



# Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil



Wellington F. Araújo<sup>1</sup>, Aderson S. de Andrade Júnior<sup>2</sup>, Roberto D. de Medeiros<sup>3</sup> & Reginaldo A. Sampaio<sup>4</sup>

<sup>1</sup> UFRR - Departamento de Solos e Irrigação/CCA. BR 174 S/N, Campus do Paricarana, CEP 69310-270, Boa Vista, RR. E-mail: wfaraujo@carpa.ciagri.usp.br (Foto)

<sup>2</sup> Embrapa Meio Norte. Av. Duque de Caxias 5650, CEP 64006-220, Teresina, PI. E-mail: aderson@cpamn.embrapa.br

<sup>3</sup> Embrapa/CPAF. BR 174 Km 8, Distrito Industrial, CEP 69301-970, Boa Vista, RR. E-mail: roberto@cpafrr.embrapa.br

<sup>4</sup> UFRR. Departamento de Fitotecnia. E-mail: rsampaio@osite.com.br

Protocolo 074 - 28/5/2001

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi de estimar a precipitação mensal provável para o município de Boa Vista, RR (2° 49'17" N; 60° 39'45" W e 90 m). Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica mensal de 48 anos da série histórica compreendida entre os anos de 1923 a 1997. A estimativa da precipitação mensal provável, em níveis de 10, 20, 25, 30, 50, 60, 70, 75, 80 e 90% de probabilidade, foi obtida utilizando-se as funções de distribuição normal e gama mista. Verificou-se um bom ajuste dos valores mensais de precipitação pluviométrica principalmente à distribuição gama mista, exceto para os meses secos de janeiro e fevereiro. Ficou caracterizada estação chuvosa, compreendida entre os meses de abril e setembro, e seca, entre os meses de outubro e março.

**Palavras-chave:** probabilidade, chuva, planejamento agrícola

## Probable monthly rainfall in Boa Vista, Roraima State, Brazil

**Abstract:** This work aimed at estimating the probable monthly rainfall in Boa Vista, RR, (2° 49'17" N, 60° 39'45" W e 90 m). The historical data for 48 years from 1923 to 1997 were utilized. Rainfall was estimated using the normal and gamma distribution at 10, 20, 25, 30, 50, 60, 70, 75, 80 and 90% probability levels. The gamma distribution provided a good fit, except during the dry months of January and February. The results indicated a rainy season (April – September) and a dry season (October – March).

Key words: probability, rainfall, agricultural planning

## INTRODUÇÃO

O conhecimento das precipitações prováveis é de extremo interesse para o dimensionamento de vertedouros de barragens, de canais, galerias pluviais, bueiros e barragens de abastecimento de água (Villela & Mattos, 1975) e para o planejamento agrícola e dimensionamento de sistema de irrigação complementar (Bernardo, 1995). A precipitação provável é a precipitação pluviométrica que apresenta probabilidade específica de ocorrência, baseada em uma longa série de dados (Frizzzone, 1979).

No Brasil, a quase totalidade dos projetos de irrigação visa suprir todas as necessidades hídricas da cultura, sem observar a contribuição da precipitação provável do período. Para o adequado planejamento da agricultura, no que se refere ao melhor aproveitamento do clima, é necessário o conhecimento das condições médias, a quantificação da variabilidade e da frequência de ocorrência de determinados níveis práticos das

variáveis climáticas de interesse agrícola com base em uma série histórica de longo período (Berlato, 1992).

Segundo Castro et al. (1994) utiliza-se, no Brasil, a precipitação média no dimensionamento de projetos agrícolas, o que constitui um risco para o produtor. De acordo com Bernardo (1995) para a minimização dos riscos não se deve trabalhar com probabilidades de ocorrência de chuva inferiores a 75 ou 80%. Entretanto, esses valores podem ser variáveis adotando-se um critério econômico, cujo nível de probabilidade esteja associando à redução na qualidade e quantidade de produção, decorrentes da deficiência hídrica pela falta de chuva, durante determinado período (Jensen, 1983).

Vários modelos de distribuição de frequência têm sido utilizados, visando a estimativa da precipitação provável para diferentes locais e períodos de ocorrência. Dentre eles, destacam-se as distribuições normal (Frizzzone, 1979; Assis et al., 1996; Andrade Júnior & Bastos, 1997) e gama (Frizzzone, 1979; Castro Neto & Silveira, 1983; Assis et al., 1996; Rodrigues & Pruski,

1996, Ribeiro & Lunardi, 1997; Andrade Júnior & Bastos, 1997). Para o caso específico do município de Boa Vista em Roraima, Medina & Leite (1984) efetuaram estimativas da probabilidade de precipitações mensais através do método de Kimball. Entretanto, Pinto et al. (1976) salientam que embora o método de Kimball possa ser utilizado para séries totais, os dados necessitam ser ajustados por uma função estatística e se prestam mais para dados extremos. Os autores recomendam o uso de funções probabilísticas fazendo-se, posteriormente, a verificação do ajuste através de testes de aderência.

Além do conhecimento da precipitação pluvial, é importante conhecer o balanço hídrico climático, o qual indica a disponibilidade de água para as plantas em dado tipo de solo. Neste sentido, a metodologia mais utilizada para fins agroclimatológicos é a desenvolvida por Thornthwaite & Mather (1955) que consiste no balanço entre a precipitação e a evapotranspiração potencial para determinada capacidade de água disponível (CAD).

Com o presente trabalho objetivou-se estimar a precipitação pluviométrica mensal em vários níveis de probabilidade para a região de cerrado em Boa Vista, Estado de Roraima, e determinar o período de irrigação para uma CAD de 25 mm, considerando-se apenas os dados de precipitação com probabilidade de 80% de ocorrência.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados mensais de precipitação pluviométrica do município de Boa Vista, Estado de Roraima, obtidos junto à Delegacia Federal de Agricultura do Estado, cujas coordenadas geográficas de referência são: 2° 49' 17" N, 60° 39' 45" W e 90 m. A série histórica compreendeu o período entre os anos de 1923 e 1997, sendo excluídos aqueles com dados incompletos, o que resultou em um aproveitamento de 48 anos de dados. A estimativa de precipitação pluviométrica mensal provável foi obtida para os níveis de 10, 20, 25, 30, 50, 60, 70, 75, 80 e 90% de probabilidade, utilizando-se as funções de distribuição normal e gama, conforme apresentado por (Assis et al., 1996).

A distribuição gama de probabilidade é a mais utilizada para ajustar totais de chuva de períodos mensais ou menores. Sua função densidade de probabilidade apresenta a seguinte forma:

$$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^X x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (1)$$

As estimativas dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  foram efetuadas pelo método da máxima verossimilhança, através das seguintes expressões (Assis et al., 1996):

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\alpha} \quad (3)$$

sendo:

$$A = \ln \bar{X} - X_g \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (5)$$

$$X_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(X_i) \quad (6)$$

em que:

- $\bar{X}$  - média aritmética das observações
- $X_g$  - média geométrica das observações
- $N$  - número de observações

Cunha et al. (1996) sugerem que duas situações distintas podem ocorrer, quando se utiliza a distribuição gama: a) a série de dados não contém valores nulos; neste caso, a estimativa da frequência de ocorrência é obtida através da distribuição cumulativa gama, sendo possível a estimativa dos parâmetros da distribuição ( $\alpha$  e  $\beta$ ), pelo método da máxima verossimilhança; b) a série contém valores nulos; caso em que se utiliza a distribuição cumulativa gama mista, a qual é determinada em duas partes, da seguinte forma (Assis et al., 1996):

$$F(X) = P_0 + (1 - P_0)G(X) \quad (7)$$

sendo:

$$P_0 = \frac{N_0}{(N+1)} \quad (8)$$

em que:

- $P_0$  - probabilidade de ocorrência de valores nulos
- $G(X)$  - distribuição cumulativa gama
- $N_0$  - número de valores nulos da série

Para a função de probabilidade normal ou curva de Gauss, utilizou-se a seguinte forma normal reduzida abaixo (Assis et al., 1996):

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-\frac{Z^2}{2}} \quad (9)$$

$$Z = (X - \bar{X})/S \quad (10)$$

em que:

- $\bar{X}$  - média
- $S$  - variância

Para estimativa dos valores de precipitação provável, utilizou-se a planilha eletrônica Excel, a qual retorna o inverso da distribuição acumulada normal e gama, a partir dos valores de média ( $\mu$ ), desvio-padrão ( $\sigma$ ),  $\alpha$ ,  $\beta$  e dos níveis de probabilidades de 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80 e 90%.

Tabela 1. Médias mensais, desvio-padrão, coeficiente de variação (CV) e valores extremos de precipitação pluviométrica e ano de ocorrência em Boa Vista, RR, para o período de 1923 a 1997

| Mês       | Média  | Desvio Padrão<br>mm | CV<br>(%) | Mínimo<br>(mm) | Ano<br>Ocorrido | Máximo<br>(mm) | Ano<br>Ocorrido |
|-----------|--------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Janeiro   | 29,3   | 38,8                | 132,3     | 0,0            | 1994            | 207,2          | 1950            |
| Fevereiro | 24,7   | 31,7                | 128,1     | 0,0            | 1985            | 130,8          | 1950            |
| Março     | 47,8   | 59,5                | 124,6     | 0,0            | 1954            | 299,5          | 1979            |
| Abril     | 122,2  | 98,3                | 80,5      | 0,0            | 1925            | 456,8          | 1976            |
| Maio      | 291,2  | 109,7               | 37,7      | 18,8           | 1974            | 484,7          | 1942            |
| Junho     | 352,9  | 123,6               | 35,0      | 42,2           | 1979            | 638,2          | 1996            |
| Julho     | 335,1  | 121,4               | 36,2      | 31,4           | 1983            | 605,4          | 1947            |
| Agosto    | 209,7  | 96,4                | 46,0      | 81,2           | 1930            | 458,0          | 1954            |
| Setembro  | 97,1   | 59,9                | 61,7      | 0,4            | 1997            | 251,0          | 1974            |
| Outubro   | 67,6   | 66,5                | 98,5      | 0,0            | 1997            | 321,2          | 1934            |
| Novembro  | 56,8   | 46,0                | 80,9      | 0,0            | 1947            | 161,0          | 1954            |
| Dezembro  | 44,2   | 46,1                | 104,3     | 0,0            | 1946            | 181,9          | 1927            |
| Anual     | 1678,6 | 397,1               | 23,5      | 994,7          |                 | 2554,6         |                 |

Para se verificar o ajuste dos dados pluviométricos mensais à função de distribuição gama mista e normal, foi utilizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, considerando-se um nível de 5% de probabilidade.

O balanço hídrico climático, foi calculado de acordo com Thornthwaite & Mather (1955) e para estimativa da evapotranspiração potencial foi utilizada a equação proposta por Thornthwaite (1948) considerando-se uma CAD de 25 mm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a série climatológica observou-se, para Boa Vista, RR, precipitação anual média de 1688,4 mm, sendo 1945 o ano mais chuvoso, com 2554,6 mm, e 1983 o ano menos chuvoso, com 994,7 mm. Os coeficientes de variação das médias mensais e o desvio-padrão foram elevados, evidenciando-se a grande variabilidade da precipitação, sendo que as variações menores ocorreram entre os meses de maio a agosto, e as maiores entre os meses de dezembro a março que correspondem ao período mais chuvoso e mais seco, respectivamente (Tabela 1); assim, sob o ponto de vista estatístico, as flutuações nos valores de precipitação média mensal mostraram ser inadequadas para o planejamento agrícola, motivando estudos probabilísticos. Como foram observados valores nulos durante o período chuvoso da série histórica, utilizou-se a distribuição gama mista e a normal, conforme recomendação de Assis et al. (1996).

Com base nos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , estimados pelo método da verossimilhança, verificou-se a possibilidade do uso da

distribuição gama mista (Tabela 2). Os valores de  $\alpha$  não excederam o valor de 100 em nenhum mês, possibilitando o uso da distribuição de probabilidade de chuva selecionada. Segundo Thom (1958) valores de  $\alpha$  superiores a 100, indicam que a distribuição gama incompleta não deve ser utilizada.

Tabela 2. Parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição gama calculados pelo método da máxima verossimilhança para a precipitação pluviométrica mensal em Boa Vista, RR

| Meses     | $\alpha$ | $\beta$ |
|-----------|----------|---------|
| Janeiro   | 0,8212   | 58,1582 |
| Fevereiro | 1,2269   | 99,5672 |
| Março     | 4,3276   | 67,2884 |
| Abril     | 6,4227   | 54,9477 |
| Maio      | 5,8270   | 57,5079 |
| Junho     | 4,8125   | 43,5793 |
| Julho     | 1,5379   | 63,1357 |
| Agosto    | 1,3924   | 48,5357 |
| Setembro  | 1,5957   | 35,6123 |
| Dezembro  | 1,2558   | 35,2177 |

Na Tabela 3 são apresentados os dados de precipitação pluviométrica mensal em diferentes níveis de probabilidades segundo a função de distribuição gama mista e a média aritmética de cada mês. Foi obtido um ajuste adequado dos valores mensais de precipitação pluviométrica à distribuição gama mista para o total anual, e para os meses de março a dezembro, que correspondem aos meses de maiores

Tabela 3. Precipitação pluviométrica (mm) mensal e anual provável para o município de Boa Vista, RR, em diferentes níveis de probabilidade, segundo a função de distribuição gama mista

| %     | Jan  | Fev  | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez  | Anual  |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| 90    | 5,1  | 2,1  | 3,2   | 17,7  | 132,3 | 190,3 | 174,0 | 100,3 | 19,5  | 11,3  | 11,0  | 6,3  | 1199,1 |
| 80    | 8,6  | 4,3  | 7,7   | 33,5  | 171,8 | 233,7 | 216,3 | 128,1 | 33,2  | 20,0  | 18,5  | 11,7 | 1345,0 |
| 75    | 10,3 | 5,5  | 10,4  | 41,6  | 188,8 | 251,8 | 234,1 | 139,9 | 39,9  | 24,4  | 22,1  | 14,5 | 1403,5 |
| 70    | 12,1 | 6,9  | 13,3  | 50,0  | 205,0 | 268,9 | 250,9 | 151,2 | 46,7  | 28,9  | 25,7  | 17,3 | 1457,4 |
| 60    | 15,8 | 9,9  | 20,2  | 68,3  | 236,7 | 301,7 | 283,4 | 173,1 | 61,1  | 38,4  | 33,4  | 23,5 | 1558,3 |
| 50    | 20,0 | 13,5 | 28,6  | 89,2  | 269,1 | 334,8 | 316,1 | 195,4 | 77,1  | 49,1  | 41,9  | 30,6 | 1656,8 |
| 40    | 24,8 | 18,0 | 39,1  | 114,1 | 304,4 | 370,2 | 351,4 | 219,6 | 95,6  | 61,8  | 51,7  | 39,0 | 1759,3 |
| 30    | 30,8 | 23,8 | 53,1  | 145,6 | 345,4 | 410,7 | 391,8 | 247,5 | 118,6 | 77,5  | 63,9  | 49,5 | 1873,6 |
| 25    | 34,6 | 27,5 | 62,1  | 165,3 | 369,6 | 434,3 | 415,5 | 264,0 | 132,8 | 87,2  | 71,3  | 56,1 | 1939,0 |
| 20    | 39,0 | 32,0 | 73,3  | 189,1 | 397,9 | 461,7 | 442,9 | 283,1 | 149,8 | 99,0  | 80,3  | 64,1 | 2013,5 |
| 10    | 52,4 | 46,2 | 108,5 | 262,0 | 478,8 | 539,0 | 520,7 | 337,7 | 201,1 | 134,7 | 107,2 | 88,5 | 2218,5 |
| Média | 29,3 | 24,7 | 47,8  | 122,2 | 291,2 | 352,9 | 335,1 | 209,7 | 97,1  | 67,6  | 56,8  | 44,2 | 1678,6 |

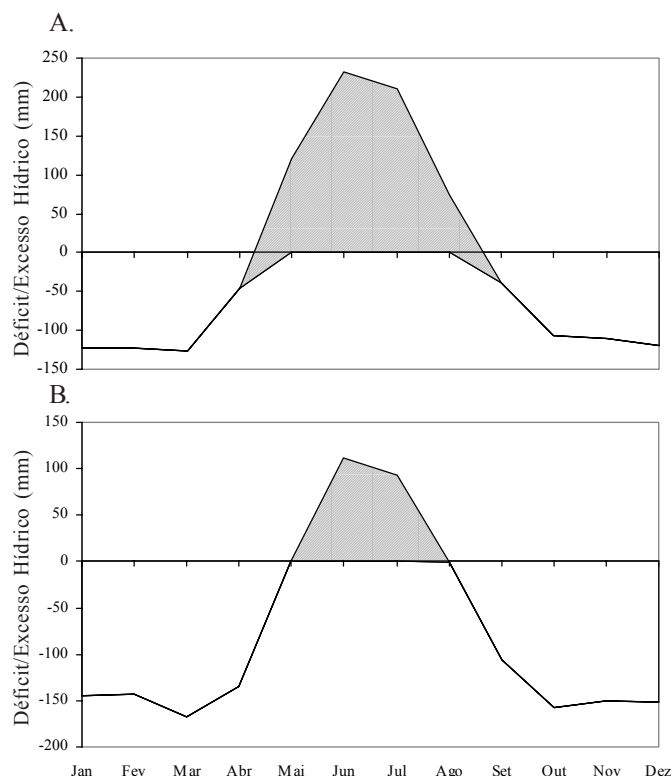


Figura 1. Extrato do balanço hídrico climático mensal para Boa Vista, RR, calculado pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), utilizando-se capacidade de água disponível 25 mm, considerando-se a precipitação normal (A) e a probabilidade de 80% (B)

precipitações. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Medina & Leite (1984) para mesma região.

Exceto para janeiro e fevereiro, período mais seco, as precipitações nos demais meses ajustaram-se à função de distribuição gama mista. Os resultados estão de acordo com Rodrigues & Pruski (1996) e Andrade Júnior & Bastos (1997) onde os períodos secos também não se ajustaram a distribuição gama. No geral, o valor médio mensal de precipitação pluviométrica ocorreu entre os níveis de 30 e 40% de probabilidade, exceto para os meses de maior precipitação (maio a agosto) cujos níveis se situam entre 40 e 50% (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Ribeiro & Lunardi (1997) para a região de Lavras, MG, e Andrade Júnior & Bastos (1997) para a região do cerrado do Piauí, enquanto Castro Neto & Silveira (1983) encontraram também em Lavras, para precipitação média valores de probabilidade variando de 21 a 42%. Desta forma, o uso do valor médio de precipitação como base em projetos agrícolas deve ser evitado.

Pela função normal, houve ajuste dos meses de abril a novembro e para o total anual; entretanto, o ajuste das precipitações mensais à curva de Gauss foi inferior ao ajuste dos dados à curva de distribuição gama. Resultados idênticos foram observados por Andrade Júnior & Bastos (1997) razão por que se recomenda o uso da distribuição gama em estudos visando à estimativa da precipitação provável.

Observou-se que o período chuvoso se estendeu de meados de abril a meados de setembro, considerando-se os dados normais de precipitação (Figura 1A). Embora essencial, a definição da

estação chuvosa não é, por si só, a única a ser observada para o plantio de sequeiro. Outros aspectos devem ser observados, tais como: características hídricas do solo, cultura a ser explorada, práticas culturais adotadas e presença de períodos de estiagem (veranicos) dentro do período chuvoso.

Segundo Bernardo (1995) o nível de 75 a 80% de probabilidade de ocorrência de chuva é o mais confiável para dimensionamento de projetos agrícolas ou de irrigação. Assim, calculou-se o balanço hídrico considerando-se uma probabilidade de precipitação de 80% e uma CAD de 25mm (Figura 1B), obtendo-se o período viável para agricultura de sequeiro de ciclo curto, que se estende por 4 meses. Nos outros 8 meses do ano, para que a exploração agrícola seja viável na região, haveria a necessidade do uso da irrigação integral e/ou complementar. É importante ressaltar que os solos de cerrado de Roraima apresentam baixa capacidade de retenção de água (Lopes, 1983) e fertilidade natural (EMBRAPA, 1992) sendo necessário uma análise econômica, antes da adoção de um pacote tecnológico que inclua o uso da irrigação.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir-se que:

1. O período de maior precipitação pluviométrica em Boa Vista, RR, tem início em abril e se prolonga até setembro, indicando um período viável de cultivo por seis meses com uso eventual de irrigação complementar.
2. Nos meses de junho e julho ocorrem as maiores precipitações do ano com médias superiores a 330 mm; e, considerando-se 80% de probabilidade de precipitação, há somente quatro meses (maio, junho, julho e agosto) cuja precipitação atende à demanda hídrica das culturas, sem necessidade de irrigação.
3. Os resultados de precipitação ajustam-se melhor a distribuição de probabilidade gama.

## LITERATURA CITADA

- Andrade Júnior, A.S. de; Bastos, E.A. Precipitação pluviométrica provável em municípios do cerrado piauiense. Teresina: EMPRABA-CPAMN, 1997. 22p. Documentos, 25
- Assis, F.N.; Arruda, H.V. de; Perreira, A.R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas: Ed. Universitária UFPel, 1996. 161p.
- Berlato, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: Bergamaschi, H. Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: Ed. Universitária UFRGS, 1992. cap.1, p.11-24.
- Bernardo, S. Manual de irrigação. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.
- Castro, L.H.R.; Moreira, A.N.; Assad, E.D. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos cerrados brasileiros. In: Assad, E.D. (coord.) Chuvas no cerrados: análise e espacialização. Brasília: Embrapa, CPAC; Embrapa, SPI, 1994. p.13-23.

- Castro Neto, P.; Silveira, J.V. Precipitação provável para Lavras-MG, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. III Períodos de 10 dias. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 7, p.58-65. 1983.
- Cunha, A.R.; Martins, D.; Passos, J.R.S. O modelo Gama de probabilidade aplicado ao estudo da distribuição da chuva na região administrativa de Bauru, SP. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25, Bauru, 1996. Anais... Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD-Rom
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima. Síntese da pesquisa agropecuária em Roraima. Boa Vista, RR. 1992. 60p.
- Frizzone, J.A. Análise de cinco modelos para o cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa, MG. Viçosa: UFV, 1979, 100p. Dissertação Mestrado
- Jensen, M.E. Design and operation of farm irrigation system. New York: ASAE. 1983. 829p.
- Lopes, A.S. Solos sob “cerrado”, características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto Potassa & Fosfato, 1983. 162p.
- Medina, B.F.; Leite, J.A. Probabilidade de chuvas em Boa Vista, RR. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, p.1437-1441. 1984.
- Pinto, N.L. de; Holtz, A.C.T.; Martins, J.A.; Gomide, F.L.S. Hidrologia básica. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1976. 278p
- Ribeiro, A.M. de A.; Lunardi, C. A precipitação mensal provável para Londrina, PR, através da função gama. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.12, p.37-44. 1997.
- Rodrigues, L.N.; Pruski, F.F. Precipitação provável para João Pinheiro, Minas Gerais, utilizando funções de distribuição de probabilidade gama e log-normal. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25, Bauru, 1996. Anais... Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD-Rom
- Thom, H.C.S. A note on the gamma distribution. *Monthly weather Review*. Washington, v.86, p.117-122. 1958.
- Thornthwaite, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, New Jersey, v.38, p.55-94, 1948.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. The water balance. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.
- Villela, S.M.; Mattos, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.