	PI	6,30	38,20	0,04	1,77	0,84	0,90	0,34	2,88
Out	PT	5,83	6,25	0,07	1,54	0,01	0,10	0,01	1,87
	PI	6,06	41,10	0,17	1,39	0,04	0,30	0,43	1,91
Nov	PT	6,10	7,08	0,08	0,06	0,01	0,11	0,02	0,92
	PI	6,09	36,50	0,22	1,24	0,22	0,86	0,34	1,94
Dez	PT	5,92	3,82	0,04	0,01	0,01	0,08	0,00	1,19
	PI	6,38	29,80	0,26	0,62	0,05	0,51	0,01	2,32
*D.P.	\pm	0,23	15,6	0,08	0,68	0,25	0,33	0,17	0,61

*Desvio Padrão

Segundo Diniz et al. (2013), o processo de ciclagem de nutrientes em um ecossistema envolve a entrada de elementos presentes na atmosfera por meio da precipitação, tendo a contribuição da vegetação que retém partículas trazidas pelo vento nas folhas, posteriormente os nutrientes contidos nessas partículas, ou até mesmo os depositados na superfície da vegetação, serão retirados por meio das chuvas. Este processo também foi identificado no presente estudo, quando comparamos maiores concentrações de nutrientes nas amostras provenientes da precipitação interna tanto em área florestal, quanto na área urbana.

O ciclo hidrológico tem diversas componentes, porém uma delas é desprezada em alguns estudos, a interceptação da precipitação pela vegetação. A interceptação tem grande importância no balanço hídrico, principalmente em áreas com florestas de grande porte. A influência da vegetação no recebimento e redistribuição das chuvas é significativa dentro do contexto do balanço hídrico de um determinado local (OLIVEIRA et al., 2008). No estudo de uma bacia hidrográfica, há uma estreita relação entre o ciclo hidrológico e a cobertura vegetal da área, interferindo no movimento hídrico das diversas etapas do sistema, inclusive nas transferências para atmosfera e cursos d'água (ARCOVA et al., 2003).

Além disso, o retorno de nutrientes por meio da água de chuva constitui um processo importante da ciclagem biogeoquímica de nutrientes (PEREZ-MARIN & MENEZES, 2008). As entradas de nutrientes provenientes da atmosfera são muito importantes em ambientes sucessionais. E esses fluxos têm grande contribuição para um incremento da resiliência, que é fundamental para a regeneração de áreas muito degradadas (SCHEER, 2009). Além disso, podemos comparar a quantidade e qualidade desses compostos químicos provenientes da água da chuva, buscando identificar potenciais níveis de poluição, especialmente nas grandes cidades como Manaus.

Segundo Arcos e Cunha (2021), o processo de degradação ambiental vem aumentando em muitas localidades no Amazonas, nesse sentido, é necessário um sistema de monitoramento que leve em consideração todas as etapas do ciclo hidrológico (chuva, águas superficiais, águas subterrâneas). Além disso, a sazonalidade e a urbanização são elementos importantes nos processos hidrológicos, afetando direta e indiretamente na qualidade das águas (FALCÃO et al., 2021), e alterações no regime hidrológico/ambiental podem afetar diretamente os organismos aquáticos, ciclos biogeoquímicos e interações homem-ambiente (ARCOS et al., 2020).

4. CONCLUSÕES

Foi observado que os nutrientes presentes nas águas das chuvas são influenciados pela área que os coletores estão instalados, por exemplo, áreas urbanas e naturais, assim como nas amostras provenientes da precipitação interna no Bosque da Ciência (área urbana) e da ZF2 (área rural). A química da precipitação da área urbana apresentou maiores teores de nutrientes quando comparamos com as áreas florestais da área rural. Este resultado foi influenciado pelos compostos presentes na atmosfera, pela lavagem da água da chuva nas árvores, folhas e troncos, que são ricos em nutrientes, e que acabam caindo nos coletores dentro da mata, aumentando a quantidade de nutrientes que chega ao solo. Portanto, a quantidade e qualidade da chuva dependem de diversos fatores que influenciam na captação final dessa água no solo. Além disso, a sazonalidade e o volume da precipitação exercem papéis importantes na química das águas das chuvas, tanto em áreas preservadas quanto em áreas urbanas. Sendo assim, peça chave para diversos processos biológicos no ecossistema.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é resultado de projeto de PD&I realizado a partir da parceria INPA/SAMSUNG, com recursos da Lei de Informática para a Zona Franca de Manaus (Lei nº 8.387/91), estando sua divulgação de acordo com o artigo 39 do decreto 10.521/2020. Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, pela oportunidade na qualificação científica, apoio logístico, material técnico e de consumo para o desenvolvimento das pesquisas, assim como o apoio logístico fornecido pelo Programa LBA, nas pesquisas realizadas na Estação de Pesquisas LBA, situada na ZF2 (Reserva Biológica do Cuieiras), Manaus-AM. Conjuntamente, agradecemos a equipe do Laboratório de Química Ambiental e Hidrologia (IETÉ/LBA/INPA) pelo suporte nas coletas e análises.

REFERÊNCIAS

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. (2003) Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 257-262.

ARCOS, A.N.; SILVA, J.S.; CUNHA, H.B. (2020) Grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade em praia de água doce no rio Negro, Amazonas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. 1-17, e238974015.

ARCOS, A.N.; CUNHA, H.B. (2021) Avaliação dos impactos da poluição nas águas superficiais de um afluente do rio Solimões na Amazônia Central Brasileira. *Caminhos da Geografia*, v. 22, n. 80, p. 01-14.

BORGES, É. B. M.; PINA, N. V. M.; NASCIMENTO, C. F.; LATUF, M. O. (2012) *Confecção e Calibração de Pluviômetro como Subsídio à medição de Precipitação*. In: Encontro Nacional de Geógrafos, 2012, Belo Horizonte - MG. Entre escalas, poder, ações, geografias.

- BRUIJNZEEL, L. A. (1990) The hydrological cycle in moist tropical forest. In: BRUIJNZEEL, L. A. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Amsterdam, p. 5-38.
- DINIZ, A. R., PEREIRA, M. G., BALIEIRO, F. D. C., MACHADO, D. L., & MENEZES, C. E. G. (2013) Precipitação e aporte de nutrientes em diferentes estádios sucessionais de Floresta Atlântica, Pinheiral-RJ. *Ciência Florestal*, v. 23, p. 389-399.
- ERAZO, N.D.C. (2001) *Levantamento florístico das espécies botânicas arbóreas e arbustivas do campus do Bosque da Ciência*. PIBIC/INPA/CNPq.
- FALCÃO, M.M.S.; ARCOS, A.N.; COSTA, F.S. (2021) Avaliação da qualidade ambiental dos recursos hídricos ao longo do rio Preto da Eva no Amazonas, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, e107101522560.
- FRANKEN, W., LEOPOLDO, P.R., BERGAMIN FILHO, H. (1985) Nutrient flow through natural waters in central Amazon. *Turrialba*, v. 35, n. 4, p. 383 – 93.
- FRANKEN, W., LEOPOLDO, P.R., MATSUI, E., RIBEIRO, M.N.G. (1982) Estudo da interceptação da água da chuva em cobertura florestal do tipo terra firme. *Acta Amazônica*, v. 12, p.327-31.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1-9.
- HOPKINS, M. J. (2005) Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia*, v. 56, p. 9-25.
- LEOPOLDO, P.R., FRANKEN, W.K., VILLA NOVA, N.A. (1995) Real evapotranspiration through a tropical rain Forest in central Amazônia as estimated by the water balance method. *For. Ecol. Manage.*, v.73, p.185-95.
- LIMA, W. P. (1985) Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerradão. *IPEF*, v. 30, p. 13-17.
- LUIZÃO; FLÁVIO J. (2007) Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. *Cienc. Cult.* v. 59, n.3, p. 31-36.
- MONTEIRO, M.T.F. (2013) *Estudo integrado da dinâmica do carbono, nitrogênio e da hidrologia em uma microbacia da Amazônia central*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Amazonas, INPA, pp. 139.
- OLIVEIRA, L. L. D., COSTA, R. F. D., SOUSA, F. D. A. S. D., COSTA, A. C. L. D., & BRAGA, A. P. (2008) Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 4, p. 723-732.
- PEREZ-MARIN, A. M., & MENEZES, R. S. C. (2008) Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 2573-2579.
- SCHEER, M. B. (2009) Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. *Floresta*, v. 39 n. 1, p. 117-130.
- TOMASELLA, J.; NEILL, C.; FIGUEIREDO, R.; NOBRE, A. D. (2009) Water and chemical budgets at the atachment scale including nutrient exports from intact forests and disturbed landscapes. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Ed.) *Amazonian and global change*. Estados Unidos: AGU, p. 505-524.
- TOMAZ, P. (2003) *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo: Navegar, 180p.
- VITAL, A.R.T.; CARDOSO, L.G.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K. (2003) Repartição da água da chuva em zona ripária de uma microbacia. *Energia na Agricultura.*, v.18, p. 14-26.
- VITAL, A. R. T., FERREIRA, S. J. F., FREITAS, E. P., SILVA, M. L., MONTEIRO, M. T. F., ALMEIDA, C. N., NASCIMENTO, T. A. M., & SANTOS, M. S. (2021) Precipitação total e interna em fragmento florestal e área de floresta primária no município de Manaus-AM. In: Silva et al. (Org.). *Projeto IETÉ: rede de monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Educandos – Manaus – AM. Fase I: diagnóstico ambiental*. Rio de Janeiro, RJ: Autografia, p. 109 – 129.