



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

AVALIAÇÃO DAS TENDÊNCIAS DA PRECIPITAÇÃO MENSAL (1980–2019) NO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS UTILIZANDO A ANÁLISE INOVADORA DE TENDÊNCIAS POLIGONAIS (IPTA)

*Jonas Onis Pessoa¹; Jonatan Onis Pessoa¹; Ruan Oliveira Fernandes²; Wellington de
Arruda Viana³; Artur Paiva Coutinho⁴ & Anderson Luiz Ribeiro de Paiva⁴*

Palavras-chave: mudanças climáticas, Amazônia, eventos extremos, Mann-Kendall.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, métodos gráficos de análise de tendências em variáveis hidrometeorológicas, como a Análise Inovadora de Tendências Poligonais (IPTA, na sigla em inglês), têm se consolidado internacionalmente (Şen; Şişman; Dabanli, 2019; Alashan; Arra; Şişman, 2025), porém ainda não foram explorados em estudos na Amazônia brasileira. Em conjunto com métodos tradicionais, essas abordagens emergentes ampliam a compreensão das mudanças no regime de precipitação, permitindo avaliar a direção e a magnitude das variações em distintas escalas temporais. Dessa forma, fornecem subsídios ao planejamento agrícola, à gestão dos recursos hídricos, à geração de energia e à redução de riscos associados a eventos hidrológicos extremos (Charania; Patel, 2025).

O IPTA, em particular, possibilita investigar a tendência em uma determinada série e as transições de tendência entre seções sucessivas de dois segmentos iguais da série temporal hidrometeorológica original, resultando em um polígono de tendência. Aplicado a dados mensais de chuva, o IPTA proporciona uma interpretação clara e intuitiva das flutuações ao longo do ano, ampliando a compreensão da distribuição temporal das chuvas e aprimorando a análise em relação às técnicas convencionais (Eşit, 2023).

A região sul do estado do Amazonas (SA) foi escolhida como área de estudo por apresentar elevada variabilidade da precipitação e intensas mudanças no uso e cobertura do solo. Inserida na fronteira agrícola da Amazônia, conhecida como AMACRO, a SA é altamente vulnerável às mudanças climáticas (Chaves *et al.*, 2024; Pessoa *et al.*, 2025) e ainda carece de aplicações do método IPTA. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar as tendências de precipitação mensal no sul do Amazonas entre 1980 e 2019, empregando os métodos tradicionais Mann-Kendall (MK), Sens' Slope (SS) e o método gráfico IPTA.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à região sul do estado do Amazonas, abrangendo os municípios de Apuí, Boca do Acre, Canutama, Humaitá, Lábrea, Manicoré e Novo Aripuanã,

¹) Doutorandos em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), jonas.pessoa@ufpe.br; jonatan.onis@ufpe.br

²) Mestre no Mestrado Profissional em Rede, Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, vinculado a UFPE, ruan.fernandes@ufpe.br

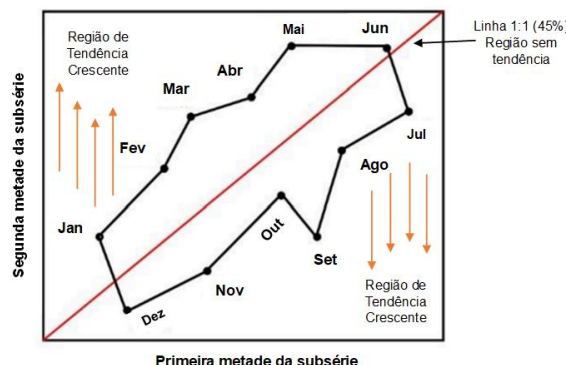
³) Mestre em Educação Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola (PPGEA), Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), wellingtonviana@recife.ifpe.edu.br

⁴) Doutores em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Pernambuco, arthur.coutinho@ufpe.br; anderson.paiva@ufpe.br

com área total de 300.690 km². Os dados de precipitação foram obtidos de Xavier *et al.* (2022). As análises de tendência de MK e SS foram realizadas em ambiente Python, utilizando a biblioteca pymannkendall, ao nível de significância de 5% (Pessoa *et al.*, 2025), enquanto o IPTA foi aplicado no Microsoft Excel.

Neste estudo, o IPTA foi empregado a dados mensais de precipitação, organizados em uma matriz mensal a partir de uma série de n anos, posteriormente subdividida em duas sub-séries de igual extensão. Para cada sub-série, estimou-se a média aritmética, permitindo uma caracterização detalhada das variações mensais da chuva. Os resultados desta análise são apresentados em um sistema de coordenadas cartesianas, no qual a primeira série é disposta no eixo X e a segunda série é disposta no eixo Y (Figura 1).

Figura 1 – Ilustração do método Análise Inovadora de Tendências Poligonais (IPTA).



Como consequência, a transição da precipitação de um mês para o seguinte é visível, sendo que quanto maior a flutuação num evento hidrometeorológico, mais complexo é o polígono. Quanto menor a área do polígono, mais consistente será a meteorologia e elementos hidrológicos. Além disso, a inclinação da linha pode ser interpretada como a intensidade da transição entre dois meses. Quanto maior a inclinação, mais intensa é a transição entre dois meses (Şen; Şişman; Dabanli, 2019).

RESULTADOS

Na Figura 2 são apresentados, a título de exemplo, os resultados gráficos do IPTA aplicados à média da precipitação mensal (1980–2019) em Apuí-AM e na região sul do Amazonas como um todo. Enquanto na Tabela 1 contam os resultados estatísticos do método para todas as séries analisadas.

Figura 2 – Resultado do método gráfico IPTA aplicado à média aritmética da precipitação mensal (1980-2019) em Apuí-AM e região sul do Amazonas.

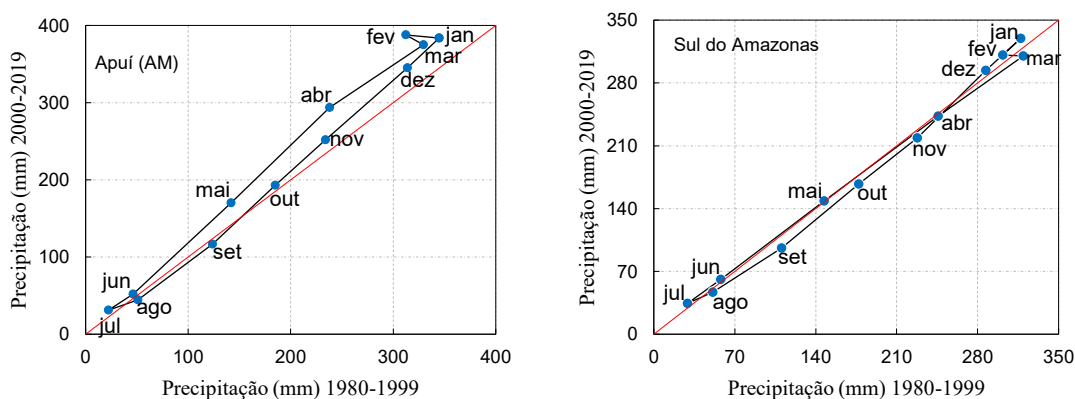


Tabela 1 – Estatística do método IPTA aplicado à média aritmética da precipitação mensal (1980-2019) no período de 1980 a 2019 na região sul do estado do Amazonas.

ID		Transições entre os meses											
		J-F	F-M	M-A	A-M	M-J	J-J	J-A	A-S	S-O	O-N	N-D	D-J
1	C. (mm)	32,68	21,15	122,54	156,34	152,00	31,92	31,84	102,22	98,03	76,53	122,88	49,34
	Incl. (°)	1,94	0,61	1,21	0,51	0,20	1,54	-0,71	1,16	-1,09	2,25	1,74	1,23
2	C. (mm)	14,58	5,18	105,30	106,11	94,45	32,04	22,78	53,44	107,57	79,35	58,28	36,87
	Incl. (°)	4,18	1,27	0,58	0,67	-0,97	0,15	4,56	-2,12	0,91	2,71	-0,04	-4,10
3	C. (mm)	40,86	24,41	97,01	147,47	129,12	38,12	30,95	68,27	102,31	76,95	108,17	44,12
	Incl. (°)	-0,31	2,00	0,97	-0,51	1,05	0,69	-3,00	1,19	0,75	2,29	-0,08	9,93
4	C. (mm)	43,86	41,05	97,64	146,00	109,28	50,30	24,21	79,55	96,30	66,38	100,73	47,02
	Incl. (°)	1,17	3,70	0,59	0,65	0,23	0,06	15,76	3,84	1,13	1,01	1,12	0,60
5	C. (mm)	21,01	7,72	109,62	143,15	98,44	36,29	27,12	67,45	113,91	74,06	85,03	33,50
	Incl. (°)	0,52	0,69	-0,33	-0,55	2,19	0,13	-1,27	3,67	-1,58	0,35	9,30	2,23
6	C. (mm)	25,00	15,37	70,05	120,98	139,60	48,10	20,26	77,20	81,13	61,89	93,46	60,60
	Incl. (°)	1,03	1,49	0,87	0,66	0,48	-1,08	-0,66	4,37	1,12	0,25	0,63	4,46
7	C. (mm)	21,94	26,20	98,04	137,34	156,54	39,57	23,49	93,57	85,32	75,98	106,43	63,24
	Incl. (°)	1,44	-0,26	-1,87	1,32	0,21	3,25	-0,44	3,90	0,64	-0,15	8,97	1,03
8	C. (mm)	24,37	17,80	99,59	136,47	125,21	39,09	25,06	77,10	97,70	72,26	95,67	46,76
	Incl. (°)	0,75	-0,99	0,29	-0,48	2,27	1,76	-0,79	3,57	0,67	0,94	-0,77	1,75

Legenda: ID: identificação o da área; 1: Apuí; 2: Boca do Acre; 3: Canutama; 4: Humaitá; 5: Lábrea; 6: Manicoré; 7: Novo Aripuanã; 8: região sul do Estado do Amazona; C: Comprimento; Incl.: Inclinação

Os resultados estatísticos dos testes de MK e SS não são apresentados nesta versão resumida do artigo; entretanto, seus resultados gerais são comparados aos do IPTA na Tabela 2. Os métodos tradicionais identificaram tendências significativas em 9 séries (9,4%), todas também detectadas pelo IPTA, que indicou significância em 64 séries (69,6%), evidenciando sua maior sensibilidade na identificação de tendências e corroborando estudos prévios, com os já aqui citados.

Tabela 2 – Comparação dos resultados dos métodos MK e IPTA, para séries de precipitação mensal (1980-2019) na região sul do estado do Amazonas.

ID	Método	Meses											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Apuí	MK												
	IPTA												
Boca do Acre	MK												
	IPTA												
Canutama	MK												
	IPTA												
Humaitá	MK												
	IPTA												
Lábrea	MK												
	IPTA												
Manicoré	MK												
	IPTA												
Novo Aripuanã	MK												
	IPTA												
Sul do Amazonas	MK												
	IPTA												

As cores vermelha, azul e cinza indicam, respectivamente, tendências negativas, positivas e ausência de tendência.

CONCLUSÕES

Em geral, os métodos tradicionais (MK e SS) e o método gráfico (IPTA) apresentaram boa convergência, embora o IPTA tenha identificado um maior número de séries com tendências significativas. Seu caráter gráfico facilita a interpretação das tendências e evidencia o potencial do IPTA como ferramenta complementar aos métodos convencionais, especialmente para a análise de dados mensais de precipitação em regiões de elevada variabilidade climática, como o sul do Amazonas. Espera-se que este trabalho constitua um ponto de partida para futuros estudos sobre o IPTA em outras regiões do Brasil, como Pernambuco, contribuindo para o avanço da temática voltadas à gestão da água para o desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa de doutorado para o primeiro autor; e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), por conceder o afastamento para qualificação e pelo incentivo à formação continuada.

REFERÊNCIAS

- ALASHAN; S.; ARRA; A. B.; ŞİŞMAN, Y. State-of-the-art visualization for innovative trend analysis. *Environmental Earth Sciences*, v. 84, p. 656, 2025.
- CHARANIA, K. M.; PATEL, J. N. Spatiotemporal trends and variability of rainfall patterns using innovative polygon trend analysis method for Shetrunji basin, India. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 32, p. 14247–14257, 2025.
- CHAVES, M. E. D.; MATAVELI, G.; CONCEIÇÃO, K. V.; ADAMI, M.; PETRONE, F. G.; SANCHES, I. D. AMACRO: the newer Amazonia deforestation hotspot and a potential setback for Brazilian agriculture. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 22, n. e1, p. 93-100, 2024.
- EŞİT, M. Investigation of innovative trend approaches (ITA with significance test and IPTA) comparing to the classical trend method of monthly and annual hydrometeorological variables: a case study of Ankara region, Turkey. *Journal of Water and Climate Change*, v. 14, n. e1, p. 305-329, 2023.
- PESSOA, J. O.; PESSOA, J. O.; FERNANDES, R. O.; COUTINHO, A. C.; PAIVA, A. L. R. Análise de Tendência Inovadora (ITA) da precipitação sazonal e anual na região sul do estado do Amazonas entre 1961 e 2022. *Caderno de Geografia*, v. 35, n. e82, p. 925-950, 2025.
- ŞEN, Z.; ŞİŞMAN, E.; DABANLI, I. Innovative polygon trend analysis (IPTA) and applications. *Journal of Hydrology*, v. 575, p. 202-210, 2019.
- XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *International Journal of Climatology*, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022.