

**PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DIAS SEM CHUVA E CHUVOSOS EM PELOTAS-RS**

**PROBABILITIES OF THE OCCURRENCE OF DAYS WITHOUT RAIN AND WITH RAIN IN PELOTAS-RS**

Francisco Neto de Assis<sup>1</sup>

**RESUMO**

É feita uma comparação entre as distribuições de probabilidade geométrica, logarítmica e binomial negativa truncada para modelar as seqüências de dias com ou sem chuva em Pelotas-RS. Os dados analisados pertencem a uma série com 95 anos de observação. Foram determinadas as seqüências de dias com chuva (ou sem chuva) iniciadas nos 31 dias seguintes aos dias 1, 11 e 21 de cada mês e deste modo o ano foi dividido em 36 períodos. Os resultados mostraram que a distribuição binomial negativa truncada e a distribuição geométrica são adequadas para descrever tanto a ocorrência de dias chuvosos quanto a de dias sem chuva. O trabalho mostra ainda exemplo de utilização na geração de tabelas de probabilidade.

**Palavras-chave:** chuva, probabilidade, distribuição geométrica, distribuição logarítmica, distribuição binomial negativa truncada.

**SUMMARY**

The utilization of a truncated negative binomial distribution function and geometric distribution function and logarithmic distribution function to describe the occurrence of days without rain and rainy ones is analysed. Both the occurrence of days without rain and rainy ones, in terms of their sequences, for 31 days following a given date, may well be represented by both the truncated negative binomial distribution

---

<sup>1</sup>Prof. de Climatologia Agrícola da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas - Pelotas, RS. Fone/Fax: (0532) 21-5031, E-mail: FNASSIS@BRUFPEL.Bitnet.

function and geometric distribution function with its parameters adjusted to a periodic function with the first two harmonics. The study has shown example of data utilization in generation of probabilities tables.

**Key words:** rainfall, probability, geometric distribution, gamma distribution, truncated negative binomial distribution function.

## INTRODUÇÃO

Os dados de chuva de um local, tanto do ponto de vista da sua ocorrência quanto da sua quantidade, podem ser analisados mediante a obtenção das frequências observadas dos seus registros históricos ou através da elaboração de um modelo teórico. A modelagem teórica da chuva com vistas ao planejamento agrícola apresenta algumas vantagens sobre os modelos empíricos. STERN & COE (1982) bem como STERN et al (1982a; 1982b), discutem estes aspectos evidenciando o fato de que o modelo teórico apresenta a vantagem de sumarizar os dados de uma série histórica de forma bastante concisa; permitem a utilização de técnicas de simulação (LARSEN & PENSE, 1982; RICHARDSON, 1981) e, com isso, a obtenção de séries climatológicas bem maiores do que as históricas.

Em um dos trabalhos teóricos mais antigos sobre a probabilidade de chuva, NEWHAM (1916), concluiu que a probabilidade de um dia ser chuvoso está condicionada ao número de dias chuvosos precedentes. Este fato também foi observado por LAWRENCE (1954) que, em contrapartida, mostrou que este fenômeno, conhecido como persistência, para a condição de dias sem chuva diminuía com o aumento da duração do período sem chuva até um limite de cerca de 30 dias, ou, em outras palavras; se ocorre um dia sem chuva é mais provável que o próximo dia também seja sem chuva, mas uma vez que o período sem chuva exceda 30 dias, é mais provável que o próximo dia seja chuvoso. YAP (1973), concluiu que as seqüências de dias sem chuva tem mais persistência do que as de dias com chuva. Por outro lado, LONGLEY (1953) concluiu que, em cinco localidades do Canadá, dado um dia chuvoso, a probabilidade de o próximo dia também ser chuvoso é constante independentemente da persistência do período chuvoso. A mesma observação foi feita para períodos sem chuva, com exceção para o fato de que ocorria um ligeiro aumento na probabilidade do próximo dia ser sem chuva com o aumento do período sem chuva. Já GABRIEL & NEUMANN (1962) mostraram que existia uma forte persistência entre dias chuvosos consecutivos e obtiveram um bom ajuste teórico utilizando um modelo com base na cadeia de Markov de primeira ordem. WILLIAMS (1952) analisando dados de cinco localidades da Inglaterra, verificou que a distribuição de frequência de dias chuvosos e, principalmente de dias sem chuva, ajustou-se muito bem à distribuição logarítmica. COOKE (1953) concluiu que as seqüências de dias sem chuva e

chuvosos eram bem explicadas pelas distribuições geométrica e logarítmica, respectivamente. Para LONGLEY (1953) a relação entre o comprimento das seqüências de dias sem chuva ou chuvosos e o logaritmo de suas freqüências é linear. Isto significa que se um dia for chuvoso, a probabilidade de chover no dia seguinte é constante, isto é, independe do número de dias chuvosos precedentes. Tal modelo foi considerado satisfatório para modelar as seqüências de dias sem chuva (CASTRO NETO et al, 1980a) e com chuva (CASTRO NETO et al, 1980b) de Lavras-MG. Para BUIHAND (1978) a distribuição de probabilidade adequada para modelar as seqüências de dias sem chuva e com chuva é a binomial negativa truncada (DBNT). As estimativas mais simples dos parâmetros W e K da DBNT resultam dos dois primeiros momentos (média e variância). Mas, segundo SAMPFORD (1955) e BRASS (1958), essas estimativas são pouco eficientes e o método de máxima verossimilhança é melhor mas de solução muito difícil. O último autor propôs uma alternativa ao método de máxima verossimilhança que, segundo seu trabalho, apresenta uma eficiência superior 90 %. WOLF (1977) considerou satisfatório o ajuste à distribuição de probabilidade log-normal para as seqüências de dias sem chuva (dias secos para o autor) na estação chuvosa de Brasília.

O principal objetivo do presente trabalho é testar modelos para descrever a ocorrência de chuva com vistas ao planejamento das atividades dela dependentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos na Estação Agroclimatológica de Pelotas-RS (Latitude de 31°52'0'', Longitude de 52°21'24'' e Altitude de 13,24m), no período de 1895-1989. As observações de chuva em Pelotas foram iniciadas em 1883, no antigo Posto Meteorológico junto ao Liceu de Agronomia que deu origem à antiga Escola de Agronomia Eliseu Maciel na cidade de Pelotas e aí continuou até 1950. Em 1951 a Estação foi deslocada cerca de 15 Km para o atual **campus** da Universidade Federal de Pelotas. As observações no local atual foram iniciadas em setembro de 1950 e as do antigo posto encerraram-se em maio de 1952. Salvo este deslocamento do ponto de observação não houve outra interrupção na série de dados.

Admitiu-se que a precipitação diária é uma variável aleatória  $Z_t = X_t Y_t$ , onde  $X_t$  representa a ocorrência e  $Y_t$  a quantidade de chuva. Na definição de ocorrências de chuva ( $Y_t$ ) consideraram-se apenas as precipitações pluviométricas superiores ou iguais a 1,0mm. Assim,  $X_t = 1$  quando  $Y_t \geq 1,0\text{mm}$  e  $X_t = 0$ , caso contrário. Na representação de  $X_t$  foi considerado o número de seqüências de dias ( $N$ ) com ou sem chuva iniciados nos 31 dias seguintes aos dias 1, 11 e 21 de cada mês, compreendendo um total de 36 períodos no ano.

Definiu-se como seqüência ( $x$ ) de dias sem chuva o número de dias consecutivos sem chuva precedida e seguida por um ou mais dias chuvosos e de maneira análoga, definiu-se uma seqüência de dias com chuva.

Para os 36 períodos considerados, na modelagem das probabilidades de ocorrência de seqüências de dias sem chuva ou com chuva, foram utilizadas as seguintes funções de distribuição de probabilidade:

a) Geométrica

$$P(x) = Q \cdot P^{x-1} \quad (1)$$

onde  $P + Q = 1$ ;  $x = 1, 2, \dots$

b) Logarítmica (JOHNSON & KOTZ, 1972)

$$P(x) = -\text{Ln} \frac{q^x}{(1-q)^x} \quad (2)$$

$x = 1, 2, \dots$ ;  $0 < q < 1$

c) Distribuição Binomial Negativa Truncada (DBNT)

$$P(x) = \frac{W^K}{1-W^K} \cdot \frac{(K+x-1)!}{(K-1)! x!} \cdot (1-W)^x \quad (3)$$

$x = 1, 2, 3, \dots$

A estimativa dos parâmetros da distribuição geométrica foram obtidos considerando-se que a probabilidade de que uma seqüência de dias com chuva

se prolongue por  $x$  dias é

$$P(x) = [1 - P(11)]P(11)^{x-1} \quad (4)$$

e para uma seqüência de dias sem chuva é

$$P(x) = P(01)[1 - P(01)]^{x-1} \quad (5)$$

A estimativa do parâmetro ( $\theta$ ) da distribuição Logaritmica foi obtida iterativamente segundo o método de JOHNSON & KOTZ, (1972),

$$\bar{x} = \frac{\hat{q}}{(\hat{q} - 1)\text{Ln}(1 - \hat{q})} \quad (6)$$

As estimativas dos parâmetros **W** e **K** da DBNT foram feitas pelo método de BRASS (1958).

Para representar a variação estacional dos parâmetros das distribuições de probabilidades foi utilizada uma série de Fourier com dois harmônicos, na forma

$$Y_t = A_0 + A_1 \cos Wt + B_1 \text{sen} Wt + \\ + A_2 \cos 2Wt + B_2 \text{sen} Wt \quad (7)$$

onde  $Y_t$  representou quaisquer dos parâmetros,  $W = 2\pi/365$  e  $t = 15, 30, 45...$  é o valor ordenado central de cada período iniciado nos dias 1, 11 e 21 de cada mês. Os coeficientes  $A_0, A_1, A_2, B_1, B_2$  foram estimados pelo método dos mínimos quadrados.

Para avaliar o ajuste entre os valores observados e estimados pelas distribuições de probabilidade foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1979). Para testar a adequabilidade das distribuições de probabilidade para modelar as seqüências de dias sem chuva ou com chuva foram adotados os seguintes critérios: a) a série total de dados foi subdividida em duas, tendo como critério de partição o ano em que o posto de observação foi mudado de local; b) na subsérie mais antiga (1895 a 1950), denominada de série A, estimaram-se os parâmetros da distribuição de probabilidade discreta que

melhor se ajustou às seqüências de dias sem chuva ou com chuva; c) compararam-se, pelo teste de Kolmogorv-Smirnov, as probabilidades teóricas, estimadas com os parâmetros das distribuições determinada na série A, com as probabilidades empíricas, obtidas na série denominada de B (1951 a 1989). O teste assim descrito foi aplicado em apenas 12 dos 36 períodos analisados, ou seja, aqueles iniciados sempre no primeiro dia de cada mês. Tais períodos envolveram todos os valores das séries de dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se as informações mais relevantes com respeito as seqüências de dias chuvosos e sem chuva. Se observa que, as seqüências de dias sem chuva, em Pelotas, têm, em média,

**Tabela 1 - Número de seqüências no período (N) de dias com e sem chuva, número médio de dias por seqüência (x) e sua variância (s<sup>2</sup>) iniciadas nos 31 dias seguintes às datas indicadas. Pelotas, 1895-1989**

Datas	Dias com chuva			Dia sem chuva		
	N	x	s <sup>2</sup>	N	x	s <sup>2</sup>
01-Jan	462	1,7	1,341	457	4,6	15,979
11-Jan	470	1,8	1,292	456	4,7	15,385
21-Jan	472	1,8	1,255	468	4,6	15,033
01-Fev	460	1,8	1,214	478	4,4	15,761
11-Fev	455	1,7	1,235	486	4,3	15,552
21-Fev	432	1,7	1,501	460	4,7	18,410
01-Mar	451	1,7	1,554	442	4,9	18,468
11-Mar	431	1,8	1,488	434	5,1	20,234
21-Mar	415	1,8	1,273	421	5,4	25,370
01-Abr	393	1,7	1,103	404	6,1	27,681
11-Abr	387	1,7	1,131	376	6,3	27,682
21-Abr	401	1,7	1,151	372	6,0	24,450
01-Mai	393	1,8	1,289	377	5,8	23,323
11-Mai	405	1,9	1,686	397	5,6	26,086
21-Mai	406	1,9	1,693	393	5,5	25,255
01-Jun	419	1,9	1,367	410	5,1	18,759
11-Jun	419	1,9	1,367	411	5,2	20,635
21-Jun	432	1,9	1,275	424	4,9	17,562
01-Jul	431	1,9	1,142	441	5,1	19,304
11-Jul	434	1,9	1,256	438	4,9	16,937
21-Jul	427	1,9	1,358	430	5,1	17,686
01-Ago	446	1,9	1,453	443	5,0	17,742
11-Ago	450	1,9	1,368	449	4,8	15,736
21-Ago	447	1,9	1,411	452	4,9	15,907
01-Set	444	1,9	1,304	436	4,9	15,671
11-Set	443	2,0	1,821	449	5,1	19,227
21-Set	437	1,8	1,743	438	4,9	18,035
01-Out	438	1,8	1,816	449	5,1	20,742
11-Out	434	1,7	1,189	453	5,2	21,819
21-Out	437	1,7	0,990	447	5,3	24,619
01-Nov	433	1,6	0,750	429	5,3	23,644
11-Nov	446	1,6	0,865	447	5,2	19,388
21-Nov	454	1,5	0,823	460	5,1	19,743
01-Dez	446	1,6	1,070	451	4,6	16,638
11-Dez	495	1,6	1,151	488	4,6	18,246
21-Dez	508	1,7	1,440	451	4,6	16,638

quatro a cinco dias com pouca variação ao longo do ano. Com relação às seqüências de dias com chuva, os dados apresentam uma menor variação ao longo do ano do que as seqüências de dias sem chuva. A média é de 1 a 2 dias.

**Tabela 2 - Parâmetros W e K da Distribuição Binomial Negativa Truncada (DBNT), p da Geométrica e  $\theta$  e  $\alpha$  da Logarítmica estimados e aplicados a seqüências de dias com chuva e sem chuva nos 31 dias seguintes às datas indicadas e o valor do teste de Kolmogorov-Smirnov (Dmax) - Pelotas 1895-1989**

Datas	DBNT		Dist. Geom.		Dist Logarítmica			
	W	K	Dmax	p	Dmax	$\theta$	$\alpha$	Dmax
<b>com chuva</b>								
01-Jan	0,5112	0,6046	0,011	0,4081	0,020	0,6377	0,9847	0,038
01-Fev	0,6713	1,9726	0,011	0,4230	0,037	0,6509	0,9502	0,078*
01-Mar	0,5421	0,8196	0,027	0,4084	0,021	0,6425	0,9721	0,053
01-Abr	0,6988	2,1156	0,010	0,3861	0,056	0,6299	1,0058	0,075*
01-Mai	0,7105	2,6865	0,030	0,4256	0,064*	0,6647	0,9151	0,098*
01-Jun	0,5858	1,5190	0,009	0,4682	0,037	0,6977	0,8357	0,083*
01-Jul	0,8537	7,7988	0,021	0,4439	0,082*	0,6880	0,8585	0,116*
01-Ago	0,6826	2,6748	0,011	0,4723	0,049	0,7020	0,8257	0,101*
01-Set	0,7792	4,5771	0,012	0,4705	0,060*	0,6901	0,8536	0,119*
01-Out	0,5521	1,0375	0,039	0,4127	0,050	0,6656	0,9126	0,069*
01-Nov	0,8802	6,6437	0,020	0,3576	0,053	0,5721	1,1780	0,084*
01-Dez	0,6643	1,3763	0,013	0,3319	0,062*	0,5881	1,1271	0,056
<b>sem chuva</b>								
01-Jan	0,2249	1,0563	0,018	0,2096	0,021	0,9210	0,3940	0,159*
01-Fev	0,1996	0,7974	0,032	0,2096	0,039	0,9171	0,4015	0,128*
01-Mar	0,2195	1,1382	0,011	0,2030	0,020	0,9285	0,3791	0,166*
01-Abr	0,1442	0,7958	0,047	0,1680	0,039	0,9470	0,3405	0,152*
01-Mai	0,1910	1,1563	0,049	0,1667	0,035	0,9427	0,3496	0,166*
01-Jun	0,2309	1,2942	0,018	0,1923	0,025	0,9313	0,3735	0,175*
01-Jul	0,1970	0,9994	0,025	0,1985	0,027	0,9317	0,3725	0,158*
01-Ago	0,1748	0,7677	0,041	0,2049	0,040	0,9296	0,3768	0,159*
01-Set	0,2363	1,2646	0,025	0,2023	0,037	0,9281	0,3799	0,178*
01-Out	0,1818	0,8775	0,039	0,2000	0,041	0,9325	0,3710	0,150*
01-Nov	0,2076	1,1792	0,026	0,1834	0,035	0,9356	0,3646	0,176*
01-Dez	0,2206	1,0426	0,014	0,1905	0,053	0,9224	0,3913	0,151*

\* Significativo a 5%

Os parâmetros estimados das funções de distribuição de probabilidade ajustados às seqüências de dias chuvosos ou sem chuva, em 12 dos 36 períodos considerados ao longo do ano, estão indicados na Tabela 2. Naquela tabela, estão representados os valores de Dmax do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Em princípio, é evidente a superioridade da DBNT, sobre as demais funções, para representar as seqüências de dias chuvosos e sem chuva. Em nenhum período o valor de Dmax foi significativo ao nível de 5%. A função de distribuição Geométrica, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, ajustou-se bem (Dmax não significativo) a todas as seqüências de dias chuvosos e sem chuva na maioria dos períodos. Em apenas um dos períodos considerados, o iniciado em 11 de dezembro e não representado, o Dmax foi significativo. Com respeito à função de distribuição de probabilidade logarítmica, em 87,5% dos casos o valor de Dmax foi significativo ao nível de 5%.

Tendo em conta esses resultados, assume-se que tanto a DBNT quanto a distribuição geométrica são funções de distribuição de probabilidade apropriadas para se estimarem as probabilidades de ocorrência de seqüências de dias chuvosos ou sem chuva em Pelotas.

Para testar a adequabilidade dessas distribuições para modelar as seqüências de dias sem chuva ou chuvosos foram comparadas as probabilidades teóricas estimadas através da DBNT, com seus parâme-

tros estimados com base nos dados das séries A, com aquelas empíricas obtidas nas séries B, conforme descrito anteriormente. Os resultados do teste K.S. estão indicados na Tabela 3. Verifica-se, que a distribuição teórica representa a distribuição empírica na maioria dos períodos analisados.

Utilizando-se os valores modelados de W e K com a equação (7), cujos coeficientes estão indicados na Tabela 4, estimou-se, através da equação (3), as probabilidades de ocorrer seqüências de dias chuvosos e sem chuva de diversos comprimentos, nos 36 períodos ao longo do ano. Os resultados, na forma de gráfico estão indicados na Figura 1, onde pode-se observar a existência de um pico de máxima probabilidade de ocorrência de dias chuvosos, entre Julho e Agosto. Mas, esses valores de pico são relativamente baixos. Observa-se que no período entre Junho e Setembro o valor de pico da probabilidade de ocorrer no mínimo dois dias chuvosos consecutivo é da ordem de 30%.

Observe-se que, na Figura 1, estão representadas apenas as probabilidades de ocorrência de seqüência de dias chuvosos com no mínimo 2, 3, 4 e 5 dias. As demais são desprezíveis. Pode-se ainda considerar como desprezíveis as probabilidades de ocorrência de seqüências de dias com chuva com quatro ou mais dias durante quase todo o ano.

As probabilidades de ocorrência de seqüências de dias sem chuva também estão indicadas na Figura 1. Verifica-se, que são desprezíveis (<5%) as probabilidades de ocorrência de seqüências de dias sem chuva com mais de cinco dias em praticamente todo o ano. Observa-se também que as probabilidades de ocorrência de períodos sem chuva de qualquer comprimento variam muito pouco ao longo do ano. Pode-se também assumir como desprezível as probabilidades de ocorrer seqüências de dias sem chuva com quinze ou mais dias durante todo o ano.

**Tabela 3** - DBNT aplicada a seqüências de dias com chuva e sem chuva aos dados das séries B - 1951 a 1989 - com base nos parâmetros W e K estimados nas séries A - 1895-1950.

Meses	1895-1950					1951-1989			
	N	Média	Var	W	K	Nr	Média	Var	Dmax
<b>Com chuva</b>									
Jan	270	1,59	1,00	0,562490	0,565029	194	1,82	1,49	0,078
Fev	263	1,66	0,93	0,791984	3,588210	187	1,81	1,39	0,049
Mar	251	1,68	1,28	0,537831	0,641588	194	1,64	1,12	0,030
Abr	227	1,69	0,87	0,851367	5,929900	157	1,58	0,76	0,043
Mai	228	1,76	1,06	0,741019	2,949290	152	1,70	0,89	0,057
Jun	247	1,87	1,22	0,785125	4,588150	171	1,86	1,39	0,035
Jul	253	1,77	1,02	0,831041	5,664470	253	1,77	1,02	0,012
Ago	253	1,99	1,50	0,694952	3,022340	184	1,78	1,21	0,086
Set	255	1,87	1,23	0,755023	3,736110	176	1,89	1,22	0,035
Out	255	1,65	0,94	0,737874	2,433260	182	1,65	1,02	0,019
Nov	248	1,49	0,56	0,976823	5,913100	173	1,57	0,76	0,032
Dez	249	1,51	0,78	0,649314	0,887446	187	1,55	0,58	0,087
<b>Sem chuva</b>									
Jan	299	14,42	4,65	0,259132	1,382240	210	11,35	4,21	0,063
Fev	274	13,85	4,47	0,211988	0,898022	200	9,83	3,99	0,033
Mar	244	16,21	4,80	0,206669	0,975361	192	10,76	4,51	0,046
Abr	241	20,26	5,56	0,174401	0,933298	158	26,33	6,23	0,102
Mai	226	22,57	5,55	0,179145	0,990914	148	15,55	5,64	0,113*
Jun	242	16,66	4,99	0,245181	1,391490	166	16,03	4,89	0,032
Jul	255	19,62	5,12	0,181155	0,873578	183	13,63	4,74	0,045
Ago	244	11,89	4,59	0,237125	1,132560	177	15,83	4,85	0,045
Set	253	13,78	4,91	0,259832	1,476280	175	13,02	4,59	0,043
Out	252	15,98	4,84	0,198276	0,914195	180	17,85	5,01	0,079
Nov	243	17,64	5,11	0,237283	1,368870	167	12,70	4,71	0,047
Dez	248	15,04	4,79	0,243939	1,289580	186	10,07	4,15	0,066

\* significativo ao nível de 5%; N = Número de seqüências no período  
Var. = Variância; Média = Número médio de dias/seqüência

**Tabela 4** - Valores dos coeficientes da eqação (7) ajustada aos parâmetros da DBNT e da distribuição geométrica para estimativa das probabilidades de ocorrência de seqüências de dias chuvosos e sem chuva em Pelotas-RS.

	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$B_1$	$B_2$
<b>Chuvosos</b>					
W	0,667605	-0,040291	-0,044679	0,006914	-0,016269
K	2,395418	0,946534	-0,818542	0,379465	0,124689
P(01)	0,193823	0,006137	-0,006243	0,001768	0,014262
<b>Sem chuva</b>					
W	0,202755	0,009749	-0,007672	0,013927	0,009824
K	1,028317	-0,014735	-0,030603	0,064304	-0,058740
P(11)	0,413354	-0,05346	-0,008430	-0,012340	0,030497

**Tabela 5 - Distribuição geométrica aplicada a seqüências de dias sem chuva iniciadas nos 31 dias seguintes a 01 de fevereiro em Pelotas-RS.**

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	93	0,1954	0,9813	1,0	477	0,9988	5,0	0,199
2	75	0,1572	0,7895	1,3	384	0,8034	4,0	0,248
3	60	0,1265	0,6352	1,6	309	0,6461	3,3	0,308
4	49	0,1018	0,5111	2,0	248	0,5196	2,6	0,382
5	39	0,0819	0,4112	2,4	200	0,4178	2,1	0,475
6	31	0,0659	0,3308	3,0	161	0,3359	1,7	0,591
7	25	0,0530	0,2662	3,8	129	0,2700	1,4	0,734
8	20	0,0426	0,2141	4,7	104	0,2170	1,1	0,913
9	16	0,0343	0,1723	5,8	84	0,1744	0,9	1,134
10	13	0,0276	0,1386	7,2	67	0,1401	0,7	1,410
11	11	0,0222	0,1115	9,0	54	0,1125	0,6	1,752
12	9	0,0179	0,0897	11,1	44	0,0903	0,5	2,178
13	7	0,0144	0,0722	13,9	35	0,0724	0,4	2,707
14	6	0,0116	0,0581	17,2	28	0,0580	0,3	3,365
15	4	0,0093	0,0421	23,8	23	0,0464	0,2	4,182
16	4	0,0075	0,0421	23,8	19	0,0371	0,2	5,076
17	3	0,0060	0,0302	33,1	15	0,0296	0,2	6,456
18	2	0,0048	0,0243	41,1	12	0,0236	0,1	8,023
19	2	0,0039	0,0196	51,1	10	0,0188	0,1	9,970
20	1	0,0031	0,0105	95,0	8	0,0149	0,1	12,389
21	1	0,0025	0,0105	95,0	7	0,0117	0,1	14,247
22	1	0,0020	0,0105	95,0	6	0,0092	0,1	16,760
23	1	0,0016	0,0105	95,0	5	0,0072	0,0	20,351
24	1	0,0013	0,0105	95,0	4	0,0055	0,0	25,898
25	1	0,0011	0,0105	95,0	3	0,0042	0,0	35,605
26	0	0,0009	0,0043	234,0	2	0,0032	0,0	56,949
27	0	0,0007	0,0034	290,9	1	0,0023	0,0	75,262
28	0	0,0006	0,0028	361,6	1	0,0016	0,0	101,529
29	0	0,0004	0,0022	449,4	1	0,0011	0,0	141,171
30	0	0,0004	0,0018	558,6	0	0,0006	0,0	205,827
31	0	0,0003	0,0014	694,3	0	0,0003	0,0	325,929

A = Duração das seqüências de dias sem chuva

B = Número de seqüências de dias sem chuva em 95 anos

C = Probabilidade de ocorrência de períodos sem chuva desta duração

D = Número médio de seqüências de dias sem chuva desta duração/ano

E = Número de anos para se conseguir uma seqüência de dias sem chuva desta duração

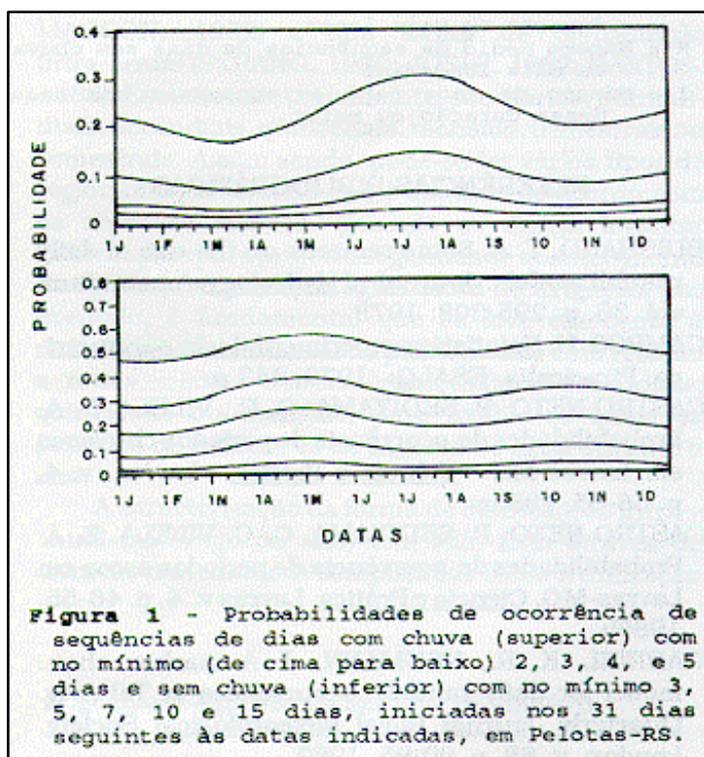
F = Número de seqüências de dias sem chuva de duração indicada ou mais longa

G = Probabilidade de ocorrência de períodos sem chuva desta duração ou mais longa

H = Número médio de seqüências de dias sem chuva desta duração ou mais longa/ano

I = Número de anos para se conseguir uma seqüência de dias dessa duração ou maior.

Na utilização dos modelos (DBNT ou geométrica) pode-se obter uma série de informações como aquelas encontradas na Tabela 5, utilizando-se a distribuição geométrica. A coluna A dá a duração de uma seqüência de dias sem chuva. As colunas B e F fornecem o número, arredondados até o inteiro mais próximo, de seqüências de dias sem chuva de duração especificada e de duração especificada ou maior, respectivamente, que ocorreram nos 95 anos analisados. Estas colunas foram calculadas com base no conhecimento de que o número de seqüências observadas, neste período, foi de 478 (Tabela 1). O total 477 na coluna F resulta de erro de ajuste, uma vez que os valores de W e K foram estimados a partir de suas curvas suavizadas.



As colunas C e G mostram as estimativas das probabilidades de que, dado uma seqüência de dias sem chuva essa tenha a duração de x dias (coluna C) e x ou mais dias (coluna G).

As colunas D e H dão o número médio de dias por seqüência de duração especificada e de duração especificada ou maior, respectivamente, para um ano médio. Estes valores foram calculados dividindo-se as colunas B e F por 95. No ano médio hipotético, poder-se-ia prever uma (1,1 na coluna H) seqüência de dias sem chuva com 8 ou mais dias; 2 (2,1) seqüências com 5 ou mais dias; 4 seqüências com 2 ou mais dias e assim por diante.

As colunas E e I apresentam, respectivamente, o número de anos para que uma certa seqüência de k dias e de k dias ou mais. É o período de retorno, definido como o período de T anos em que a magni-

tude de uma certa seqüência é igualada ou excedida uma vez, em média, a cada T anos. As seqüências com 5 ou mais dias sem chuva têm um período de retorno de meio (0,475) ano, enquanto as seqüências com no mínimo 15 a 16 dias são esperadas a cada 4,2 a 5,0 anos.

Exemplo semelhante pode ser dado para o caso de seqüências de dias chuvosos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUISHAND, T. A. Some remarks on the use of daily rainfall models. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, vol. 36, p. 295-308, 1978.
- CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica**. Piracicaba, ESALQ: 1979. 343 p.
- CASTRO NETO, P. SEDIYAMA, G. C., VILELA, E. A. Probabilidades de ocorrência de períodos chuvosos em Lavras-MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 4, p. 56-65, 1980a.
- CASTRO NETO, P. SEDIYAMA, G. C. VILELA, E. A. Probabilidades de ocorrência de períodos secos em Lavras-MG. **Ciência e Prática**, Lavras v. 4, p. 46-55, 1980b.
- GABRIEL, K. R., NEUMANN, J. A markov chain model for daily rainfall occurrences at Tel Aviv. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, London, v. 88, p. 90-95, 1962.
- JOHNSON, N. L., KOTZ, S. **Distributions in statistics**: discrete distributions. New York: John Wiley, 1972. 33 p.
- LARSEN, G. A., PENSE, R. B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 510-514, 1982.
- LAWRENCE, E. N. Application of mathematical series to the frequency of weather spells. **Meteorological Magazine**, London, v. 83, p. 195-200, 1954.
- LONGLEY R. W. The length of dry and wet periods. **Journal Royal Meteorological Society**, London, v. 79, p. 520-527, 1953.
- NEWHAM E. V. The persistence of wet and dry weather. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, London, v. 42, p. 153-162, 1916.
- RICHADSON, C. W. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. **Water Resources Research**, Washington, v. 17, n. 1, p. 182-190, 1981.
- STERN, R. D. & COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 26, p. 35-50, 1982.
- STERN, R. D., DENNETT, M. D., DALE, I. C. Methods of analysing daily rainfall measurements to give usefull agronomically results. I. Direct methods. **Experimental Agriculture**, London, v. 18, p. 223-236, 1982a.

- STERN, R. D., DENNETT, M. D. & DALE, I. C. Methods of analysing daily rainfall measurements to give usefull agronomically results. II A modeling approach. **Experimental Agriculture**, London, v. 25, p. 237-253, 1982b.
- WILLIAMS, C. C. Sequences of wet and dry days considered in relation to the logarithmic series. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, London, v. 38, p. 91-96, 1952.
- WOLF, J. M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuva para Brasília-DF. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 12, p. 141-50, 1977.
- YAP, W. C. The persistence of wet and dry spells in Sungei Buloh, Selangor. **Meteorological Magazine**, London, v. 102, p. 240-245, 1973.