

ESTUDO DE SECA E ARIDEZ EM FORTALEZA-CE

Kamada Karuna Kumar
José Antonio Tomás da Silva
Bernardo Barbosa da Silva

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Ciências Atmosféricas
58.100 - Campina Grande-PB

R E S U M O

Resultados de um estudo de seca e aridez em Fortaleza-CE são apresentados neste trabalho. A classificação das secas é feita usando-se valores anuais do índice de aridez. Baseando-se nas variações anuais do índice de umidade, as mudanças climáticas temporárias são avaliadas. A parte final deste estudo trata da análise estatística das propriedades do índice R.

A B S T R A C T

Results of a study of droughts and aridity at Fortaleza are reported in the present paper. Classification of droughts is done using the yearly values of the aridity index. On the basis of the variations in the humidity index climatic shifts at the station are evaluated. The final part of the study deals with the statistical properties of the R index.

I N T R O D U Ç Ã O

O problema das secas no Nordeste do Brasil (NEB), no qual Fortaleza está inserido, tem sido objeto de preocupação devido aos transtornos que esse flagelo proporciona principalmente à agricultura e à pecuária.

Algumas definições de seca baseiam-se apenas em total de precipitação. Estes conceitos, no entanto, oferecem sérias limitações, sobretudo quando aplicados à regiões semi-áridas que tem como característica fundamental uma expressiva variabilidade inter e intra-anual das precipitações.

Entendendo-se que a causa fundamental das secas reside na deficiência hídrica, utiliza-se neste trabalho o índice de aridez (IA), definido pela razão entre a deficiência hídrica (DH) e a demanda hídrica (EP), para classificação de anos afetados por secas.

Em certas ocasiões ocorrem variações entre o tipo de regime de umidade de um dado ano e aquele obtido via balanço hídrico normal. Neste sentido, estudar-se-á as mudanças climáticas temporárias, em face da sua relevância na identificação das potencialidades climatológicas regionais.

Estudos já realizados consideram que as propriedades estatísticas do Índice R, que é dado pelo quociente entre a evapotranspiração real (ER) e a evapotranspiração potencial (EP), se constituem numa ferramenta valiosa na análise dos estágios de desenvolvimento das plantas, no uso eficiente de terras agricultáveis, em projetos de irrigação, entre outros, além do que o modelo Beta é apropriado para o estudo estatístico deste índice (YAO, 1969, 1974). Desta forma, analisar-se-á o comportamento estatístico do Índice R através do modelo probabilístico Beta.

M A T E R I A I S E M E T O D O S

Os dados de temperatura do ar e de precipitação para um período de 62 anos (1925-1986) e que serviram de base para a realização do presente estudo, foram cedidos pela Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste-SUDENE e Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, através do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal da Paraíba.

Esta pesquisa utiliza-se fundamentalmente das técnicas de classificação climática propostas por THORNTHWAITE & MATHER (1955) e do balanço hídrico (BH) segundo THORNTHWAITE & MATHER (1957).

Para o cálculo do BH de Fortaleza foi considerada a capacidade de armazenamento (LA) de 100mm, determinada em função do tipo de solo e vegetação mais representativos, como indicados pelo IBGE (1984).

Para a determinação do índice de aridez (IA), do índice de umidade (IU), do índice hídrico (IH) e do índice R, derivados do balanço hídrico, foram usadas as seguintes expressões:

$$IA = (DH/EP) \times 100 \quad (1)$$

$$IU = [(EH-DH)/EP] \times 100 \quad (2)$$

$$IH = (EH/EP) \times 100 \quad (3)$$

$$R = (ER/EP) \times 100 \quad (4)$$

onde DH e EH correspondem à deficiência hídrica e excesso hídrico anuais, respectivamente.

Baseando-se nos desvios anuais (DA) do IA em relação à mediana, as secas são classificadas em moderada, forte, severa e desastrosa, conforme os DAs se situem, respectivamente, entre 0 e $0,5\sigma$, $0,5\sigma$ e $1,0\sigma$, de $1,0\sigma$ a $2,0\sigma$ e acima de $2,0\sigma$, onde o desvio padrão de IA é representado por σ (SUBRAHMANYAM & SUBRAMANIAM, 1964). Por outro lado, as mudanças climáticas temporárias são estudadas com base nas variações anuais do índice de umidade.

Para a análise estatística do índice R foram utilizadas as seguintes expressões:

$$P(u) = 1/B(a,b) \int_0^u x^{(a-1)} * (1-x)^{(b-1)} dx \quad (5)$$

definida no intervalo de zero a um; sendo a e b os parâmetros do modelo e B(a,b) dada por:

$$B(a,b) = \int_0^1 v^{(a-1)} * (1-v)^{(b-1)} dv \quad (6)$$

Considerando-se que a expressão (5) não possui primitiva, efetivar-se-á a sua integração pelo método numérico denominado de regra dos trapézios. Já os parâmetros do modelo são estimados segundo a técnica estatística de máxima verossimilhança e procedimentos propostos por MIELKE (1975).

Após efetuados os cálculos das frequências teóricas obtidas com o modelo Beta e as empíricas (método de KIMBALL), procede-se a verificação do ajustamento do modelo aos dados observados utilizando-se o teste de KOLMOGOROV-SMIRNOV, com nível de significância igual a 0,20.

R E S U L T A D O S E D I S C U S S O E S

A marcha anual do BH normal de Fortaleza, mostrada na Figura 1, indica que de fevereiro a junho a precipitação foi superior a evapotranspiração potencial. Nota-se também que o excesso hídrico só ocorreu nos meses de março, abril, maio e junho, sendo que neste último o excesso hídrico foi bastante reduzido. De julho a janeiro, a evapotranspiração potencial esteve sempre superior a precipitação. Nos meses de novembro, dezembro e janeiro a evapotranspiração real (ER) igualou-se à precipitação. A deficiência hídrica (DH) nessa localidade foi marcante, visto

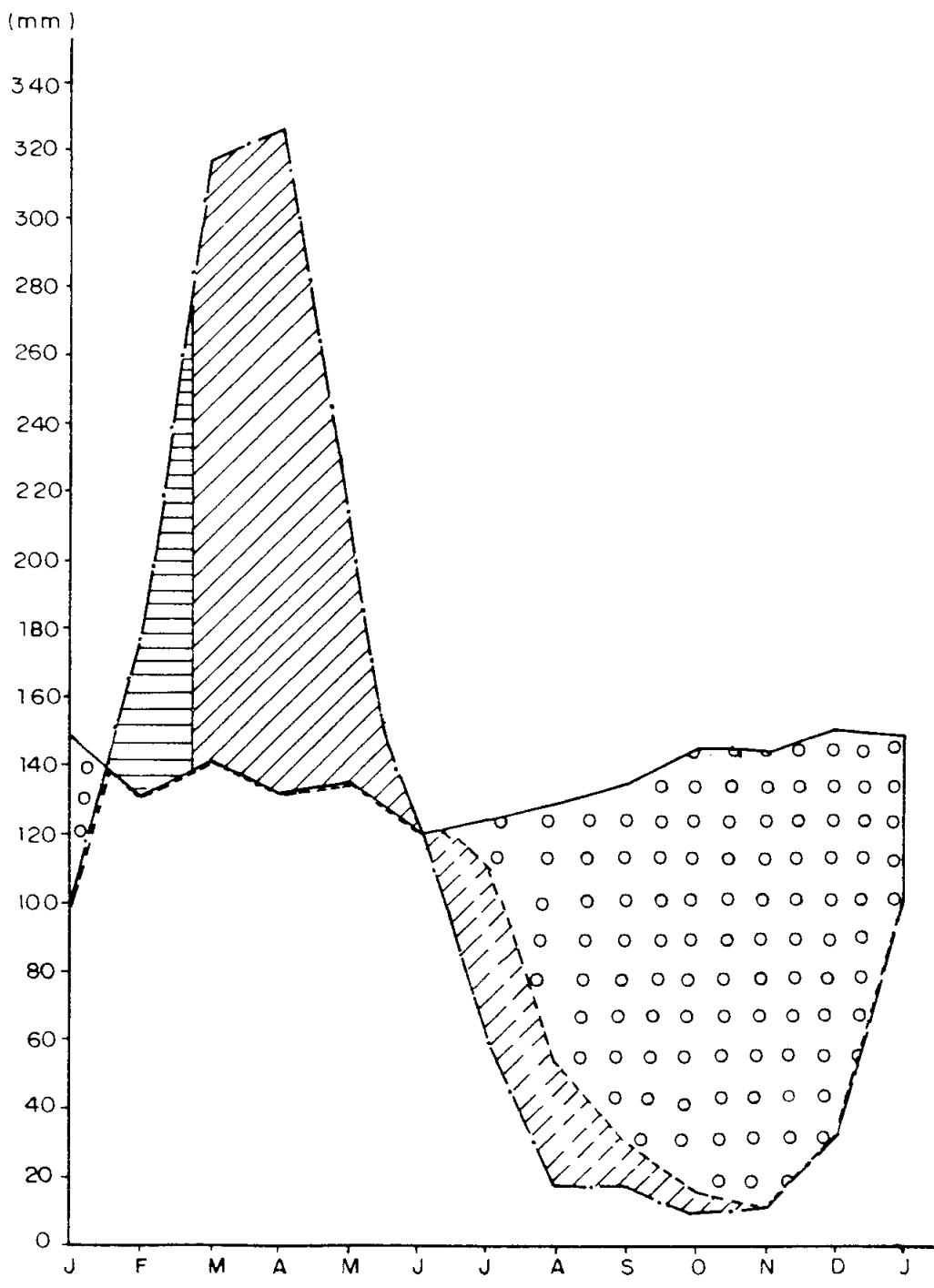
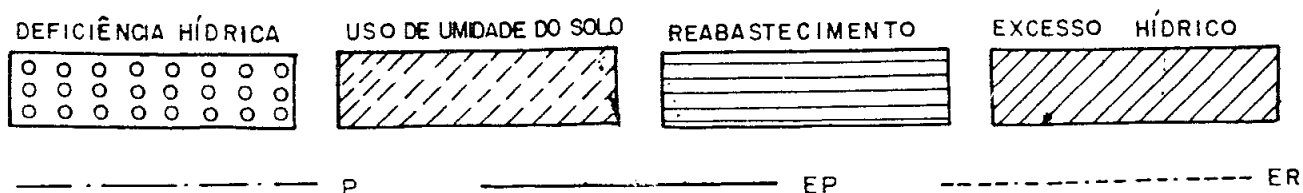


Figura 1 - Fortaleza-CE. Balanço hídrico normal.

que na maior parte do ano (de julho a janeiro) ela foi observada.

Nos 62 anos que compõem a sua série, Fortaleza, com fórmula climática $C_1A'w a'$, experimentou 32 secas, conforme mostrado na Figura 2. Tais secas distribuíram-se da seguinte forma: 15 secas moderadas, 9 fortes e 8 severas. De acordo com os dados da Tabela 1, observa-se que os anos de 1941, 1942, 1957 e 1958 foram submetidos a um mesmo tipo de seca (severa), no entanto o total anual de precipitação de 1957 foi substancialmente superior aos respectivos totais dos demais anos citados. Ademais, 1957 registrou um total anual de precipitação maior do que os de 1930 e 1936, que não enfrentaram secas de qualquer natureza.

As mudanças climáticas temporárias mostradas na Figura 3 e estudadas através dos índices anuais de umidade, revelaram 40 flutuações no regime de umidade dessa localidade, sendo que 20 dirigiram-se para situações mais úmidas e 20 para as mais áridas do que o regime estabelecido climaticamente. Um dado relevante diz respeito às mudanças climáticas temporárias, quando relacionadas com ocorrências de secas. Neste sentido, observou-se que Fortaleza não experimentou seca de nenhum tipo em 1936 que apresentou regime de umidade do tipo D (semi-árido), no entanto, 1957 que registrou seca severa teve um regime de umidade do tipo C_1 (árido sub-úmido). Estes resultados mostram que não necessariamente uma mudança climática temporária para uma situação mais árida implicaria numa ocorrência de seca.

TABELA 1 - Alguns parâmetros dos BHs normal e seriado de Fortaleza-CE

ANO	PARAMETROS								tipo de seca
	P	EP	ER	DH	EH	IA	IH	IU	
Normal	1403	1633	1008	625	396	38	24	-14	-
1930	1003	1586	849	737	154	46	10	-36	-
1936	935	1604	846	758	89	47	6	-41	-
1941	723	1734	661	1073	62	62	4	-58	severa
1942	678	1691	640	1051	38	62	2	-60	severa
1957	1160	1630	683	947	477	58	29	-29	severa
1958	670	1693	670	1023	0	60	0	-60	severa

O modelo probabilístico Beta foi aplicado às 12 séries do índice R correspondentes aos 12 meses da série de dados de Fortaleza, verificando-se que destas, 8 foram bem ajustadas ao modelo e consideradas satisfatórias ao nível de significância de 0,20. A aderência dos dados ao modelo Beta pode ser observada através da Figura 4.

Nas séries onde o modelo Beta não foi satisfatório, ocorreu uma concentração média de 79% dos dados em torno da unidade, além de valores concentrados no outro extremo (zero). Do ponto de vista prático, a inadequação do modelo Beta aos valores de R

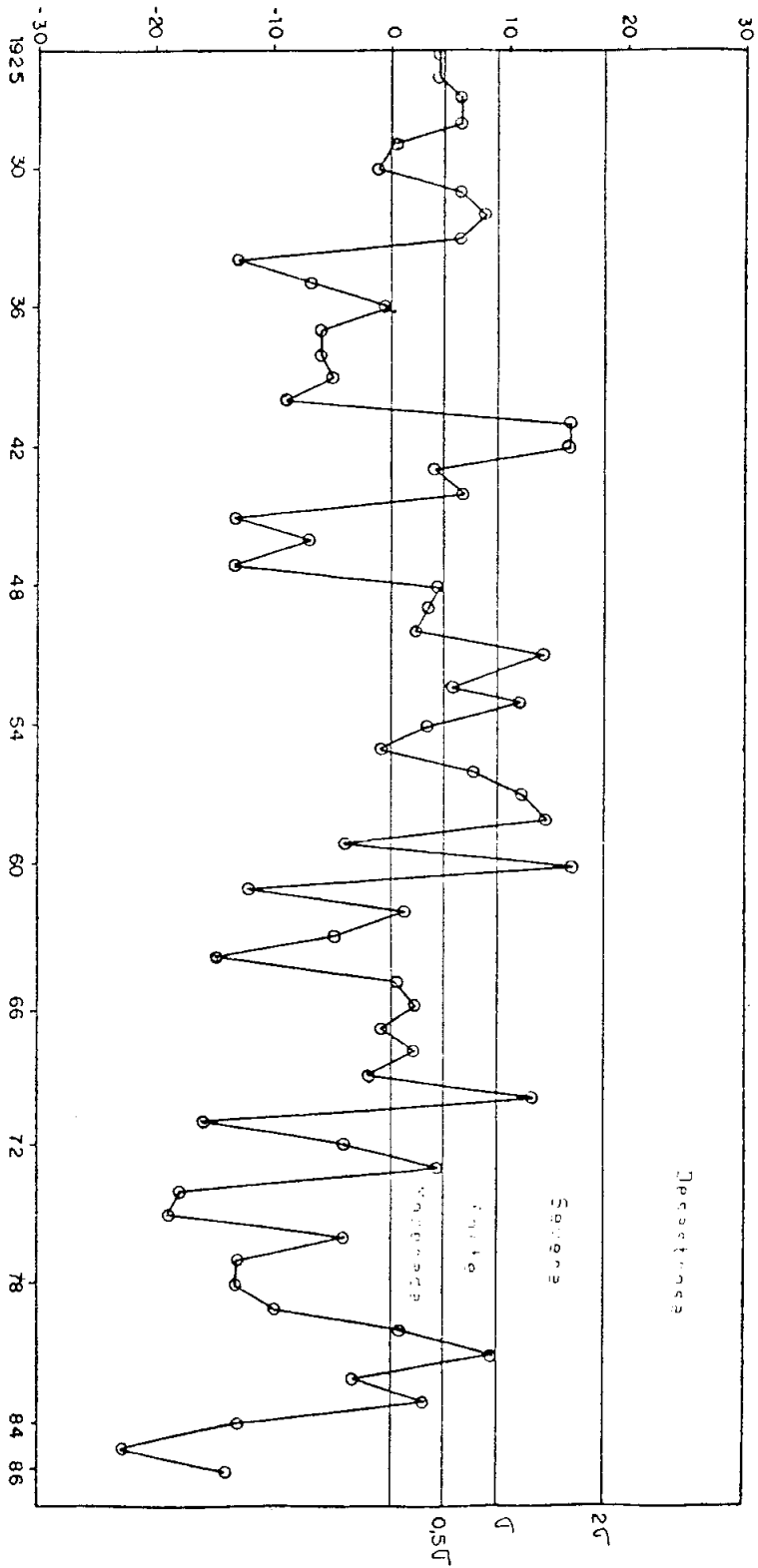


Figura 2 - Fortaleza-CE. Marcha anual do Índice de aridez.

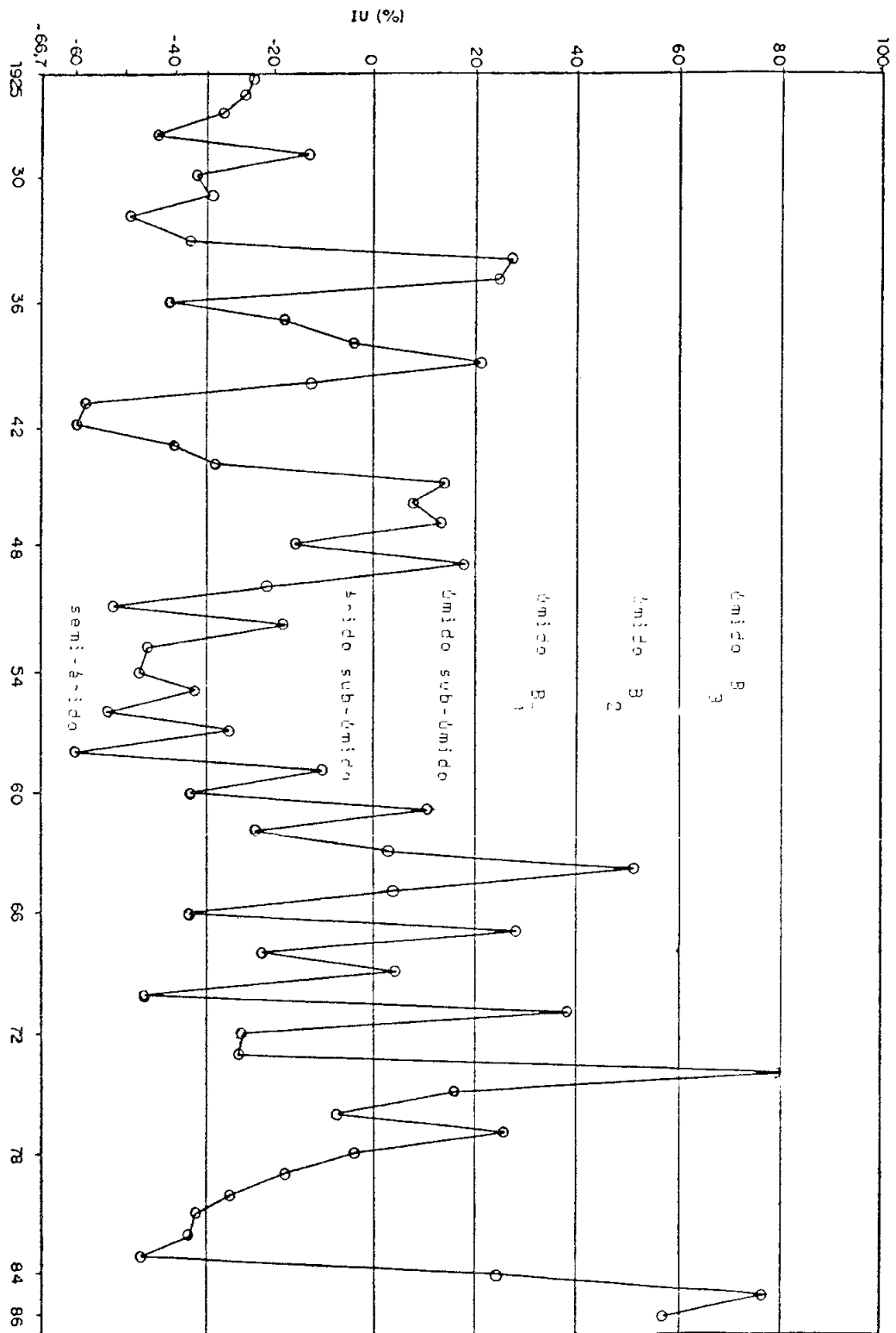


Figura 3 - Fortaleza-CE. Mudanças climáticas temporárias.

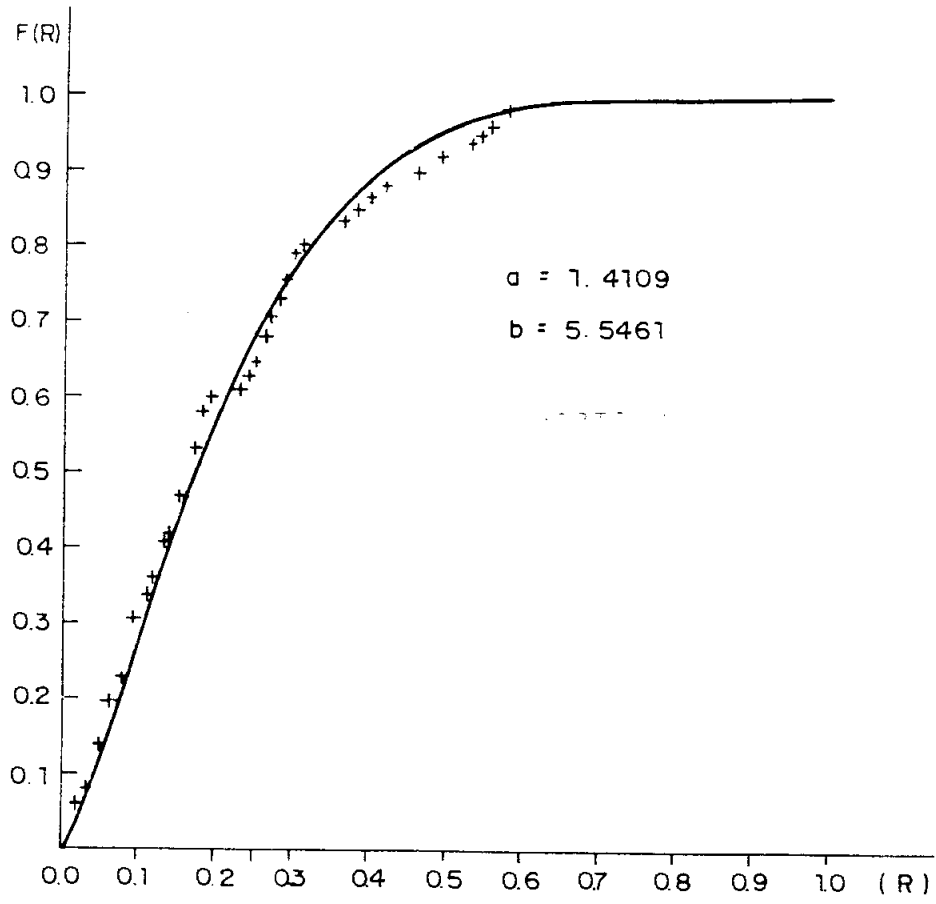


Figura 4 - Fortaleza-CE. Curva da distribuição Beta e valores obtidos pela Kimball.

próximos de 1 ou de 0, não tem a menor importância, visto que em ambas as situações as decisões a serem tomadas a respeito da necessidade de irrigação são óbvias.

Valores críticos de R para muitas culturas não são conhecidos. Como uma primeira aproximação, o valor de R para culturas pode ser considerado igual a 60% (YAO, 1974). Deste modo, e de acordo com os resultados, Fortaleza apresentou 4 meses (de março a junho) com probabilidade de excedência de R = 60% maior ou igual a 80% (Tabela 2). Com isto pode-se afirmar que Fortaleza só tem quatro meses potencialmente aptos para a prática da agricultura.

TABELA 2 - Probabilidade de Excedência de R - Fortaleza-CE

MES	Parâmetros		Método	dmax	VALORES DO INDICE R			
	a	b			0,60	0,70	0,80	0,90
JAN	0,806	0,636	M	0,11	0,49	0,41	0,31	0,20
FEV	0,784	0,244	M	0,05	0,75	0,69	0,62	0,52
MAR	-	-	K	-	0,95	0,94	0,93	0,92
ABR	-	-	K	-	1,00	1,00	0,95	0,94
MAI	10,364	0,591	X	0,04	1,00	0,99	0,96	0,82
JUN	3,623	0,556	X	0,10	0,93	0,86	0,75	0,56
JUL	1,272	0,696	X	0,08	0,60	0,50	0,38	0,24
AGO	1,264	2,391	X	0,11	0,15	0,08	0,03	0,01
SET	1,411	5,546	X	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
OUT	1,590	15,554	X	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
NOV	0,858	8,183	X	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00
DEZ	-	-	K	-	0,12	0,08	0,07	0,05

X = máxima verossimilhança, M = momentos, K = Kimball

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, análise de secas definidas exclusivamente com base em precipitação pode produzir informações vulneráveis. Constatou-se que não necessariamente existe uma correlação entre a ocorrência de uma mudança climática temporária na direção de situações mais áridas e intensidade de seca. O modelo Beta se mostrou muito adequado para representar valores mensais do índice R.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *The Geogr. Rev.* 38 (1). 1955. pp 55-94.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J.R. Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Publications in Climatology. Laboratory of Climatology, 10 (3), 1957, pp 185-311

SUBRAHMANYAM, V. P. & SUBRAMANIAM, A. R. Application of Water Balance concepts for a Climatic Study of Droughts in South India. Indian Journal of Meteorology and Geophysics, 15 (3). 1964. pp 393-402

YAO, A. Y. M. The Index R for plant Water Requirement. Agricultural Meteorology, 6, 1969. pp 259-273.

----- Agricultural Potential Estimated from the Ratio of Actual To Potential Evapotranspiration. Agricultural Meteorology, 13, 1974. pp 404-417.

MIELKE Jr. P. W. Convenient Beta Likelihood Techniques for Describing and Comparing Meteorological Data. Journal of Applied Meteorology. 1975. pp 985-990.