Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Precipitação Provável Para A Região Centro-Sul Do Ceará, Brasil

Ítalo Nunes Silva, Universidade Federal Rural do Semi-Árido- Autor correspondente: italonunessilva@gmail.com

Joaquim Branco de Oliveira - IFCE - Campus Iguatu

Edmilson Gomes Cavalcante Junior- Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Francisco Dirceu Duarte Arraes - Instituto Federal do Sertão Pernambucano

Artigo recebido em 10/09/2015 e aceito em 30/11/2015

RESUMO

O aproveitamento dos recursos hídricos de forma adequada requer o conhecimento das probabilidades de ocorrência das chuvas, sendo isto possível com o uso das funções de distribuição de probabilidade de ocorrência. Foram analisadas sete distribuições de probabilidade (Exponencial, Gama, Log-normal, Normal, Weibull, Gumbel e Beta) para a precipitação pluviométrica mensal e anual na região Centro-Sul do Ceará, Brasil. Os dados de chuva foram obtidos da base de dados da SUDENE registrados durante o período de 1913 a 1989. Para verificação dos ajustes dos dados às funções densidade de probabilidade foi utilizado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov com nível de 5% de significância. Para a chuva total anual teve ajuste satisfatório dos dados às distribuições Gama, Gumbel, Normal e Weibull e não ocorreu ajuste às distribuições Exponencial, Log-normal e Beta. Recomenda-se o uso da distribuição Normal para estimar valores de chuva provável anual para a região, por ser um procedimento de fácil aplicação e também pelo bom desempenho nos testes. A distribuição de frequência Gumbel foi a que melhor representou os dados de chuva para o período mensal, com o maior número de ajustes no período chuvoso. No período seco os dados de chuva foram melhores representados pela distribuição Exponencial.

Palavras-chave - Probabilidade de ocorrência. Distribuições de probabilidade. Testes de aderência.

Rainfall Probable In The Region Of Central South Ceará, Brazil

ABSTRACT

The use of water resources properly requires knowledge of the probabilities of occurrence of rainfall, this being possible with the use of distribution functions, probability of occurrence. We analyzed seven probability distributions (Exponential, Gamma, Log-normal, normal, Weibull, Gumbel and Beta) for monthly and annual rainfall in South-Central region of Ceará, Brazil. The rainfall data were obtained from the database SUDENE recorded during the period 1913-1989. To check the settings of the data probability density functions we used the nonparametric Kolmogorov-Smirnov test with the 5% level of significance. For the total annual rainfall was satisfactory adjustment range of the data distributions, Gumbel, Normal and Weibull and there was no adjustment to the exponential distributions, Log-normal and Beta. It is recommended to use the normal distribution to estimate the annual amounts of rain likely for the region, being an easy application procedure and also by the good performance in the tests. The frequency distribution Gumbel was the one that best represented the rainfall data for the monthly period, with the largest number of adjustments during the rainy season. In the dry season rainfall data were best represented by exponential distribution.

Key words - Probability of occurrence. Probability distributions. Adherence tests.

Introdução

A sobrevivência dos seres vivos está ligada, entre outros fatores, à sua alimentação e,

consequentemente à produção agrícola. A chuva, como principal fonte de água para a agricultura, tem às vezes comprometido o desenvolvimento e o

abastecimento desta, fruto de sua variabilidade espacial e temporal (Junqueira Júnior et al., 2007).

Segundo Vieira et al. (2010), a água é responsável por grande parte do desenvolvimento agrário de uma região onde os recursos hídricos são escassos, sendo a chuva a forma mais econômica e ambientalmente adequada de uso da água na agricultura. O aproveitamento dos recursos hídricos de forma adequada requer o conhecimento das probabilidades de ocorrência das chuvas, sendo isto possível com o uso das funções de distribuição de probabilidade de ocorrência (Catalunha et al., 2002).

A estimativa da chuva com determinado nível de probabilidade é de suma importância para o planejamento agrícola, possibilitando a previsão da melhor época de preparo do solo, colheita, semeadura, aplicação de adubos e defensivos, e lâmina suplementar de irrigação (Ávila et al., 2009).

O estudo das distribuições de variáveis, como um meio de compreender os fenômenos meteorológicos, para determinar seus padrões de ocorrência e permitir uma previsibilidade razoável do comportamento climático de uma região, é uma ferramenta de grande valor para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e

humanas. Segundo Assis et al., 1996 um erro muito comum em análise de dados climatológicos é desprezar as características da distribuição de probabilidades mais adequada para os dados em estudo. Entre as funções que são usadas em estudos com dados amostrais de variáveis aleatórias contínuas podemos citar: exponencial; gama, gumbel, normal, log-normal, weibull e beta.

Diante do exposto o trabalho teve como objetivo estimar a chuva provável para a região Centro-Sul do Estado do Ceará com níveis de 75, 80, 90 e 95% de probabilidade de ocorrência.

Material e métodos

A área de estudo envolve a região Centro-Sul do Ceará que ocupa uma área de 142.016 km² e corresponde a 9,6% da Região Nordeste e 2% do país (Andrade et al., 2003). Foram utilizados dados de chuva de 1913 a 1989 dos postos pluviométricos localizados nas cidades de Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Lima Campos, Jaguaribe, Orós, Solonópole e Várzea Alegre (Tabela 1), obtidos junto a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Tabela 1. Coordenadas geográficas e série histórica registradas das estações meteorológicas estudadas.

Nº	Posto	Nº Posto	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período (anos)
1	Acopiara	3820369	6°11' S	39°40' W	270	1913-1989
2	Cariús	3831006	6°32' S	39°29' W	230	1913-1989
3	Cedro	3831287	6°36' S	39°04' W	246	1913-1989
4	Icó	3822832	6°25' S	38°51' W	160	1913-1989
5	Iguatu	3821742	6°22' S	39°18' W	213	1913-1989
6	Jaguaribe	3812779	5°53' S	38°37' W	120	1913-1989
7	Lima Campos	3822808	6°25' S	38°58' W	180	1913-1989
8	Orós	3822518	6°16' S	38°55' W	188	1913-1989
9	Solonópole	3811498	5°44' S	39°01' W	170	1913-1989
10	Várzea Alegre	3831543	6°47' S	39°18' W	345	1913-1989

Os postos selecionados para o estudo situam-se na região fisiográfica do sertão nordestino cuja classificação climática de Köppen é tipo BSw'h', clima quente e semi-árido, caracterizado pela insuficiência das chuvas, com temperaturas elevadas acarretando numa forte evaporação, e tendo apenas duas estações climáticas bem definidas durante o ano, chuvosa e seca (Arraes et al., 2009; Araújo et al., 2010).

Observou-se a homogeneidade dos dados de chuva verificando sua consistência pelo teste de "Run" conforme procedimento descrito por Thom (1966).

Foram analisados os totais anuais e mensais de chuva.

As distribuições utilizadas na análise foram:

a) Distribuição Gumbel: ou distribuição tipo I de Fisher-Tippet tem sua função de densidade de probabilidade conforme Beijo et al. (2005) e Naghettini e Pinto (2007) da seguinte forma:

$$F(x) = \frac{1}{\beta} \exp\left(-\frac{x-\alpha}{\beta}\right) \exp\left(-\exp\left(-\frac{x-\alpha}{\beta}\right)\right) \quad (1)$$

em que, α é o parâmetro de posição; β é o parâmetro de escala.

Sua função de distribuição acumulada é dada pela Eq. 2, sendo que o sinal $\pm$ no segundo expoente, refere-se aos valores extremos máximos (sinal negativo) e mínimos (sinal positivo).

$$F(x) = \exp\left(-\exp\left(\pm \frac{x-\alpha}{\beta}\right)\right) \quad (2)$$

b) Distribuição exponencial: é geralmente aplicada a dados com forte assimetria, ou seja, apresentando uma forma de “J” invertido. Sua função densidade de probabilidade é assim descrita (Catalunha et al., 2002):

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{x}{\bar{x}}\right)}{\bar{x}} \quad (3)$$

Sua função de distribuição de probabilidade é do tipo:

$$F(x) = \int_0^x \frac{\exp\left(-\frac{x}{\bar{x}}\right)}{\bar{x}} = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\bar{x}}\right) \quad (4)$$

O único parâmetro da distribuição como visto, é a média. Com isso, a função cumulativa de probabilidade assume a forma de:

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\bar{x}}\right) \quad (5)$$

A distribuição exponencial é um caso particular da distribuição Gama com o parâmetro $\alpha = 1$.

c) Distribuição Gama: se x for uma variável aleatória contínua, tal que $(0 < x < \infty)$, com distribuição Gama de parâmetros $\alpha > 0$ e $\beta > 0$, então a sua função densidade de probabilidade é definida como (Junqueira Júnior et al., 2007):

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right); \text{ para } 0 < x < \infty \quad (6)$$

Algumas formas de estimar os parâmetros da distribuição Gama foram desenvolvidas, contribuindo, junto com a sua flexibilidade de formas, para sua utilização em diversas áreas (Catalunha et al., 2002). Os parâmetros α e β foram calculados pelo método da máxima verossimilhança, como propostas por Thom (1958):

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4[\ln(\bar{x}) - x_g]}{3}}}{4[\ln(\bar{x}) - x_g]} \quad (7)$$

O estimador do parâmetro β poderá ser obtido por:

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (8)$$

em que x é a média aritmética; x_g é a média geométrica das observações.

Sendo $F(x)$ a probabilidade de ocorrência de um evento menor ou igual a x , pode-se escrever que a função de distribuição acumulada de probabilidade é representada pela função Gama incompleta, segundo Thom (1958):

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x u^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{u}{\beta}\right) du$$

em que, $F(x)$ é a probabilidade de ocorrer um valor menor ou igual a x ; x é a variável aleatória contínua; $\Gamma(\alpha)$ é a função Gama do parâmetro alfa; α é o parâmetro de forma da variável aleatória x ; β é o parâmetro de escala da variável aleatória x ; u é a variável aparente utilizada para integração.

A função de distribuição acumulada da distribuição Gama possui uma integral, que pode ser resolvida por métodos numéricos ou pelo desenvolvimento de uma expansão em série (Eqs. 10 e 11) conforme Assis et al. (1996):

$$F(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t t^{\alpha-1} \exp(-t) dt \quad (10)$$

$$F(t) = \frac{t^\alpha}{\alpha \Gamma(\alpha) e^t} \left[1 + \frac{t}{\alpha+1} + \frac{t^2}{(\alpha+1)(\alpha+2)} + \dots \right] \quad (11)$$

em que, $t = x/\beta$, uma aproximação da distribuição Gama por expansão em série.

d) Distribuição Log-normal: conforme Ribeiro et al. (2007), a função densidade da distribuição Log-normal a dois parâmetros e a três parâmetros (Eq. 12).

$$F(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(x-a)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (12)$$

em que, $F(x)$ e a função densidade de probabilidade da variável; μ é a média dos logaritmos da variável x ; σ é o desvio-padrão dos logaritmos da variável x ; a é o limite inferior da amostra.

Para encontrar a probabilidade de que uma variável aleatória x tendo distribuição Log-normal, assuma valores entre a e b ($a \leq x \leq b$), tem-se:

$$F(a \leq x \leq b) = \int_a^b \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(x-a)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (13)$$

O valor de “a” pode ser zero, quando se considera a distribuição Log-normal a dois parâmetros, ou um valor mínimo da série, quando se considera Log-normal a três parâmetros. O valor de “b” pode ser o da variável aleatória, quando se considera a probabilidade cumulativa de ocorrência daquele valor (Catalunha et al., 2002).

e) Distribuição Normal: tem sua função densidade de probabilidade da seguinte forma (Astolpho et al., 2005; Martin et al., 2007):

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right); \text{ para } -\infty < x < +\infty \quad (14)$$

em que, μ é a média.

A probabilidade de que x assuma valores menores ou iguais a um dado x quando x é $N(\mu, \sigma^2)$, é estimada por:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (15)$$

Essa equação não pode ser resolvida analiticamente sem o uso de métodos de integração aproximada. Por esse motivo, usa-se a transformação $Z = (x - \mu)/\sigma$, a variável Z tem distribuição Normal com média zero e variância um $[N(0,1)]$. A variável Z é chamada variável reduzida e a Eq. 11 pode ser reescrita na seguinte forma:

$$F(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z \exp\left(-\frac{Z^2}{2}\right) dz; \text{ para } -\infty \leq Z \leq +\infty \quad (16)$$

f) Distribuição Weibull: conforme Catalunha et al. (2002) sua função de densidade de probabilidade mais comumente apresentada conforme a Eq. 17:

$$F(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right]; \text{ para } x \geq \alpha \quad (17)$$

Sendo $F(x) = 0$ para outros intervalos, e $\alpha \geq 0$, $\beta > 0$, $\gamma > 0$ são os parâmetros da distribuição.

g) Distribuição Beta: é uma distribuição definida no intervalo (0,1) com a seguinte função densidade de probabilidade (Assis et al., 1996):

$$F(x) = \frac{x^{(\alpha-1)}(1-x)^{\beta-1}}{\beta^{(\alpha,\beta)}} \quad (18)$$

em que $0 < x < 1$ e $\alpha, \beta > 0$.

A função beta é definida por:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx \quad (19)$$

Para os diferentes níveis de probabilidade obteve-se o tempo de retorno da uma chuva ser excedida, expressa em anos (Eq. 20). Se há 75% de probabilidade de ocorrência de determinada lâmina

de chuva, isso corresponde a um tempo de retorno de 4 anos para que essa lâmina seja excedida.

$$TR = \frac{1}{1-P} \quad (20)$$

em que, TR é o tempo de retorno; P é a probabilidade de ocorrência.

A aderência das distribuições aos dados observados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) conforme procedimentos descritos por Assis et al. (1996). Este teste foi introduzido por Kolmogorov e Smirnov como metodologia para sua aplicação, pode-se considerar $F(x)$ a proporção dos valores esperados menores ou iguais a x e $S(x)$ é a proporção dos valores observados menores ou iguais a x , portando utilizasse o módulo do desvio máximo observado (Dobs):

$$Dobs = \text{Máx}[F(x) - S(x)] \quad (21)$$

Para isto compara-se o valor do desvio máximo observado com o desvio máximo crítico (Dcrit); se Dobs for menor que Dcrit, existe concordância entre as frequências observadas e esperadas, a amostra provém de uma população que segue a distribuição de probabilidade testada.

Resultados e Discussão

O resultado da análise referente à estatística descritiva efetuada nos dados da série histórica de precipitação total anual, revelou que a precipitação durante o ano é praticamente uniforme (Tabela 2), sem definição clara de período com ou sem chuva, o que não é uma característica da região em que se realizou o estudo. Verifica-se a existência de altos valores de desvio padrão indicando grande variação nos valores da precipitação durante o ano. O maior valor de precipitação foi registrado no posto Lima Campos, com valor de 1003,40 mm de chuva.

Tabela 2. Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e curtose da precipitação anual para a região Centro-Sul do Ceará, no período de 1913 a 1989.

Postos	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Assimetria
Acopiara	64,00	542,00	0,00	85,49	2,020
Cariús	76,60	571,70	0,00	102,91	1,804
Cedro	76,90	673,30	0,00	101,82	1,759
Icó	61,80	517,20	0,00	83,49	1,801
Iguatu	64,70	485,30	0,00	92,24	1,879
Jaguaribe	59,70	538,70	0,00	92,00	2,002
Lima Campos	66,90	1003,40	0,00	98,07	2,847
Orós	67,90	547,70	0,00	94,93	1,883
Solonópole	61,90	526,90	0,00	85,26	1,923
Várzea Alegre	82,60	625,00	0,00	107,98	1,751

Os valores de chuva mensal da região em estudo apresentaram dois períodos distintos, sendo o primeiro correspondente aos meses chuvosos (janeiro a maio) e o segundo correspondente aos

meses secos (junho a dezembro). Períodos esses coincidentes com as características sazonais da região estudada.

No período chuvoso, observaram-se os melhores desempenhos dos dados nas distribuições Gumbel, ajustando-se a 90% das cidades, em abril, em janeiro a 50% e Weibull, com 60% dos ajustes em fevereiro e 50% em maio (Tabela 3), sendo as únicas distribuições que tiveram aderências em todos os meses que compreende esse período.

Resultado semelhante ocorreu para a cidade de Santa Maria (RS), onde Silva et al. (2007) perceberam o bom comportamento dos dados à distribuição Weibull nas épocas chuvosas. Já para Táchira, na Venezuela não apresentou resultados satisfatórios (Lyra et al., 2006).

Tabela 3. Funções de distribuições de probabilidade que melhor se ajustaram a chuva mensal e anual nos postos de Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Jaguaribe, Lima Campos, Orós, Solonópole e Várzea Alegre, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) com nível de 5% de probabilidade.

POSTO	Distribuições de probabilidade												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	AN
ACO	GU	WE	GU	GU	WE	EX	BE	LN	EX	BE	BE	EX	NO
CAR	WE	WE	WE	GU	WE	WE	EX	EX	BE	EX	EX	EX	GU
CED	WE	WE	WE	GU	WE	EX	EX	EX	GU	EX	EX	EX	GA
ICO	GU	WE	WE	GU	WE	EX	GA	GA	EX	BE	EX	EX	GA
IGT	EX	GU	NO	GU	GU	EX	EX	EX	EX	BE	EX	BE	NO
JAG	GU	GA	NO	WE	WE	WE	GA	EX	*	EX	BE	WE	WE
LMC	GU	LN	NO	GU	GU	EX	GA	EX	EX	EX	EX	EX	WE
ORO	GU	GU	GU	GU	GA	EX	BE	BE	EX	GU	EX	EX	NO
SOL	EX	WE	NO	GU	GU	EX	EX	EX	NO	*	EX	BE	NO
VZA	GA	WE	WE	GU	GU	EX	GA	*	EX	EX	EX	EX	NO

AN - anual; ACO - acopiara; CAR - cariús; CED - cedro; ICO - icó; IGT - iguatu; JAG - jaguaribe; LMC - lima campos; ORO - orós; SOL - solonópole; VZA - várzea alegre; EX - exponencial; GA - gama; GU - gumbel; NO - normal; LN – log-normal; WE – Weibull; BE – beta; *Significativo a 5%: os dados amostrais não se ajustaram a nenhuma das distribuições avaliadas.

No período seco, a distribuição exponencial foi a que predominou ocorrendo o ajuste dos dados a sua função de distribuição em todos os meses que correspondem ao período seco chegando a 80% dos ajustes nos meses de junho e novembro, seguida pela distribuição beta com 30 % de ajustes no mês de outubro e nenhum ajuste em junho (Tabela 3). O bom desempenho da distribuição exponencial pode ser explicado pela maior frequência observada nas classes iniciais, decrescendo suavemente, em forma de “J” invertido, com forte assimetria (Lyra et al., 2006). Blain et al. (2007) encontraram resultados semelhantes nos meses secos onde ocorreram distribuições do tipo “j” invertido, característica da Exponencial.

Para os totais anuais de chuva, destaca-se a distribuição Normal (Tabela 3) com 50% dos ajustes seguida pelas distribuições Gama, Weibull e Gumbel com 20, 20 e 10% das aderências respectivamente. Em estudo realizado para a cidade de Tangará da

Serra (MT), Martins et al. (2010), utilizando a distribuição de probabilidade Gama, encontraram boa adequação dos dados à distribuição de probabilidade testada segundo teste KS, resultados semelhantes foram encontrados por Soccol et al. (2009) em estudo realizado para a cidade de Lages, Santa Catarina, Murta et al. (2005) em estudo realizado para o sudoeste da Bahia e por Beijo et al. (2003) com a distribuição de Weibull, em períodos mensais para a cidade de Jaboticabal (SP).

A partir das distribuições que melhor atenderam aos critérios de significância considerados, Gumbel e Exponencial, para períodos mensais chuvosos e secos respectivamente, e Normal, para períodos anuais, foram obtidos os valores de precipitação pluviométrica provável para a região Centro-Sul do estado do Ceará (Tabela 4), com níveis de 75, 80, 90 e 95% de probabilidade de ocorrência.

Tabela 4. Chuva provável mensal e anual segundo distribuição de Gumbel (janeiro a maio), Exponencial (junho a dezembro) e Normal (anual) para os postos de Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Jaguaribe, Lima Campos, Orós, Solonópole e Várzea Alegre com nível de 75, 80, 90 e 95% de probabilidade de ocorrência e tempos de retorno de 4, 5, 10 e 20 anos respectivamente.

POSTO	Probabilidade de ocorrência com nível de 75% (mm)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	AN
ACO	44,7	126,7	161,6	198,7	138,8	89,1	25,2	10,4	4,3	10,9	11,33	17,4	880,3
CAR	121,0	186,6	267,0	205,6	97,5	30,0	0,0	0,0	9,0	0,0	22,2	49,7	1041,0
CED	117,9	207,0	257,9	192,5	118,5	34,9	11,3	3,2	0,0	0,0	0,0	46,4	1026,8
ICO	92,3	153,4	224,1	166,2	91,9	0,0	29,6	0,0	4,7	11,8	0,0	33,2	825,8
IGT	102,2	164,4	252,6	168,7	82,7	28,8	13,3	6,3	0,0	13,2	0,0	42,2	886,7
JAG	17,4	101,0	127,3	224,6	183,7	100,3	28,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	829,9
LMC	97,9	170,7	228,7	188,9	96,9	30,2	10,2	4,3	3,8	8,7	0,0	32,6	784,2
ORO	94,3	141,7	250,3	208,7	111,3	29,3	15,4	3,5	0,0	0,0	0,0	37,5	901,1
SOL	71,0	134,3	205,0	195,8	112,5	49,4	24,6	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	826,0
VZA	146,6	231,3	278,3	202,5	72,6	29,6	10,8	0,0	0,0	0,0	23,8	65,8	1089,8
POSTO	Probabilidade de ocorrência com nível de 80% (mm)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	AN
ACO	51,1	140,5	178,8	225,1	157,2	108,0	30,0	14,8	6,0	14,4	15,5	21,5	937,6
CAR	134,0	203,7	294,9	225,8	111,0	37,3	0,0	7,8	10,0	0,0	26,8	58,9	1100,2
CED	131,1	222,6	278,2	213,1	132,4	42,6	13,7	4,6	0,0	0,0	0,0	58,2	1081,7
ICO	103,0	171,8	244,9	182,5	104,5	0,0	36,1	0,0	5,9	13,6	14,9	38,7	863,8
IGT	115,9	185,3	282,6	191,6	93,0	35,5	16,1	8,0	6,5	15,8	0,0	49,0	931,7
JAG	21,4	113,9	141,7	246,4	210,7	119,5	32,9	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	881,6
LMC	110,4	190,3	256,5	208,0	108,2	38,1	14,2	5,0	5,5	13,1	0,0	37,9	823,9
ORO	106,4	155,8	271,7	232,9	124,2	37,1	18,2	4,6	4,5	0,0	7,7	44,0	964,3
SOL	79,2	149,0	225,5	215,8	134,4	59,7	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	868,5
VZA	162,0	257,9	302,3	220,6	81,0	36,0	14,0	0,0	0,0	0,0	31,4	76,7	1143,6
POSTO	Probabilidade de ocorrência com nível de 90% (mm)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	AN
ACO	74,3	189,5	235,8	283,9	204,0	160,0	47,7	23,6	9,2	21,5	23,8	32,9	1060,8
CAR	182,2	271,2	375,2	290,2	150,5	56,7	22,8	15,0	16,7	38,4	42,1	93,9	1267,0
CED	177,3	291,7	350,7	276,4	173,9	64,5	21,0	7,6	13,0	27,1	24,8	87,5	1209,1
ICO	138,3	223,4	309,9	234,1	138,0	17,4	54,7	0,0	8,8	21,9	30,1	62,1	1000,9
IGT	159,1	245,1	363,7	250,7	127,7	54,7	25,2	11,8	13,1	25,1	17,7	78,5	1071,0
JAG	30,0	172,1	193,0	319,2	273,8	180,4	52,8	22,9	0,0	6,8	0,0	0,0	1044,1
LMC	144,7	265,0	329,6	269,7	147,7	58,1	22,1	7,7	8,8	22,1	26,7	60,7	948,1
ORO	145,1	210,8	347,8	295,1	168,1	56,6	29,0	6,9	8,7	20,7	15,6	70,4	1122,7
SOL	109,1	193,4	291,2	277,6	179,4	90,1	44,8	15,0	0,0	0,0	15,5	39,9	1013,2
VZA	216,9	331,3	378,1	285,9	107,6	55,1	20,2	8,7	14,6	32,7	46,7	122,9	1261,1
POSTO	Probabilidade de ocorrência com nível de 95% (mm)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	AN
ACO	93,4	233,7	283,5	343,4	252,0	204,9	64,0	33,4	13,3	31,4	34,4	44,7	1176,8
CAR	227,6	333,4	439,1	351,7	183,8	76,2	29,1	18,5	22,8	49,6	55,4	126,5	1404,0
CED	219,1	357,3	421,4	330,0	213,6	86,3	28,4	10,6	17,2	37,1	37,2	122,7	1336,9
ICO	173,8	272,3	371,0	283,1	170,7	26,4	73,2	10,0	12,4	30,0	37,7	84,7	1073,1
IGT	198,5	302,4	408,8	306,2	160,1	73,5	33,0	17,2	16,5	33,4	24,0	107,6	1171,4
JAG	43,1	220,4	240,8	389,5	331,1	238,3	72,3	29,4	0,0	9,6	3,9	0,0	1150,3
LMC	181,2	332,4	381,0	329,1	184,4	78,2	31,7	9,7	12,4	30,2	36,5	83,1	1025,6
ORO	179,9	263,3	421,5	350,0	207,2	76,1	39,2	10,1	10,9	27,3	19,5	95,9	1204,7
SOL	138,0	226,7	354,4	336,3	228,9	120,3	59,8	19,4	9,7	2,7	20,3	53,0	1100,4
VZA	266,3	400,5	448,9	341,7	134,9	74,4	30,0	14,5	24,9	42,3	68,7	168,0	1385,8

AN - Anual; ACO - Acopiara; CAR - Cariús; CED - Cedro; ICO - Icó; IGT - Iguatu; JAG - Jaguaribe; LMC - Lima Campos; ORO - Orós; SOL - Solonópole; VZA - Várzea Alegre

Com nível de probabilidade de 75%, o qual normalmente é referência para projetos de irrigação, fica clara a divisão em duas épocas bem definidas, chuvosa e seca, verificando-se uma precipitação provável média anual para a região de estudo com 886,7 mm de chuva, no período chuvoso (janeiro a maio) para o posto Iguatu este valor foi de 154,12 mm e no período seco (junho a dezembro), 14,8 mm. Com base neste tipo de análise, o projetista poderá dimensionar o sistema de irrigação ou o manejo desta, levando-se em conta esta informação, que é obtida assumindo-se um nível de probabilidade aceitável ou teoricamente viável.

As estimativas de dados de chuva em especial o limite superior de 95%, fornecem valores de maior precisão de chuvas máximas prováveis e podem ser usadas para auxiliar no planejamento de obras de engenharia hidráulica e agrícola (BEIJO et al., 2009).

As chuvas prováveis (Tabela 4) representam os limites de ocorrência de valores de chuvas iguais ou inferiores aos ali calculados. Segundo a Tabela 3, há 95% de probabilidade de que o valor de precipitação pluviométrica anual no posto de Iguatu seja de até 1.771,4 mm, com uma probabilidade de 5% de esse valor ser superado num tempo de retorno de 20 anos.

Conclusões

Os dados amostrais mensais, referente ao período chuvoso, melhor se ajustou a distribuição de probabilidade Gumbel, enquanto que para os meses referentes ao período seco destacou-se a distribuição Exponencial.

A região de estudo apresentou valores médios anuais e mensais, período chuvoso e seco, de precipitação consideráveis para o nível de probabilidade de 75%, sendo respectivamente, de 930,11 mm, 161,9 mm e 15,0 mm respectivamente, mostrando ser uma região onde provavelmente, os problemas ligados à seca são menores no período chuvoso, aspecto este que pode ser levado em consideração para um melhor planejamento da agricultura irrigada.

Referências

Andrade, E. M., Silveira, S. S., Azevedo, B. M. de, 2003. Investigação da estrutura multivariada da evapotranspiração na região Centro-Sul do Ceará pela análise de componentes principais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 8, 39-44.

Arraes, F. D. D., Lopes, F. B., Souza, F. de., Oliveira, J. B. de, 2009. Estimativa do balanço hídrico para as condições climáticas Iguatu,

Ceará, usando modelo estocástico. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 3, 78-87.

Araújo, E. M., Silva, I. N., Oliveira, J. B. de., Cavalcante Junior, E. G., Almeida, B. M. de, 2010. Aplicação de seis distribuições de probabilidade a séries de temperatura máxima em Iguatu - CE. *Revista Ciência Agronômica* 41, 36-45.

Assis, F. N., Arruda, H. V., Pereira, A. R., 1996. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 161 p.

Astolpho, F. et al. 2005. Regionalização de riscos de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas anuais para o estado de São Paulo com base em modelos probabilísticos e digitais de elevação. *Bragantia* 64, 139-148.

Ávila, L. F., Mello, C. R., Viola, M. R., 2009. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13, 906-915.

Beijo, L.A., Muniz, J.A., Volpe, C.A., Pereira, G.T., 2003. Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal (SP) pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação dos parâmetros. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 11, 141-147.

Beijo, L. A., Muniz, J. A., Neto, P. C., 2005. Tempo de retorno das precipitações máximas em lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo 1. *Ciência e Agrotecnologia* 29, 657-667.

Beijo, L. A., Vivanco, M. J., Muniz, J. A. 2009. Análise bayesiana no estudo do tempo de retorno das precipitações pluviiais máximas em Jaboticabal (SP). *Ciência e Agrotecnologia* 33, 261-270.

Blain, G. C., Piedade, S. M. D., Camargo, M. B. P. de., Giarolla, A., 2007. Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do instituto agrônomo, em Campinas, SP. *Bragantia* 66, 347-355.

Catalunha, M. J., Sediya, G. C., Leal, B. G., Soares, P. B., Ribeiro, A., 2002. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 10, 153-162.

Junqueira Júnior, J. A., Gomes, N. M., Mello, C. R. de., Silva, A. M. da. 2007. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: Modelos de probabilidades e valores característicos. *Ciência e Agrotecnologia* 31, 842-850.

Lyra, G. B. I. I., Garcia, B. I. L., Piedade, S. M. S., Sediya, G. C., Sentelhas, P. C., 2006. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no estado

- de Táchira, Venezuela. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41, 205-215.
- Martin, T. N., Storck, L., Dourado Neto, D., 2007. Simulação estocástica da radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura do ar por diferentes métodos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42, 1211-1219.
- Martins, J. A., Dallacort, R., Inoue, M. H., Santi, A., Kolling, E. M., Coletti, A. J., 2010. Probabilidade de precipitação para a microrregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. Pesquisa Agropecuária Tropical 40, 291-296.
- Murta, R. M. I., Teodoro, M. S., Bonomo, P., Chaves, M. A., 2005. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. Ciência e Agrotecnologia 29, 988-994.
- Naghattini, M., Pinto, E. J. A., 2007. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 552 p.
- Ribeiro, B. T., Avazani, J. C., Mello, C. R. de., Lima, J. M. de., Silva, M. L. N., 2007. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para reação de Barbacena, MG. Ciência e Agrotecnologia 31, 1297-1302.
- Silva, J. C., Heldwein, A. B., Martins, F. B., Trentin, G., Grimm, E. L., 2007. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 11, 67-72.
- Soccol, O. J., Cardoso, C. O., Miquelluti, D. J., 2009. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14, 569-574.
- Thom, H. C. S. 1958. A note on the gamma distribution. Mon. Wea. Rev. 86, 117-122.
- Thom, H. C. S., 1966. Some methods of climatological analysis. Roma, FAO, 50 p.
- Vieira, J. P. G., Souza, M. J. H. de. Teixeira, J. M., Carvalho, F. P. de. 2010. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14 762-767.