

# Frequência de eventos secos e chuvosos na Amazônia usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI)

*Thalyta Soares dos Santos, Clóvis Angeli Sansigolo*

CPTEC, INPE, São José dos Campos, SP

e-mail: [thalyta.soares@cptec.inpe.br](mailto:thalyta.soares@cptec.inpe.br)

**ABSTRACT:** In this work, the frequencies of dry and rainy events, in the period between 1925 and 2007, are analyzed in the scales of 1, 3, 6 and 12 months, using the Standardized Precipitation Index (SPI) in different Amazon locations that have distinct climatic characteristics: Manaus, Belém and Iauaretê. The long term trends for the SPI16 are also presented, once they are adequate for analyzing the variability between the dry and rainy seasons. A higher frequency of extreme and very extreme rainy events was observed when compared to the dry events, in all three locations and all time scales. This characteristic was enhanced for Iauaretê, place that had the largest annual total. Significant long term trends were not found for the SPI16 and only Iauaretê shows long sequences of SPI16 varying above and below the normal.

**Palavras-chave:** SPI, Amazônia, Seca, Chuva

## 1. INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é o ecossistema que apresenta a maior biodiversidade e desempenha um papel importante na hidrologia e no ciclo do carbono global. Uma análise detalhada da variabilidade das precipitações nas suas várias escalas de tempo é relevante tanto do ponto de vista hidrológico como ecológico, pois em florestas tropicais, a intensidade e a frequência de secas principalmente, são mais importantes do que os totais sazonais ou anuais. O índice de precipitação normalizada (SPI), proposto por McKee *et al.* (1993), permite quantificar os déficits e excedentes de precipitação nas diversas escalas de tempo. O SPI é simplesmente a diferença normalizada de uma média móvel das precipitações num dado período de tempo (3, 6, 12 meses) em relação à climatologia deste mesmo período. Observações indicam que o SPI decresceu no sudeste da Amazônia no período de 1970 a 1999 por 0,32/decênio, indicando um aumento nas condições de seca (Li *et al.*, (2008).

Paiva e Clarke (1995) analisando as tendências temporais nos dados de precipitação da Amazônia observaram tendências negativas na Amazônia ocidental e central, e positivas no leste da Amazônia. Marengo (2009) a partir de uma análise estatística das séries hidrometeorológicas, concluiu que não há uma tendência sistemática de longo prazo para condições secas ou úmidas, desde 1920. Satyamurty *et al.* (2009) não constataram tendências significativas na Bacia Amazônica como um todo, afirmando que a precipitação na região não passa por mudanças significativas, exceto em algumas estações individuais.

O objetivo deste trabalho é avaliar as frequências de longo prazo dos SPI nas escalas de 1, 3, 6 e 12 meses, as duas últimas associadas à variabilidade entre as estações seca e chuvosa e interanual, assim como suas tendências de longo prazo na Amazônia.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Dados mensais de 3 estações meteorológicas do INMet na Amazônia, no período de 1925 a 2007, foram utilizadas para analisar as frequências de eventos secos e chuvosos de

diferentes intensidades em 4 escalas de tempo (1, 3, 6 e 12 meses), usando o SPI. As 3 localidades selecionadas, com características climáticas distintas, foram: Belém (lat. 1°27'S, lon. 48°28'W), Manaus (lat. 3°08'S, lon. 60°01'W) e Iauaretê (lat. 0°37'N, lon. 69°12'W). Distribuições gama truncadas foram ajustadas pelo método da máxima verossimilhança às séries mensais e das médias móveis de 3, 6 e 12 meses. Os SPIs para cada mês foram obtidos como os desvios normalizados pela média e desvio padrão da distribuição gama. Finalmente, estes índices foram classificados conforme Lloyd-Hughes (2002) em: quase normais ( $-1 < \text{SPI} < 1$ , com prob. de 68,3%), moderados ( $1 < |\text{SPI}| < 1,5$ , com prob. de 18,4%), severos ( $1,5 < |\text{SPI}| < 2$ , com prob. de 8,8%), extremos ( $2 < |\text{SPI}| < 3$ , com prob. de 4,3%), e muito extremos ( $|\text{SPI}| > 3$ , com  $P(x)=0,2\%$ ). As tendências lineares a longo prazo foram ajustadas por quadrados mínimos.

### 3. RESULTADOS

Na figura 1 encontram-se os histogramas de frequências dos diversos SPI para Manaus, Belém e Iauaretê. As frequências de eventos quase-normais foram, respectivamente, para os SPI1, 3, 6 e 12: 71,2; 68; 66,4 e 64,9% em Manaus, 83,7; 81,2; 73,4 e 70,93% em Belém e 70,2; 70,1; 69,4 e 68,6% em Iauaretê, valores comparáveis (exceto para os SPI1 e SPI3 em Belém) com os esperados pela distribuição normal (68,3%), indicando um bom ajuste da distribuição gama à maioria dos casos.

As frequências percentuais de eventos secos e chuvosos, severos, extremos e muito extremos, encontram-se na tabela 1. Nota-se em todas as escalas de tempo, uma maior frequência de eventos chuvosos extremos e muito extremos em relação aos secos, principalmente em Iauaretê, localidade com o maior total anual (3490 mm), seguido de Belém (2900mm) e Manaus (2160mm).

Tabela 1. Frequências percentuais de eventos secos e chuvosos, severos, extremos e muito extremos em Manaus, Belém e Iauaretê (1925-2007).

		Eventos Secos			Eventos Chuvosos		
		Severos	Extremos	Muito Extremos	Severos	Extremos	Muito Extremos
MANAUS	SPI1	2,4	0,1	0,1	3,9	2,1	1,3
	SPI3	4,0	1,0	0	5,1	1,8	0,6
	SPI6	5,2	1,0	0	4,9	1,2	0,6
	SPI12	3,9	1,8	0	4,6	0,3	0,8
BELÉM	SPI1	1,8	0	0,1	2,1	1,2	0,7
	SPI3	1,6	0,9	0	1,7	0,8	0,7
	SPI6	3,2	0,6	0	3,2	0,4	0,5
	SPI12	2,9	0,3	0	1,8	0,6	0,9
IAUARETÊ	SPI1	2,5	0,9	0	4,5	2,7	1,0
	SPI3	3,3	0,8	0,2	5,2	1,3	1,5
	SPI6	5,6	0,5	0,3	3,5	2,5	1,2
	SPI12	3,6	1,1	0,5	4,0	2,5	1,4

Na figura 2 encontram-se as séries temporais do SPI6 para as 3 localidades consideradas. Também são mostradas nestas figuras as tendências lineares das séries assim com as médias móveis de 60 meses. As 3 séries não apresentaram tendências lineares significativas. Apenas Iauaretê (C) mostra seqüências longas de SPI6 (definidas pelas médias móveis de 5 anos) abaixo, acima e novamente abaixo das normais, respectivamente, entre 1925 e 1943, 1943 e 1980 e 1980 e 2001. As maiores secas semestrais no período de 1925 a 2007 foram observadas em Manaus em dezembro de 1958 ( $\text{SPI6}=-2,4$ ), em Belém, em

dezembro de 1966 (SPI6=-2,6) e em Iauaretê, em novembro de 1990 (SPI6=-2,8), Já os maiores excedentes, com valores absolutos muito superiores aos das secas, foram observadas em Manaus em agosto de 1988 (SPI6=3,3), em Belém, em dezembro de 1962 (SPI6=5,1) e em Iauaretê em junho de 1970 (SPI6=5,1). Nota-se também na figura 2, que Belém apresenta flutuações de menor amplitude e mais rápidas dos SPI6 em relação às outras duas localidades.

#### 4. CONCLUSÕES

O SPI é o índice mais adequado para quantificar, para fins climatológicos e hidrológicos, as frequências de eventos secos e chuvosos nas suas diversas escalas de tempo e intensidades.

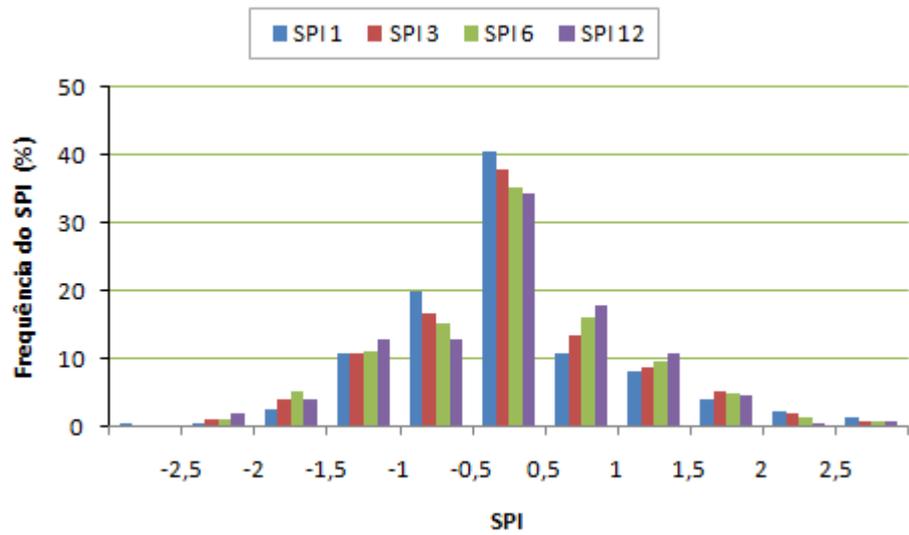
Em todas as escalas de tempo, as frequências de eventos chuvosos extremos e muito extremos foram superiores à dos eventos secos, principalmente em Iauaretê.

As 3 séries não apresentaram tendências lineares de longo prazo significativas. Apenas Iauaretê mostra seqüências longas de SPI6 se alternando abaixo e acima das normais.

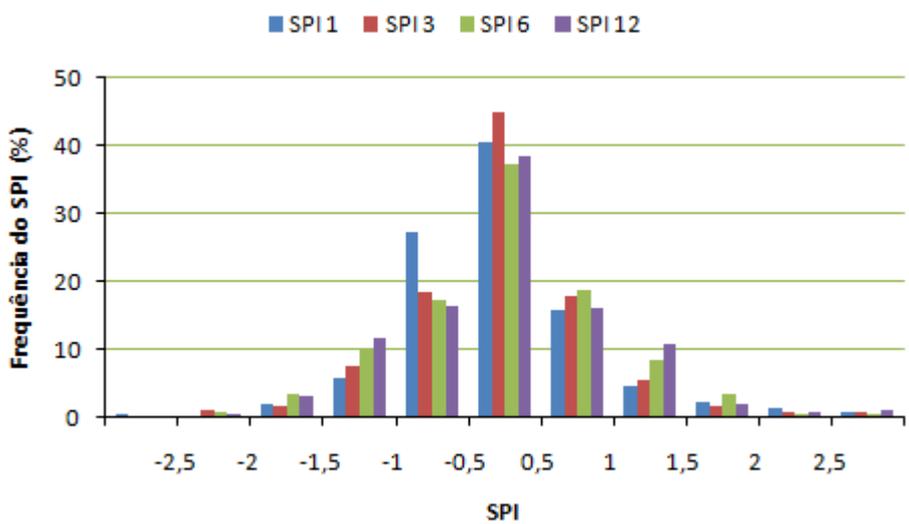
#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HAYES, M. J., SVOBODA, M.D., WILHITE, D.A. e VANYARKHO, O.V. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* n.80, v.3, p.429-438, 1999.
- LI, W.; FU, R.; JUAREZ, N. e FERNANDES, K. Observed change of the standardized precipitation index, its potential cause and implications to future climate change in the Amazon region. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v.363, p. 1767-1772, 2008.
- LLOYD-HUGHES, B e SAUNDERS, M. A. A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, v. 22, p. 1571-1592, 2002.
- MARENGO, J. A. Long-term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s. *Hydrological Processes*, n. 23, p. 3236-3244, 2009.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: 8<sup>th</sup> AMS CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY, Anaheim, CA, **Preprints ...** Boston, p.179-184, 1993.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In: 9<sup>th</sup> AMS CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY, Dallas, TX, **Preprints ...** Boston, p. 233-236, 1995.
- PAIVA, E. M. C. D.; CLARKE, R. Time trends in rainfall records in Amazonia. *Bulletin of the American Meteorological Society*, n. 75, p. 579-583, 1995.
- SATYAMURTY, P.; CASTRO, A. A.; TOTA, J.; GULARTE, L. E. S.; MANZI, A. O. Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 99, p. 139-148, 2009.
- WILKS, D. S. Statistical methods in atmospheric sciences: An introduction, San Diego, Academic Press, 627 p., 1995.

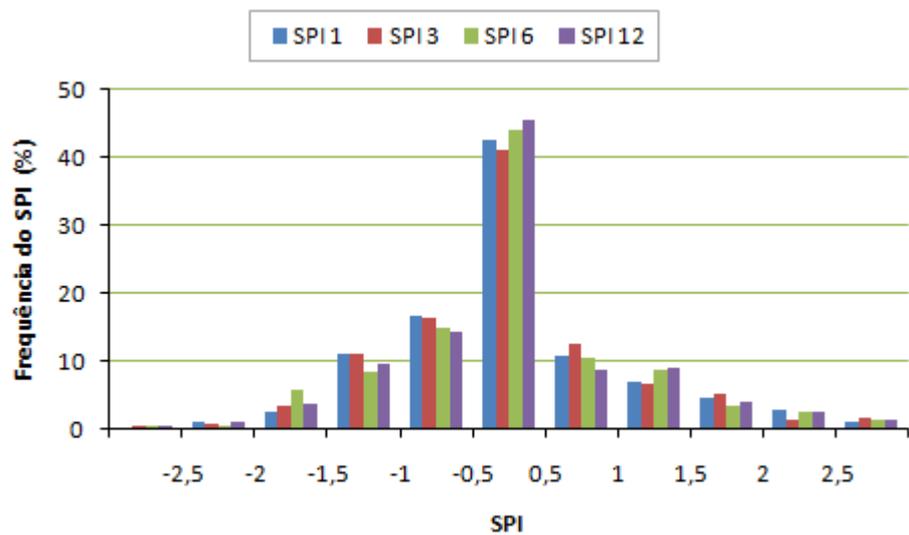
**AGRADECIMENTOS:** A CAPES pela bolsa de mestrado no Curso de Meteorologia do INPE.



A

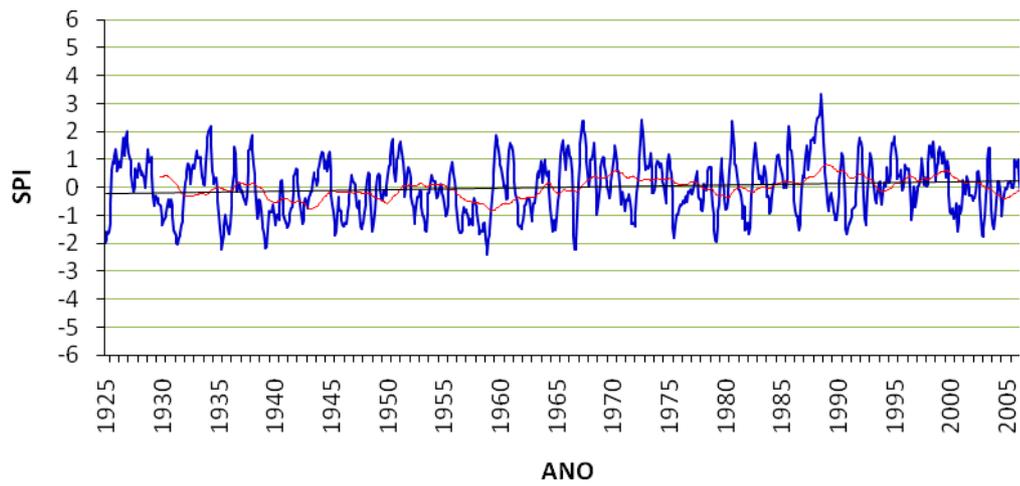


B

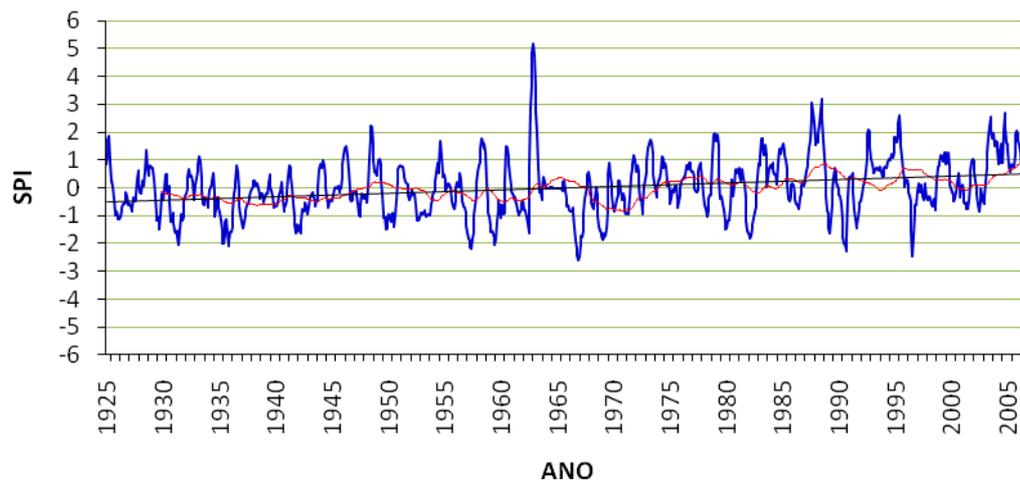


C

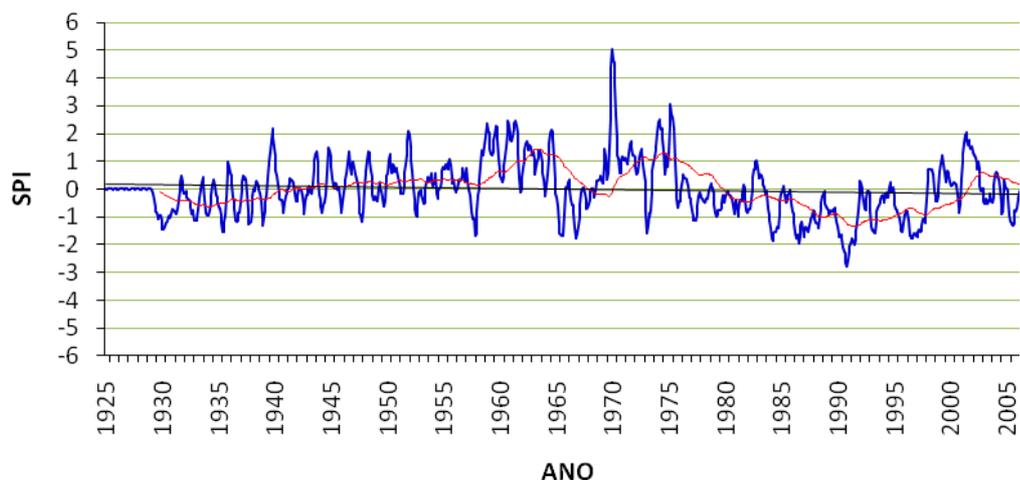
Figura 1. Distribuições de frequência dos diferentes SPI para secas (SPI negativos) e de chuvas (SPI positivos) em Manaus (A), Belém (B) e Iauaretê (C).



**A**



**B**



**C**

Figura 2. Séries temporais dos SPI6 e suas tendências lineares e médias móveis de 60 meses para Manaus (A), Belém (B) e Iauaretê (C).