

ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER PARA A REGIÃO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

PALMER DROUGHT SEVERITY INDEX FOR WESTERN SÃO PAULO STATE, BRAZIL

Rosa Maria Nascimento dos Santos¹ e Antonio Roberto Pereira²

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo utilizar a metodologia desenvolvida por PALMER (1965), para a identificação e classificação de períodos de seca, adaptando-a às condições climáticas do Estado de São Paulo. Para tanto, foram utilizados, entre 24 e 31 anos de dados mensais de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, de nove postos de coleta nas regiões oeste e sudoeste do Estado: Adamantina, Alfredo Marcondes, Major Prado (Araçatuba), Água Limpa (Araçatuba), Auriflama, Pontal (Teodoro Sampaio), Presidente Prudente, Salto Grande e, Votuporanga. O Índice de Severidade de Seca de Palmer - PDSI (X_i), é baseado nos princípios do balanço entre o suprimento e a demanda hídrica, identificando assim períodos de seca, sua duração e intensidade. A partir dos resultados do balanço hídrico, estimou-se mensalmente os parâmetros necessários para o cálculo de X_i : precipitação climaticamente apropriada para as condições existentes (P_{cafec} , mm), fator climático (K), desvio da precipitação ($d = P - P_{cafec}$) e, índice de anomalia de umidade (z). As secas foram classificadas de acordo com o valor obtido para X_i : $-1 \leq X_i < -2$ - seca suave (ss), $-2 \leq X_i < -3$ - seca moderada (sm), $-3 \leq X_i < -4$ - seca severa (sse), e $X_i \leq -4$ - seca extrema (se). Considerou-se uma seca estabelecida sempre que $X_i = -1$; e o período seco estava terminado quando $z \leq z_e$ (umidade requerida para reduzir a severidade de uma seca a índices considerados normais, isto é, $X_i = -0,50$). Foram considerados secos os períodos que apresentaram duração igual, ou maior que 4 meses. O método identificou 69 eventos, dentre os quais, aqueles com 5 meses de duração, ocorreram com maior frequência. Os meses mais secos na região foram agosto e setembro, e os menos secos novembro e dezembro. As secas suaves e moderadas, concentraram-se entre os meses de abril e setembro, ocorrendo com maior frequência em agosto. As secas severas e extremas ocorreram com menor frequência e estiveram concentradas em janeiro e fevereiro. A localidade que apresentou a maior frequência

de secas foi Adamantina e a de menor frequência foi Salto Grande. Os anos que apresentaram a maior incidência de secas severas e extremas foram 1979, 1992 e 1996, durante os quais, foram identificadas secas em quase todos os postos de observação.

Palavras-chave: períodos de seca, balanço hídrico, deficiência hídrica, índice de severidade de seca

SUMMARY

The objective of this study was to apply the methodology developed by Palmer (1965), for the identification and classification of drought periods, for the climatic conditions of State of the São Paulo. For this, it was used, from 24 to 31 years of air temperature and rainfall monthly data, from nine sites in West and Southwest regions of the State of São Paulo: Adamantina, Alfredo Marcondes, Major Prado (Araçatuba), Água Limpa (Araçatuba), Auriflama, Pontal (Teodoro Sampaio), Presidente Prudente, Salto Grande and Votuporanga. The Palmer Drought Severity Index - PDSI (X_i), is based on the budget between the supply and the demand of water, using large series of data to identify the drought periods, the duration and intensity. From the water balance results, it was estimated the necessary parameters for the calculation of the monthly X_i : the rainfall climatically adapted for the existent conditions (P_{cafec} , mm), the climatic factor (K), rainfall deviation ($d = P - P_{cafec}$), and index of humidity anomaly (z). The droughts were classified in agreement with the value obtained for X_i : $-1 \leq X_i < -2$ - mild drought, $-2 \leq X_i < -3$ - moderate drought, $-3 \leq X_i < -4$ - severe drought, and $X_i \leq -4$ - extreme drought. It was considered an established drought whenever $X_i = -1$; and the dry period was finished when $z \geq z_e$ (moisture requested to reduce the severity of drought spells to indices considered normal, so that, to X_i will be equal to -0.50). The periods with duration equal to or larger than 4 months were considered dry. The method

¹Meteorologista, M.Sc. em Agrometeorologia - Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP - CEP 13418-900 Piracicaba-SP - e-mail:rosa_sto@yahoo.com

²Professor Associado - Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP.

identified 69 drought events, with the 5 months period of duration being the most frequent. The driest months in the region were August and September, and the less dry months were November and December. The mild and moderate drought spells were concentrated between April and September, with the largest frequency occurring in August. The severe and extreme droughts happened with smaller frequency and were concentrated in January and February. The place that presented the largest drought frequency was Adamantina, and the one with the smaller frequency was Salto Grande. The years that presented the largest incidence of severe and extreme droughts, in which the with drought spells identified in almost all places, were 1979, 1992 and 1996.

Key words: drought spells, water balance, water deficit, drought severity index.

INTRODUÇÃO

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define seca como “deficiência contínua e extensa na precipitação” (FARAGO et al., 1989), ou seja, as secas estão relacionadas com deficiências de precipitação, em períodos extensos, durante uma ou mais estações do ano. A maioria dos estudos de caracterização de secas está baseada na demanda e suprimento de água do solo, por meio de métodos climatológicos de cálculo do balanço hídrico. VAN BAVEL (1953), utilizando o método do balanço hídrico estudou a probabilidade de ocorrência de dias secos para uma cultura de fumo, assumindo como dia seco aquele em que o excedente de água era nulo.

Na tentativa de criar um sistema eficaz de monitoramento de secas, PALMER (1965) definiu período seco como um intervalo de tempo - geralmente da ordem de meses ou anos de duração - durante o qual o suprimento de água é menor que o climaticamente esperado, ou apropriado; e, a partir dessa definição, desenvolveu um Índice de Severidade de Seca denominado Palmer Drought Severity Index - PDSI, que se baseia nos princípios do balanço entre o suprimento e a demanda hídrica, utilizando longas séries de dados mensais de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica, para identificar períodos de seca (e períodos úmidos), sua duração e intensidade. Desde então, o índice de severidade de Palmer vem sendo utilizado por pesquisadores dos mais diversos campos de atuação, para tentar solucionar dois dos principais problemas para aqueles que desenvolvem trabalhos com monitoramento de secas: sua intensidade e seu período de duração - mais especificamente, início e fim de um período (FELCH, 1978; KARL & QUAYLE, 1981; HECHT, 1983; SCIAN & DONNARI, 1997; ASSIS et al., 1997)

O objetivo deste trabalho foi utilizar a metodologia proposta por Palmer, de uma forma simplificada, para

identificar e classificar períodos de seca, adaptando o método às condições ambientais do Estado de São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados totais mensais de precipitação e temperatura do ar (máxima, mínima e média), de nove postos meteorológicos, distribuídos na região oeste do Estado de São Paulo, entre 50° e 53°W e, 20° e 23°S (Figura 1 e Tabela 1).

O ponto de partida para os cálculos do PDSI foi o balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955), o qual foi computado para a série de dados de cada posto meteorológico, utilizando o programa computacional elaborado por BARBIERI et al. (1991) - balanço hídrico normal, e a Planilha Eletrônica desenvolvida por ROLIM & SENTELHAS³ - balanço hídrico seqüencial, ambos computados para o valor da Capacidade de Água Disponível no Solo (CAD) de 100mm. Para facilitar a utilização do método, a nível operacional, o solo não foi dividido em duas camadas, para a elaboração dos cálculos do balanço hídrico. Entretanto, o valor da CAD foi mantido, para efeito de comparação com o método original.

A partir daí, foram obtidas as variáveis que serviram de base para os cálculos do índice de severidade de seca: Evapotranspiração Potencial (ETp, mm) e Evapotranspiração Real (ETr, mm) - estimadas pelo balanço; Recarga Potencial (RP = |L|), Recarga (ou reposição) Real de água no solo (R = ALT ↔ ALT ≥ 0), Perda Potencial de água do solo (L = (P-ETp) ↔ (P-ETp) < 0), Perda Real de água do solo (B = ALT ↔ ALT < 0), Escoamento Potencial (ROP = (P-ETp) ↔ P-ETp > 0) e Escoamento Real (RO = EXC). Através desses parâmetros foram calculados os valores mensais do desvio da precipitação (d, mm) e do índice de anomalia de umidade (z). O desvio da precipitação é dado pela equação:

$$d = P - \hat{P} \quad (1)$$

em que P (mm) é a precipitação observada no período e \hat{P} (mm) a precipitação climaticamente apropriada para as condições existentes (Climatically Appropriate For Existing Conditions - CAFEC) - sendo $P_{CAFEC} = P = ET + R + B + RO$ e ET, R, B e RO, são os valores climaticamente apropriados de evapotranspiração, recarga, perda e escoamento, respectivamente. O índice de anomalia de umidade (z, em pol) é dado pela equação,

$$z = \frac{\bar{K} \cdot d}{25} \quad (2)$$

³ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. Comunicação pessoal, 1997.

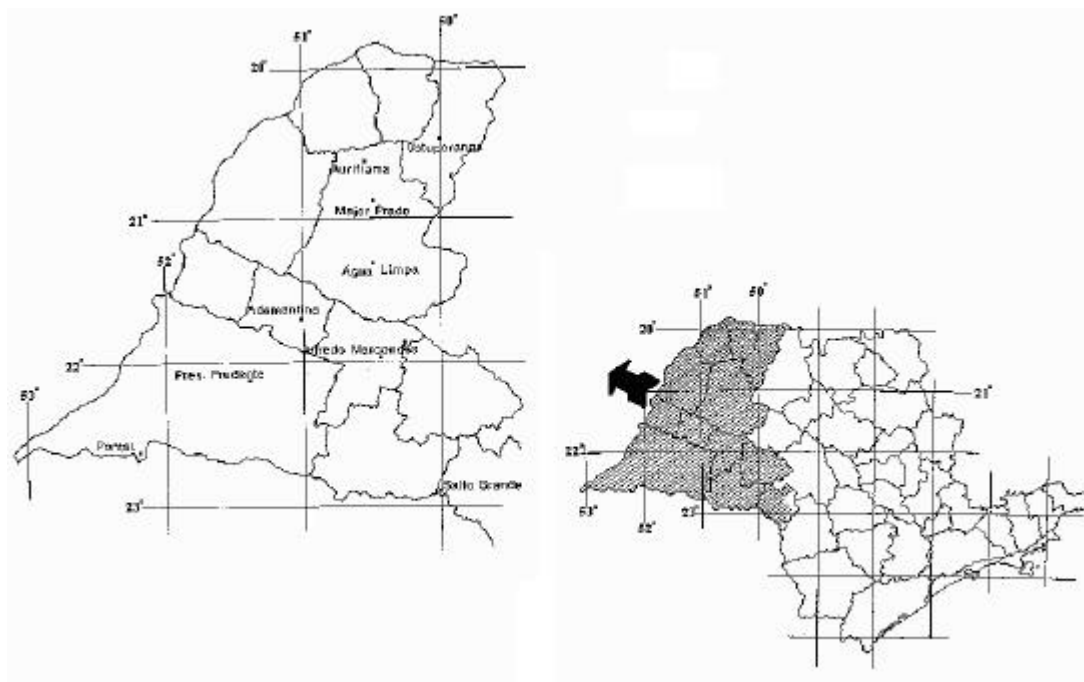


Figura 1. Distribuição dos postos meteorológicos na área de estudo (oeste do Estado de São Paulo)

em que \bar{K} é o Fator de Ajuste Climático médio mensal, dado por:

$$\bar{K}_j = 1,5 \cdot \log \left(\frac{k_j + 2,8}{\bar{D}_j} \right) + 0,50 \quad (3)$$

sendo a \bar{D}_j média dos valores absolutos de d para o mês j e k_j dado por:

$$k_j = \frac{\overline{ETp}_j + \overline{R}_j + \overline{RO}_j}{(\overline{P}_j + \overline{B}_j)} \quad (4)$$

O PDSI é representado pelo valor do fator de duração X_i , que é o parâmetro responsável pela determinação do grau de severidade do período de seca.

A equação que determina o valor de X_i a cada mês, foi deduzida a partir dos intervalos mais secos. Foram identificados intervalos iguais ou maiores que quatro meses contínuos, que apresentavam índices z negativos; efetuando-se a regressão linear entre a média da soma acumulada de z, nesses intervalos, e seus respectivos períodos de duração, em número de meses, chegou-se a equação representativa do índice X_i :

$$X_i = \frac{z_i}{5,737} + 0,56 X_{i-1} \quad (5)$$

Considerou-se que uma seca estava estabelecida, ou definitivamente iniciada, sempre que o índice X atingisse um valor menor ou igual a -1,00 ($X \leq -1,00$). O período de seca foi considerado encerrado sempre que o índice de anomalia de umidade z fos-

Tabela 1. Postos Meteorológicos na área de estudo (região oeste do Estado de São Paulo).

Posto	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Orgão	Período de observação	Série (anos)
Adamantina	21°41'	51°05'	440	DAEE	Jan/60 - Dez/96	31
Alfredo Marcondes	21°57'	51°25'	440	DAEE	Jan/61 - Dez/96	30
Major Prado (Araçatuba)	20°52'	50°29'	415	DAEE	Jan/70 - Dez/96	27
Água Limpa (Araçatuba)	21°20'	50°31'	410	DAEE	Jan/70 - Dez/96	27
Auriflama	20°42'	50°33'	450	DAEE	Jan/71 - Dez/96	26
Pontal (Teodoro Sampaio)	22°37'	52°10'	255	DAEE	Jan/76 - Dez/96	21
Presidente. Prudente	22°07'	51°23'	436	INMET	Jan/61 - Dez/96	30
Salto Grande	22°54'	50°00'	400	DAEE	Jan/73 - Dez/96	24
Votuporanga	20°26'	49°59'	510	DAEE	Jan/73 - Dez/96	24

(*) DAEE - Depto. de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo; INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

se maior ou igual ao valor de z_e ($z \geq z_e$). Sendo z_e definido como a umidade necessária para reduzir a severidade de uma seca até o valor de $-0,50$, em um dado mês e descrito na forma:

$$z_e = -2,869 - 3,213 \cdot X_{i-1} \quad (6)$$

Após os cálculos de X_{i-1} , observados os critérios que condicionam o fim e o início de uma seca e identificados os períodos de ocorrência desses eventos, os índices foram agrupados conforme a tabela desenvolvida por PALMER (1965), que classifica os eventos de seca de acordo com os valores de X_i associados a cada classe de seca (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação de Palmer para períodos secos.

X_i	Classe
0,49 a -0,49	aproximadamente normal - n
-0,50 a -0,99	seca incipiente - si
-1,00 a -1,99	seca suave = ss
-2,00 a -2,99	seca moderada - sm
-3,00 a -3,99	seca severa - sse
$\leq -4,00$	seca extrema - se

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Deve-se esclarecer que, as localidades utilizadas neste trabalho, estão sendo representadas por ocorrência de precipitação em poucos pontos de coleta. Admite-se, portanto que, tais pontos sejam representativos de uma grande área o que, no caso da precipitação, por sua natureza descontínua, pode não ser verdade. A Tabela 3 mostra para toda a região, e dentro do período analisado, a frequência de meses com seca, ou seja, meses que apresentaram valores de $X < -1,00$. Os meses mais secos foram agosto e setembro, com uma frequência relativa média de 26% e 22% dos eventos, respectivamente. Os meses menos secos foram novembro e dezembro, com 5% e 4% dos eventos. Adamantina foi a localidade com a maior frequência de meses com seca, com um total de 39% dos meses

secos, enquanto que Salto Grande apresentou apenas 4% dos meses com seca.

Esses resultados são coerentes, quando relacionados com aqueles obtidos para a deficiência hídrica (DEF) estimada pelo balanço hídrico para a região (Tabela 4). Os meses que mais apresentaram deficiência hídrica foram, junho, julho, agosto e setembro, com uma média de 67%, 78%, 83% e 67% dos eventos, respectivamente. Dezembro, janeiro e fevereiro, com 26%, 27% e 38%, apresentaram a menor frequência de DEF. As localidades que obtiveram as maiores frequências de meses com DEF foram Água Limpa, Alfredo Marcondes, Adamantina e Votuporanga, com frequência média entre 57% e 58% de meses secos. As menores frequências de meses secos ocorreram em Salto Grande e Pontal, com média de 47% e 49% dos eventos, respectivamente. Vale ressaltar aqui que, obviamente, a frequência de meses com deficiência hídrica é maior que a quantidade de meses que aparecem com índice $X \leq -1,00$. Isso porque o método considera como mês seco aquele em que $d < 0$, isto é, aquele em que a precipitação estimada é maior que a precipitação observada, P ; portanto, um mês que apresente deficiência hídrica não significa, necessariamente, que há uma seca estabelecida. Tal fato é decorrente do caráter acumulativo do PDSI (ALLEY, 1984, HEDDINGHAUS & SABOL, 1991).

Quando se especifica a classe de seca, a distribuição de frequência com a qual elas ocorrem tende a se alterar. A Figura 2 ilustra a variação mensal e anual do PDSI (X), na região. Percebe-se que os períodos de ocorrência de secas suaves e/ou moderadas estiveram concentrados entre os meses de abril e setembro, ocorrendo com maior frequência em agosto, normalmente mais seco. No entanto, as secas severas e/ou extremas concentraram-se em janeiro e fevereiro, no auge da estação chuvosa na região, conforme verificado por vários autores (SCHRÖDER, 1956; MONTEIRO, 1973; SANT'ANNA NETO, 1996). Adamantina foi a localidade onde se verificou a maior frequência de secas, tanto suaves e moderadas, como severas e extremas. Foram identificados 69 eventos de seca, com duração entre quatro e 11 meses. Períodos com cinco meses contínuos de seca ocorreram mais

Tabela 3. Frequência relativa (%) de meses com seca, de qualquer intensidade ($X_i < -1,00$), para os diferentes pontos selecionados no Estado de São Paulo

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Auriflama	19	35	23	15	23	19	12	8	15	8	4	8	16
Major Prado	11	22	26	26	19	11	4	7	15	7	4	7	13
Água Limpa	15	26	26	19	19	11	7	0	7	0	0	7	11
Alfredo Marcondes	17	3	3	14	14	8	11	42	28	8	6	0	13
Adamantina	24	54	54	73	51	30	41	65	41	19	5	5	39
Pontal	24	38	19	14	10	5	5	0	0	0	0	0	10
Presidente Prudente	8	3	6	8	17	6	3	25	25	8	8	3	10
Salto Grande	8	8	8	4	0	0	0	0	4	0	8	4	4
Votuporanga	8	0	0	0	4	33	83	92	67	13	8	0	26
Média	15	21	18	19	17	14	18	26	22	7	5	4	16

Tabela 4. Frequência relativa (%) de meses com Deficiência Hídrica (DEF), para os diferentes pontos selecionados no Estado de São Paulo

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Auriflama	23	27	31	62	50	81	92	88	73	64	28	19	53
Major Prado	11	26	44	63	59	81	85	93	78	59	30	19	54
Água Limpa	19	30	41	70	59	78	85	89	70	63	67	26	58
Alfredo Marcondes	36	28	61	75	50	67	75	81	72	53	57	36	58
Adamantina	27	30	51	78	59	65	76	92	76	51	49	27	57
Pontal	48	67	52	48	29	43	62	62	43	52	48	33	49
Presidente Prudente	31	44	53	72	39	61	69	75	64	44	53	36	53
Salto Grande	29	38	42	50	38	42	63	75	54	46	54	33	47
Votuporanga	17	50	33	58	63	83	96	92	75	71	50	8	58
Média	27	38	45	64	49	67	78	83	67	56	48	26	54

freqüentemente, totalizando 17 eventos. Períodos mais longos foram menos freqüentes. De modo geral, pode-se afirmar que a região oeste do Estado de São Paulo é submetida a períodos de seca que, dependendo da duração, podem ocorrer a cada um e seis anos, aproximadamente (Figura 3).

A seca de maior intensidade ocorreu em Major Prado (Araçatuba/SP), com índice $X_1 = -28,26$ e, a mais longa ocorreu em Adamantina, com 11 meses de duração, embora tenha apresentado X_1 de apenas -1,82 (Tabela 5).

O Balanço Hídrico mostrou que para a região, ocorreu deficiência hídrica na maioria dos meses das séries analisadas. As menores deficiências ocorre-

ram entre dezembro e março, com o valor médio mínimo de 5mm, em janeiro; as maiores deficiências ocorreram entre junho e novembro, com valor médio máximo de 32mm/mês, em agosto - mês com maior suscetibilidade a períodos de estiagem, naquela região, segundo MARIANO et al. (1997). As diferenças negativas entre as precipitações observada e estimada ($d = P - P_{cafec}$), coincidiram com os meses de maior deficiência hídrica. Ou seja, P_{cafec} foi maior que P , nos meses em que a deficiência hídrica média foi maior ou igual a 10mm (Figura 4). Tanto a precipitação observada, quanto a estimada, apresentaram seus valores mais elevados durante os meses de dezembro a março. Isso pode explicar porque em alguns destes meses, mesmo sem haver deficiência hídrica, o PDSI apresentou valores elevados; durante estes meses, quando a precipitação observada fica abaixo da normal climática para a região, o desvio de precipitação ($d = P - \hat{P}$) torna-se negativo e bastante acentuado, influenciando diretamente os valores de X_1 .

Essa influência se faz notar também, quando se considera a variação espacial desses parâmetros. Observou-se que, nas regiões de Araçatuba (que abrange os postos de Auriflama, Major Prado e Água Limpa) e Alfredo Marcondes, por exemplo, onde a precipita-

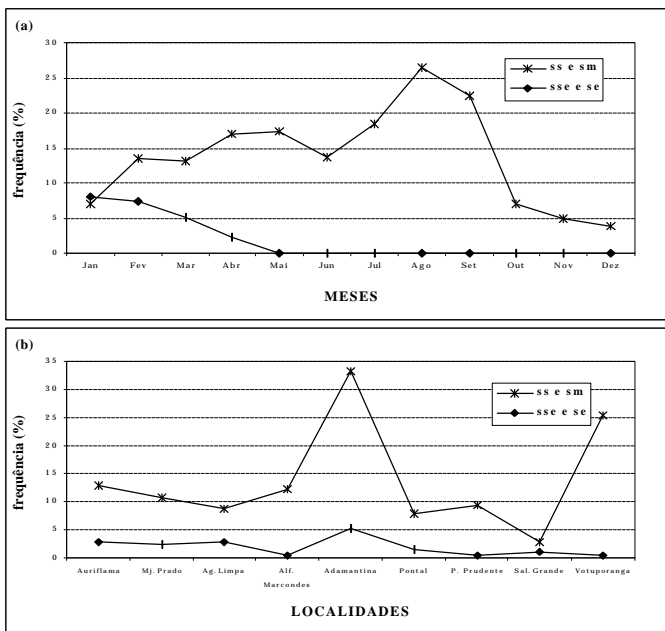


Figura 2. (a) Frequência média mensal de secas suave (ss) e moderada (sm), severa (sse) e extrema (se); (b) Frequência média anual de meses com seca suave (ss), moderada (sm), severa (sse) e extrema (se), na região estudada.

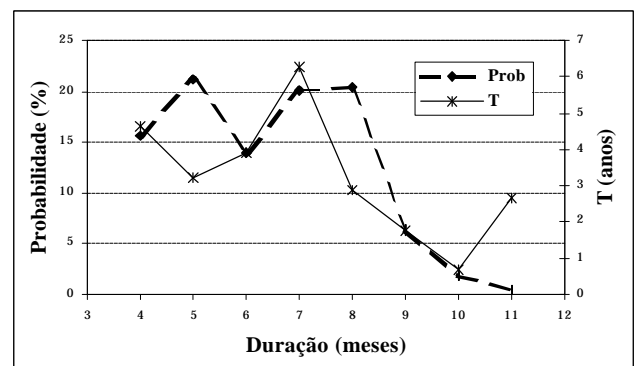


Figura 3. Probabilidade (%) e período de retorno T (anos), das secas na região.

Tabela 5. Probabilidade (%) de ocorrência de secas com, pelo menos, o número de meses indicado e, resumo dos períodos secos mais longos e de maior intensidade

Posto	Probabilidade (%) de ocorrência de secas com, pelo menos, o N° de meses indicados								Maior seca observada (duração e intensidade)						
	4	5	6	7	8	9	10	11	Período		X_i Max	$X_i \leq$			
									De	Até		- 4	- 3	- 2	- 1
Auriflama	17	33	17	17	0	17	0	0	Jan/82	Jul/82	- 25,10	4	0	0	3
									Fev/94	Out/94	- 1,94	0	0	0	6
Major Prado	17	17	17	17	33	0	0	0	Jan/96	Ago/96	- 28,26	4	0	0	4
Água Limpa	25	25	0	25	25	0	0	0	Jan/79	Jul/79	- 17,00	3	1	0	1
									Jan/96	Ago/96	- 9,82	2	1	1	3
Alfredo Marcondes	0	33	0	50	17	0	0	0	---	---	---	---	---	---	---
Adamantina	21	17	8	4	8	21	17	4	Jan/79	Ago/79	- 11,36	3	0	1	3
									Fev/88	Dez/88	- 1,82	0	0	0	9
									Jan/92	Abr/92	- 15,41	3	1	0	0
Pontal	33	0	33	33	0	0	0	0	Jan/79	Abr/79	- 4,10	1	---	1	2
Presidente Prudente	20	20	20	20	0	20	0	0	Jan/64	Set/64	- 3,10	0	1	2	2
									Jan/79	Abr/79	- 4,30	1	---	---	2
Salto Grande	0	0	0	0	100	0	0	0	Jan/84	Ago/84	- 3,75	---	2	---	1
Votuporanga	8	46	31	15	0	0	0	0	Mai/94	Nov/94	- 2,14	0	0	1	3

ção observada é, normalmente, igual ou superior à precipitação estimada, os valores do PDSI mantiveram-se sempre maiores ou iguais a zero. Enquanto que, na região de Adamantina, onde a precipitação observada foi, geralmente, menor que a estimada, o valor médio de X_i foi negativo (Figura 5).

A Figura 6 mostra a variação média anual do PDSI na área estudada. A maior parte da série de anos apresentou PDSI positivo, ou próximo de zero. Os valores médios máximos negativos de X_i ocorreram durante os anos de 1964, 1979, 1992, e 1996. De fato, durante estes anos, foram identificadas secas em quase todas as localidades.

CONCLUSÕES

- O método é coerente ao identificar períodos de seca e adapta-se, com algumas restrições, às condições climáticas do território paulista.
- Eventos de maior intensidade ocorrem com maior frequência, durante a estação chuvosa na região, isto é, entre janeiro e abril, fato que demonstra a sensibilidade do método à períodos de estiagem durante esta estação.
- Os resultados também mostram que X_i sofre maior influência do desvio da precipitação (d) que da deficiência hídrica (DEF). Ou seja, X_i acompanha melhor a variação espacial e temporal de d, do que a variação do DEF.

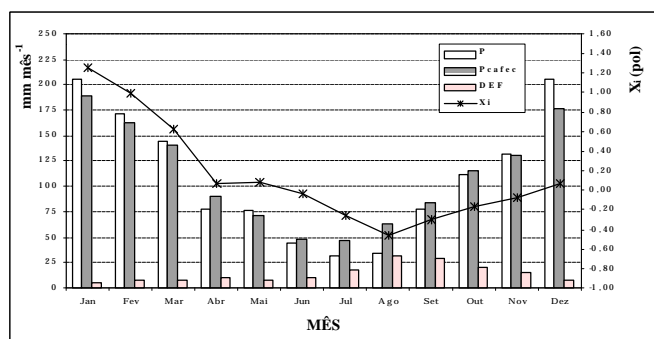


Figura 4. Variação Média Mensal de P (mm/mês), P_{cafec} (mm/mês), DEF (mm/mês) e X_i (pol), para a região Oeste Estado de São Paulo.

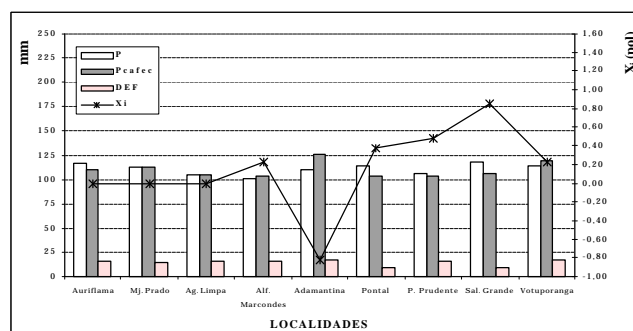


Figura 5. Variação Média Espacial de P (mm), P_{cafec} (mm), DEF (mm) e X_i (pol), para a região Oeste do Estado de São Paulo.

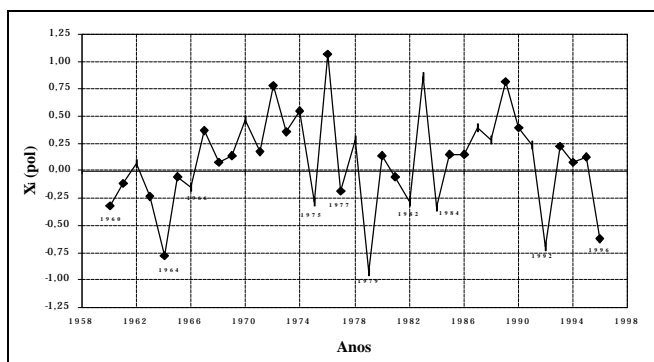


Figura 6. Variação média anual do PDSI na região Oeste do Estado de São Paulo.

- O método tende a superestimar os valores do índice, sempre que a precipitação observada é, razoavelmente, menor que a precipitação estimada, mesmo quando isso ocorre imediatamente após um período chuvoso. Isso, provavelmente, ocorre devido às simplificações realizadas no método original de Palmer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEY, W.M. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, Boston, v. 23, n. 7, p. 1100-1109, 1984.
- ASSIS, F.N., MARTINS, S.R., MENDEZ, M.E.G. Índice de severidade da seca de Palmer no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, PIRACICABA. **Anais...**, Piracicaba : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. 759 p. p.383-85.
- BARBIERI, V., TUON, R.L., ANGELOCCI, L.R. Programa para microcomputador do balanço hídrico (Thorntwaite e Mather, 1955) para dados mensais e decendiais, normais e seqüências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1991, 7., Viçosa. **Resumos...**, Viçosa : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991. 314 p. p. 297-299.
- FARAGO, T., KOZMA, E., NEMES, C. Drought indices in meteorology. **Idojaras**, Budapest, v. 93, p. 9-17. 1989.
- FELCH, R.E. Drought: characteristics and assessment. In: AMER. ASSOC. ADV. SCI. SELECTED SYMP.
- North American Droughts**. Westview Press, v. 15, p. 25-42, 1978.
- HECHT, A.D. Drought in the Great Plains: history of societal response. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, Boston, v. 22, p. 51-56. 1983.
- HEDDINGHAUS, T.R., SABOL, P. A review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here? In: CONF. ON APPLIED CLIMATOLOGY, 7., Boston, 1991, **Proc. ...**, Boston : American Meteorological Society, Sep. 10-13, p. 242-246, 1991.
- KARL, T.R., QUAYLE, R.G. The 1980 summer heat wave and drought in historical perspective. **Mon. Weather Rev.**, Boston, v. 109, p. 2055-2072, 1981.
- MARIANO, Z.F., SANTOS, R.M.N., SOUSA, S.A.V. et al. Simulação de ocorrência de dias secos na região de Presidente Prudente - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. **Anais...**, Piracicaba : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. 759 p. p.113 - 115.
- MONTEIRO, C.A. DE F. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo**. Estudo em forma de atlas. São Paulo : USP/IGEO. 1973. 129 p.
- PALMER, W.C. **Meteorological Drought**. Washington, D. C. : U. S. Department of Commerce Weather Bureau, 1965. 58 p. (Research Paper, n. 45).
- SANT'ANNA NETO, J.L. Variabilidade e tendência das chuvas no Oeste Paulista. **Boletim Climatológico**. Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 44-56, 1996.
- SCIEN, B., DONNARI, M. Aplicacion del indice Z de Palmer para la Comparacion de sequias en las regiones trigueras II, IV y V sur de Argentina. In: 7ª REUNION ARGENTINA Y 1ª LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA, Buenos Aires, 1997. **Actas...**, Buenos Aires : Facultad de Agronomía - UBA, 1997.
- SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 18, p. 193-247, 1956.
- THORNTWHAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey : Drexel Institute of Technology, 104 p. 1955.
- VAN BAVEL, C.H.M. A Drought Criterion and its application in evaluating incidence and hazard. **Agronomy Journal**, Madison, v. 45, p. 167-172, 1953.