

RAIMUNDA MARIA BARROSO DE ALMEIDA

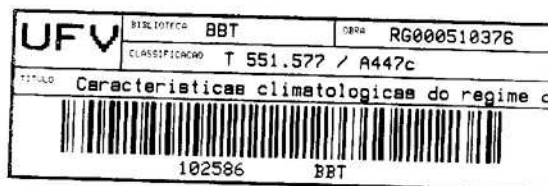
CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DO
REGIME DE CHUVA EM MINAS GERAIS

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
FEVEREIRO - 1995

RAIMUNDA MARIA BARROSO DE ALMEIDA

CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DO
REGIME DE CHUVA EM MINAS GERAIS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do
Título de "Magister Scientiae".



DOAÇÃO

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
FEVEREIRO - 1995

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

A447c
1995

Almeida, Raimunda Maria Barroso de, 1954-
Características climatológicas do regime de chuva
em Minas Gerais/Raimunda Maria Barroso de Almeida. -
Viçosa : UFV, 1995.
64p. : il.

Orientador: José Maria Nogueira da Costa.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

1. Precipitação - Minas Gerais. 2. Climatologia -
Minas Gerais. I. Universidade Federal de Viçosa. II.
Título.

CDD 18.ed. 551.577

CDD 19.ed. 551.577

RAIMUNDA MARIA BARROSO DE ALMEIDA

CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DO
REGIME DE CHUVA EM MINAS GERAIS

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das
Exigências do Curso de Meteorolo-
gia Agrícola, para Obtenção do
Título de "Magister Scientiae".

APROVADA: 17 de junho de 1994.


Prof. José Helvécio Martins
(Conselheiro)


Prof. Marcos Heil Costa


Prof. Hélio Alves Vieira
(Conselheiro)


Prof. Sérgio Zolnier


Prof. José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

A meu pai José Leonardo e
a minha mãe Maria Barroso, pela
minha capacidade de trabalho e pelo
constante apoio nos momentos críticos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que, nas horas de aflição, deu-me força e tranqüilidade.

São tantos a quem devo, que estou consciente do erro que cometo ao citar nomes - a memória é sempre falha, assim como a consciência da dívida.

A meus irmãos, Artur e Jeovan, e irmãs, Rosa, Socorro e Leila, pelo estímulo e pela tolerância.

BIOGRAFIA

RAIMUNDA MARIA BARROSO DE ALMEIDA, filha de José Leonardo de Almeida e Maria Barroso de Almeida, nasceu em Capanema, Estado do Pará. Em 1980, graduou-se em Meteorologia, pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Em 1992, ingressou no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em 1990, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Dias Secos e Chuvosos	3
2.2. Cadeia de Markov	4
2.3. Distribuição Gama	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Distribuição de Probabilidade de Dias Secos e Chuvosos	14
3.2. Precipitação Provável	14
3.3. Análise Comparativa do Regime de Chuva das Localidades Estudadas	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Caracterização do Regime de Chuva em Minas Gerais	20
4.1.1. Variação Anual	20

4.1.2. Precipitação Mensal	23
4.1.3. Precipitação Média Decendial	35
4.2. Distribuição de Probabilidade de Precipitação .	44
5. RESUMO E CONCLUSÕES	52
BIBLIOGRAFIA	55
APÊNDICE	59
APÊNDICE A	60

EXTRATO

ALMEIDA, Raimunda Maria Barroso, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 1995. Características Climatológicas do Regime de Chuva em Minas Gerais. Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Professores Conselheiros: José Helvécio Martins e Hélio Alves Vieira.

O regime de chuva no Estado de Minas Gerais foi caracterizado em bases anual, mensal, decendial e diária, usando-se séries históricas de dados diários de precipitação de 30 localidades. Um modelo probabilístico, com base na cadeia de Markov e na distribuição de probabilidade gama incompleta, foi ajustado aos dados diários da localidade de Viçosa. A precipitação média anual, em Minas Gerais, varia de valores abaixo de 900 mm, nas microrregiões de Itacambira e Médio Jequitinhonha, a valores acima de 1.600 mm, na microrregião centro-oeste do estado. O número de dias chuvosos por ano apresenta tendência de decréscimo de sudoeste para nordeste do estado. As microrregiões do Alto Parnaíba, Sul e Zona da Mata apresentam médias

superiores a 100 dias de chuva por ano, enquanto que a localidade de Janaúba, na microrregião do Alto Médio São Francisco, apresenta média de, apenas, 61 dias de chuva por ano. O regime de chuva em Minas Gerais caracteriza-se por uma estação seca e uma estação chuvosa bem definidas, sendo que as maiores ocorrem nos meses de dezembro e janeiro, e as menores ocorrem nos meses de junho, julho e agosto. Cerca de 80% das precipitações em Minas Gerais ocorrem durante a estação de crescimento, de outubro a março. Os maiores totais pluviométricos foram observados no terceiro decêndio de janeiro e os menores totais de chuva ocorreram no segundo decêndio de junho. A frequência relativa decencial de dias secos varia de 94,6%, no segundo decêndio de junho em Araçuaí, a 3,3%, no primeiro e terceiro decêndios em Lavras. O modelo proposto Gama/Markov, para a localidade de Viçosa, Minas Gerais, permite gerar valores de probabilidades, a fim de se obterem informações sobre ocorrência de precipitação, em períodos de cinco, 10 e 30 dias. Na estimativa dos coeficientes para o ajustamento do modelo, foi constatado melhor ajuste aos dados da estação chuvosa, que compreende os meses de outubro a março, que é o período de desenvolvimento das culturas agrícolas das regiões estudadas. Os resultados obtidos pelo modelo proposto foram tão bons quanto os obtidos pela distribuição gama, em diferentes meses e períodos. Quando se analisou, separadamente, os resultados do modelo proposto e da distribuição gama, verificou-se que a distribuição gama ajusta-se aos dados em meses distintos, enquanto que o modelo proposto adequou-se melhor aos meses da estação chuvosa.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso da produção agrícola, principalmente em áreas não-irrigadas, é altamente dependente das características do regime de chuva. O conhecimento das chuvas, em termos de duração, quantidade e distribuição, é básico para o planejamento das atividades agrícolas, tais como: definição de datas mais apropriadas para o preparo do solo e plantio, definição de macrorregiões com potencial agrícola e elaboração de projetos de irrigação suplementar. Vários métodos têm sido utilizados na análise de dados de chuvas. O método tradicional consiste em expressarem-se os dados de chuva em totais acumulados, em períodos cuja duração varia de cinco a 30 dias, estimando-se as probabilidades de ocorrência de eventos relacionados com as chuvas nos respectivos períodos. Segundo STERN (1980), o uso desses procedimentos acarreta perdas consideráveis de informações úteis, que impossibilitam, por exemplo, a determinação da duração de períodos secos e chuvosos. Outra

conseqüência dessa totalização, segundo o mesmo autor, é a necessidade de longas séries de dados para a obtenção de resultados satisfatórios. STERN e COE (1982) afirmaram que o ajuste de modelos probabilísticos aos dados diários de chuva, além de fornecer um resumo sucinto desses dados, representa uma técnica de maior eficiência de análise dessa informação.

A realização de análises comparativas dos regimes de chuva para diferentes regiões do Estado de Minas Gerais permitirá a identificação de semelhanças e diferenças, em relação à quantidade e freqüência de chuvas das localidades estudadas, visando à adoção de práticas e recomendações de tecnologias apropriadas para o uso na agricultura.

O presente trabalho pretende atingir os seguintes objetivos:

- a. caracterizar o regime de chuva em Minas Gerais, em bases anual, mensal, decendial e diária; e
- b. ajustar modelo probabilístico aos dados diários de chuva para Viçosa, Minas Gerais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Dias Secos e Chuvosos

Vários critérios têm sido propostos para caracterizar um dia seco. STERN (1980) define dia seco como aquele em que o total de precipitação for menor ou igual a 0,3 mm. WOLF (1977) afirma que a definição de um dia seco deve basear-se em determinada quantidade de chuva que seja pequena e, relativamente, pouco importante para a cultura. GATES e TONG (1976) consideraram precipitação diária até 0,1 mm como dia seco. KATZ (1977) considerou dias com precipitação abaixo de 2,54 mm (1/10 de polegada) como secos. CHATFIELD (1966) recomenda o valor de 1,0 mm de chuva diária, abaixo do qual considera-se como dia seco. Outro critério, adotado por WOLF (1977), considera dia seco aquele em que a evapotranspiração real é maior que a chuva ocorrida nesse mesmo dia. Segundo GABRIEL e NEUMANN (1962), um dia é considerado seco quando nenhuma precipitação mensurável

ocorrer. GREGORY et alii (1992) consideram dia chuvoso aquele que apresentar valor de precipitação de, pelo menos, 0,1 mm. SIVAKUMAR (1992) delimita um dia como sendo seco quando a precipitação for menor que 0,85 mm.

O conhecimento da probabilidade de ocorrência de períodos secos de uma determinada localidade é de grande utilidade na programação das atividades agrícolas. De acordo com Longley, citado por WEISS (1964), a frequência (y) de períodos secos e chuvosos de n dias, ajustada através dos mínimos quadrados, é dada por:

$$\log(y) = a + b(n), \quad (1)$$

em que

y = número de períodos com n ou mais dias secos;
 n = número de dias do período; e
 a e b = constantes empíricas para cada localidade.

Entretanto, essa afirmação estará correta se a relação entre $\log(y)$ e n for linear. CASTRO NETO et alii (1980a), utilizando esse tipo de regressão para Lavras, Minas Gerais, a partir de dados coletados em um período de 29 anos, obtiveram resultados satisfatórios.

2.2. Cadeia de Markov

A noção de persistência no tempo e clima não é nova, mas há apenas três décadas que os modelos Markovianos vêm

sendo aplicados nos processos climatológicos que apresentam modelagem seqüencial. As análises de precipitação diária, em séries temporais, tendem, sempre, a revelar a existência de dependência estocástica. Existe uma tendência para dias chuvosos e dias secos, agrupados em respectivas seqüências. Essa realidade meteorológica persistente pode ser melhor descrita pelo modelo da cadeia de Markov de ordem apropriada, correspondente à ordem de dependência condicional do fenômeno físico. Um modelo muito utilizado é o de primeira ordem ou, simplesmente, Cadeia de Markov. O modelo de suposições é aquele em que a probabilidade de precipitação, em qualquer dia, depende da ocorrência ou não de chuva no dia anterior.

Vários autores (GABRIEL e NEUMANN, 1962; WEISS, 1964; FEYERHERM e BARK, 1967; STERN, 1980 e 1982; e GREGORY et alii, 1992) utilizaram a cadeia de Markov para descrever as ocorrências de seqüências de precipitação diária, em diferentes localidades. Um trabalho clássico desse tipo de aplicação foi feito por GABRIEL e NEUMANN (1962), em um estudo para se ajustarem os dados de ocorrência de chuva diária em Tel Aviv, com resultados satisfatórios, especialmente, para distribuição do número de dias chuvosos em qualquer período.

A cadeia de Markov pode ser descrita por duas probabilidades condicionais:

$$p_0 = \text{Pr} (C/S), \quad (2)$$

p_0 = probabilidade de dia chuvoso (C), se o dia anterior foi seco (S); e

$1 - p_0$ = probabilidade de dia seco (S), se o dia anterior foi seco (S).

$$p_1 = \text{Pr} (C/C), \quad (3)$$

p_1 = probabilidade de dia chuvoso (C), se o dia anterior foi chuvoso (C); e

$1 - p_1$ = probabilidade de dia seco, se o dia anterior foi chuvoso.

WEISS (1964) obteve resultados considerados satisfatórios, ao usar a cadeia de Markov para descrever seqüências de dias secos e chuvosos, em séries de vários tamanhos e para várias localidades, climaticamente diferentes.

THODOROVIC e WOOLHISER (1975) recomendam a aplicação da cadeia de Markov de dois estados, para prognosticar a ocorrência de seqüência de dias secos e, ou, chuvosos, em diferentes intervalos de tempo. STERN (1980), também, obteve bons resultados com o uso da cadeia de Markov de primeira ordem, ao analisar dados diários de chuva em Samaru, Nigéria, demonstrando as vantagens desse procedimento sobre aqueles que resumem os dados de chuva em períodos de 10 ou 30 dias. MELO (1989) obteve resultados satisfatórios na estimativa das probabilidades de dias chuvosos, em períodos mensais de quatro localidades do Estado de Minas Gerais e em duas localidades do Estado

de Goiás, ao ajustar modelos com base na cadeia de Markov de segunda ordem aos dados diários de chuva.

COE e STERN (1982) recomendam o uso da cadeia de Markov de primeira ou de segunda ordem para descrever a ocorrência diária de chuva, na maioria dos casos. Esses autores recomendam a cadeia de Markov de primeira ordem, que descreve satisfatoriamente a ocorrência de chuva, devido a maior simplicidade no cálculo de outras quantidades e pelo menor número de parâmetros a serem estimados. GREGORY et alii (1992), também, recomendam o uso da cadeia de Markov de primeira ordem na modelagem de uma série de dados de precipitação diária.

Existem, entretanto, alguns casos citados por GABRIEL e NEUMANN (1962), FEYERHERM e BARK (1965) e STERN (1982), em que a cadeia de Markov de 1ª ordem não é a mais adequada para descrever a ocorrência de precipitação diária, havendo necessidade de se considerarem ordens de dependências maiores que um, nos modelos estocásticos. A determinação da ordem mais apropriada da cadeia de Markov para descrever a ocorrência de precipitação diária deve-se basear em uma série de dados, levando-se em conta procedimentos do teste de hipótese, do teste chi-quadrado ou, ainda, do princípio da máxima verossimilhança.

2.3. Distribuição Gama

A distribuição de probabilidade Gama, que descreve a distribuição de frequência das quantidades de chuvas, pode

ser expressa, segundo THOM (1966), pela seguinte equação:

$$G(k) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^k x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx, \quad (4)$$

para $\alpha > 0$, $\beta > 0$ e $\Gamma(\alpha) > 0$,

em que

$G(k)$ = probabilidade de ocorrer uma quantidade de precipitação igual ou inferior a k ;

x = variável aleatória de precipitação (mm);

β = parâmetro de escala da variável aleatória x ;

α = parâmetro de forma;

= função gama; e

k = valor de precipitação que tem probabilidade acumulada $G(k)$ de ocorrer.

A função gama é definida por:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\alpha-1} dx. \quad (5)$$

A distribuição gama, aplicada aos dados diários de chuva, tem sido utilizada por muitos pesquisadores (ISON et alii, 1971; FRIZZONE, 1979; COE e STERN, 1982; e MELO,

1989). Sob as mais variadas condições climáticas, essa distribuição tem se mostrado adequada para descrever a distribuição das quantidades de chuva. COE e STERN (1982) usaram a distribuição gama para modelar as quantidades diárias de chuva, em localidades da Jordânia, Nigéria, Botswana e Sri Lanka, assumindo a variação do parâmetro de escala, durante o ano, e o parâmetro de forma constante, tendo obtido resultados satisfatórios.

Ao analisar cinco modelos para o cálculo da distribuição e frequência de precipitação em Viçosa, Minas Gerais, FRIZZONE (1979) concluiu que a distribuição gama incompleta proporcionou estimativas satisfatórias das quantidades de chuva, nos períodos de cinco, 10, 15 e 30 dias. MELO (1989), ao ajustar a distribuição gama aos dados diários de chuva de seis localidades dos Estados de Minas Gerais e Goiás, constatou uma dependência entre o parâmetro de escala e a precipitação média mensal dos dias chuvosos.

Vários trabalhos têm explorado o potencial de informações úteis no planejamento de atividades agrícolas a partir da análise dos dados de chuva. GOODWIN e SANS (1976) analisaram a interação entre probabilidade de chuva, data de plantio e consumo de água da cultura de milho em Sete Lagoas, Minas Gerais, tendo concluído que, para plantios realizados entre os dias primeiro e 11 de outubro, há grande probabilidade de ocorrência de chuva igual ou superior à evapotranspiração potencial, durante o período de polinização. Com base em 35 anos de dados pluviométricos diários de Sete Lagoas, Minas Gerais, SANS e

GOODWIN (1976) avaliaram as relações entre precipitação, balanço de água no solo, estágio fenológico da cultura de milho e data de plantio, tendo selecionado o período anterior a 20 de outubro como a época de plantio mais favorável e o período a partir de 8 de novembro como a época mais desfavorável, com base na ocorrência de períodos secos e temperaturas elevadas, durante o ciclo da cultura.

WOLF (1977) determinou as probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF, usando 42 anos de dados diários, tendo identificado o período a partir do final de dezembro até a metade de janeiro como o de maior predominância de ocorrência de períodos secos. CASTRO NETO et alii (1980a) ajustaram uma função potencial aos dados diários de chuva para a regiões de Lavras, Minas Gerais, para identificarem os meses que apresentam maiores probabilidades de ocorrência de períodos secos. Usando esse mesmo procedimento, CASTRO NETO et alii (1980b) verificaram que as maiores probabilidades de ocorrência de períodos chuvosos em Lavras ocorreram nos meses de novembro a março. MAROUELLI (1983) analisou a distribuição das probabilidades de chuva para Viçosa, Minas Gerais, visando à sua utilização no manejo da irrigação suplementar, tendo concluído que o modelo com base nas probabilidades de ocorrência de períodos secos foi o mais satisfatório.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados, neste trabalho, dados diários de chuva de 30 localidades do Estado de Minas Gerais, conforme ilustra a Figura 1, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia. A seleção das localidades baseou-se na representatividade espacial, no Estado de Minas Gerais, e na disponibilidade de longas e contínuas séries de registros de precipitação diária. O Quadro 1 apresenta as coordenadas geográficas dessas localidades e os períodos correspondentes aos dados disponíveis.

Neste trabalho, foi considerado dia chuvoso apenas aquele que apresenta registro de precipitação maior ou igual a 1,0 mm. Seqüências, incluindo dados faltosos, foram ignoradas, e, nos anos bissextos, foram descartados da análise os dados do dia 29 de fevereiro. Um resumo estatístico, em termos de valores médios mensais e decendiais de precipitação com os respectivos desvios padrões, foi calculado. Também foi calculado os dois

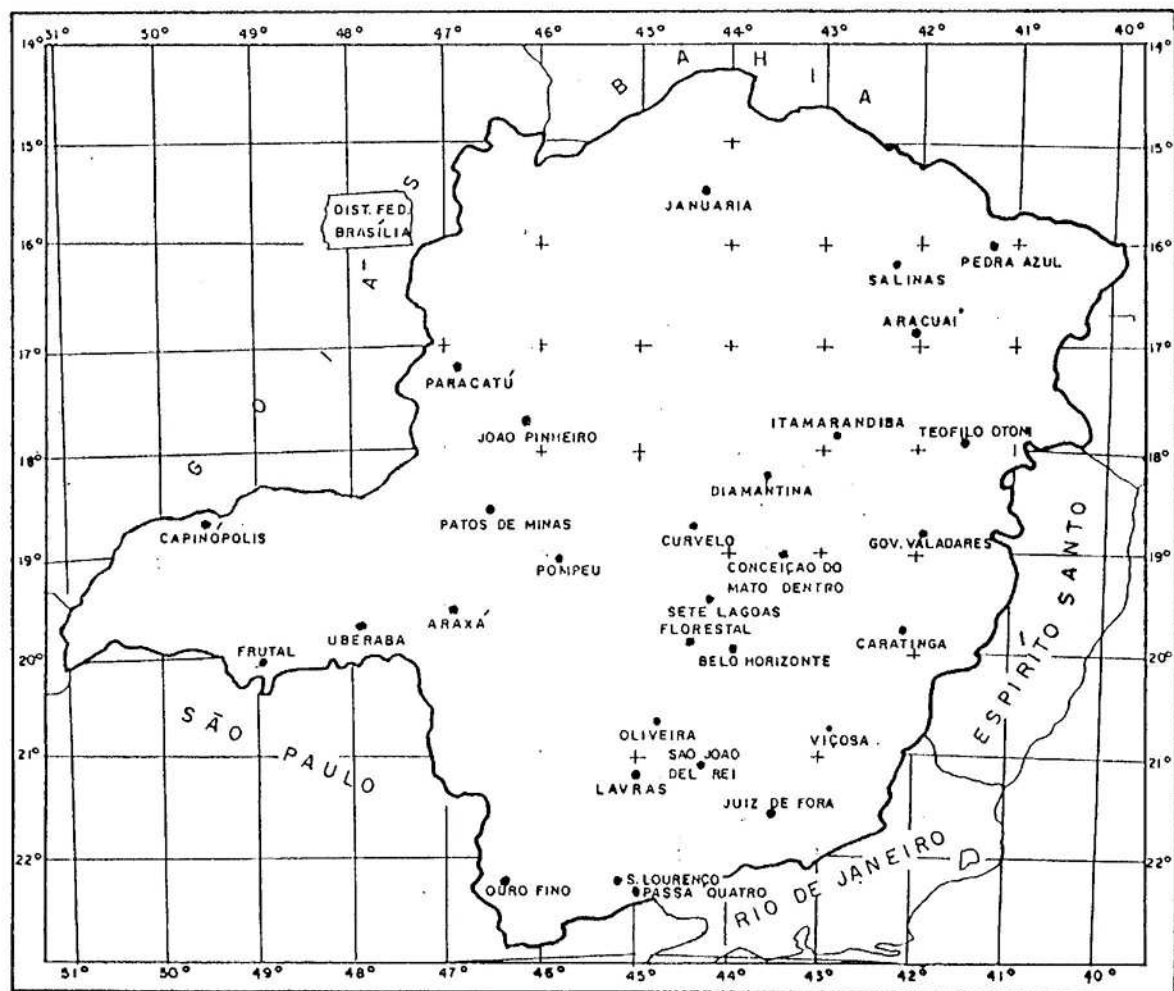


FIGURA 1 - Municípios utilizados para coleta de dados de precipitação, em Minas Gerais.

QUADRO 1 - Localização geográfica das estações meteorológicas e período de observação

Localidade (MG)	Latitude (S)	Longitude (W.Gr.)	Altitude (m)	Período (Ano)
Araçuaí	15° 52'	42° 04'	284,39	61-90
Araxá	19° 34'	46° 56'	1.003,81	71-90
Belo Horizonte	19° 56'	43° 56'	850,02	61-90
Conceição do Mato Dentro	19° 02'	43° 26'	652,00	61-90
Curvelo	18° 46'	49° 26'	616,16	61-90
Caratinga	19° 48'	49° 02'	609,05	71-90
Capinópolis	18° 41'	43° 34'	628,60	71-90
Diamantina	18° 15'	43° 36'	1.296,12	72-90
Florestal	19° 52'	44° 25'	748,76	61-90
Frutal	20° 02'	48° 56'	543,67	81-90
Governador Valadares	18° 51'	41° 56'	277,45	61-90
Itamarandiba	17° 51'	42° 51'	1.097,00	62-90
Januária	15° 26'	44° 22'	473,71	79-90
Juiz de Fora	21° 46'	43° 21'	939,96	61-90
João Pinheiro	17° 42'	46° 10'	760,36	61-90
Lavras	21° 14'	45° 00'	918,48	61-90
Ouro Fino	22° 17'	46° 22'	925,71	81-90
Oliveira	20° 41'	44° 49'	966,50	62-90
Passa Quatro	22° 33'	44° 58'	920,00	80-90
Patos de Minas	18° 36'	46° 31'	948,28	61-90
Paracatu	17° 13'	46° 52'	711,40	73-90
Pedra Azul	16° 00'	41° 17'	648,00	72-90
Pompeu	19° 13'	45° 00'	690,91	73-90
Salinas	16° 10'	42° 48'	471,32	75-90
São João Del Rei	21° 18'	44° 16'	991,00	61-90
São Lourenço	22° 06'	44° 01'	900,32	61-90
Sete Lagoas	19° 28'	44° 15'	732,00	61-90
Teófilo Otoni	17° 51'	41° 38'	356,38	61-90
Uberaba	19° 45'	47° 55'	742,00	61-90
Viçosa	20° 45'	42° 51'	689,76	24-90

parâmetros da distribuição gama e a frequência de dias secos e chuvosos, em cada mês, e os quantis de 20, 50 e 80% da precipitação mensal e decendial de 10 localidades.

3.1. Distribuição de Probabilidade de Dias Secos e Chuvosos

Admitindo-se que a probabilidade de chuva, em um dia, varie com as condições do dia anterior, seco ou chuvoso, foi utilizado um modelo do tipo cadeia de Markov de primeira ordem que fornece descrição adequada das probabilidades de ocorrência de precipitação, em qualquer dia do ano. Essas probabilidades, condicionais em cada dia do ano, foram estimadas a partir do cálculo das proporções de dias chuvosos, separadamente, considerando-se as duas possíveis condições, ocorridas no dia anterior, para o período de anos, mediante aplicação da fórmula:

$$P (C/S) = \frac{\text{NO de dias chuvosos precedidos de dias secos}}{\text{NO de anos com dados}} \quad (6)$$

$$P (C/C) = \frac{\text{NO de dias chuvosos precedidos de dias chuvosos}}{\text{NO de anos com dados}} \quad (7)$$

3.2. Precipitação Provável

Admitindo-se que a quantidade diária de chuva segue uma distribuição gama, estimou-se a precipitação provável, em nível de 75% de probabilidade, para períodos de cinco dias, usando-se a função gama incompleta, por meio da

equação 4, cujos parâmetros α e β podem ser estimados por meio das seguintes expressões, derivadas por THOM (1958):

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \sqrt{\frac{1 + 4A}{3}}, \quad (8)$$

$$\hat{\beta} = \bar{x}/\hat{\alpha},$$

em que

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\ln(x)}{N}, \quad (10)$$

N = número de dados (maior que zero) que compõem a série (semanal, pentadal, diária etc);

\bar{x} = precipitação média no período; e

x = precipitação (semanal, pentadal, diária etc).

A Figura 2 ilustra a função de probabilidade gama incompleta.

No caso em que a série de dados de precipitação contiver um ou mais valores iguais a zero, foi usada uma função de distribuição mista (THOM, 1966), dada por:

$$P = P_0 + P_1 \cdot G(x), \quad (11)$$

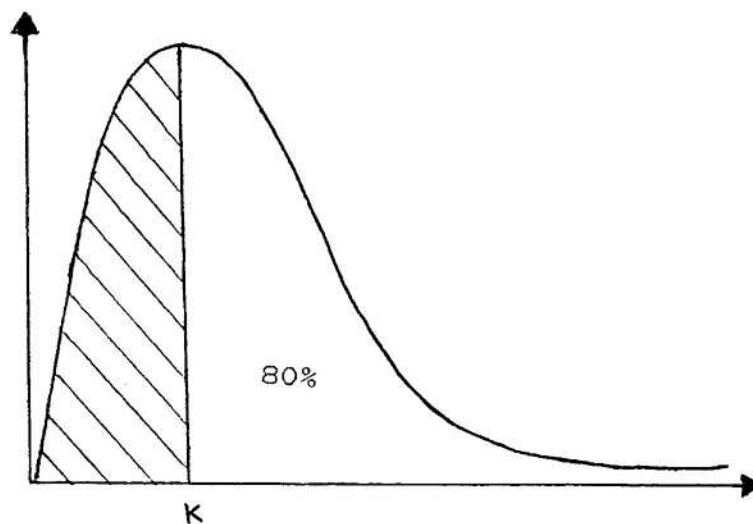


FIGURA 2 - Gráfico da função de probabilidade gama incompleta, exemplificando o percentual de 20%.

em que

P = probabilidade mista de ocorrência de precipitação x ;

P_0 = probabilidade de que x seja igual a zero; e

P_1 = probabilidade de que x seja maior que zero.

Sendo n_0 o número de zeros numa série de precipitação, P_1 e P_0 podem ser calculados como:

$$P_0 = \frac{n_0}{N + n_0 + 1}, \quad (12)$$

$$P_1 = 1 - P_0. \quad (13)$$

O nível de probabilidade foi fixado em 75%, e calculou-se o valor limite k de precipitação, em milímetro, que tem 75% de probabilidade de ser superada (Figura 2), ou seja, utilizou-se o nível $P = 20\%$, o que significa 80% de probabilidade de que a precipitação x supere o valor k .

3.3. Análise Comparativa do Regime de Chuva das Localidades Estudadas

Uma análise comparativa do regime de chuva das localidades estudadas foi feita com base na distribuição de precipitação, observada em cada um dos meses. Os valores nulos e inferiores a 1,0 mm (dia seco), nas seqüências mensais, decendiais e pentadais, foram separados dos valores maiores ou iguais a 1,0 mm.

Uma descrição detalhada do regime de chuva, em cada localidade, foi ilustrada por meio de mapas. Essa análise foi complementada comparando-se a variação mensal e sazonal das quantidades de chuvas com números de dias secos e chuvosos entre as localidades.

Apesar de a distribuição de probabilidade gama já fornecer estimativas relativamente confiáveis da probabilidade de ocorrência de precipitação, a sua

estimativa é feita com base, apenas, em dados climáticos, não levando em conta informação alguma do ano em questão. Desenvolveu-se, então, um modelo combinando a cadeia de Markov e a distribuição gama, com a estrutura básica semelhante ao modelo da distribuição de probabilidade gama. No modelo proposto, considerou-se a situação atual do tempo meteorológico e, a partir dessa informação, determinou-se a probabilidade de ocorrer determinada quantidade de chuva.

A diferença entre o modelo proposto e o tradicional reside nas probabilidades de chover (P1) ou não chover (P0); no modelo tradicional, esses valores são determinados fazendo-se, apenas, o uso de dados climáticos (equação 12 e 13). Entretanto, no modelo proposto, parte-se de uma situação inicial conhecida. Se o dia anterior foi seco, tem-se:

$$P_0 = \frac{P(S/S)}{[P(S/S) + P(C/S)]}, \quad (14)$$

$$P_1 = \frac{P(C/S)}{[P(S/S) + P(C/S)]}. \quad (15)$$

Analogamente, se o dia anterior foi chuvoso, tem-se:

$$P_0 = \frac{P(S/C)}{[P(S/C) + P(C/C)]}, \quad (16)$$

$$P_1 = \frac{P(C/C)}{[P(S/C) + P(C/C)]}. \quad (17)$$

Para testar o modelo, utilizou-se a série de dados diários de Viçosa, a mais longa disponível (67 anos), sendo que, aproximadamente, 2/3 da série (43 anos) foram utilizados para se obterem os coeficientes α , β e os parâmetros $P(S/C)$, $P(C/C)$, $P(S/S)$ e $P(C/S)$. Em seguida, procedeu-se ao ajustamento das equações 14 a 17 para cada período.

Após o ajustamento dessas equações, determinaram-se as probabilidades de precipitação, referentes a níveis de 20, 40, 60, 80 e 96%, tomando-se como referência o restante da série (24 anos), para análise dos resultados.

As comparações entre os dados observados, os estimados pela distribuição gama e pelo modelo combinado Markov/Gama foram realizadas por meio do estudo de gráficos e dos desvios lineares.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do Regime de Chuva em Minas Gerais

Com base em dados diários de precipitação, registrados nas estações climatológicas do Estado de Minas Gerais, determinaram-se as médias anuais, mensais, pontos percentuais de 20, 50 e 80% e, também, as probabilidades de ocorrência de dias chuvosos, seguidos de dias secos, ou chuvosos e as precipitações dependentes diárias, em níveis selecionados de probabilidade.

4.1.1. Variação Anual

A precipitação média anual em Minas Gerais varia de valores abaixo de 900 mm, nas microrregiões de Itacambira e Médio Jequitinhonha, a valores acima de 1.600 mm, na microrregião centro-oeste do Estado, conforme mostra a Figura 3. Apesar de o decréscimo de, aproximadamente, 700 mm na

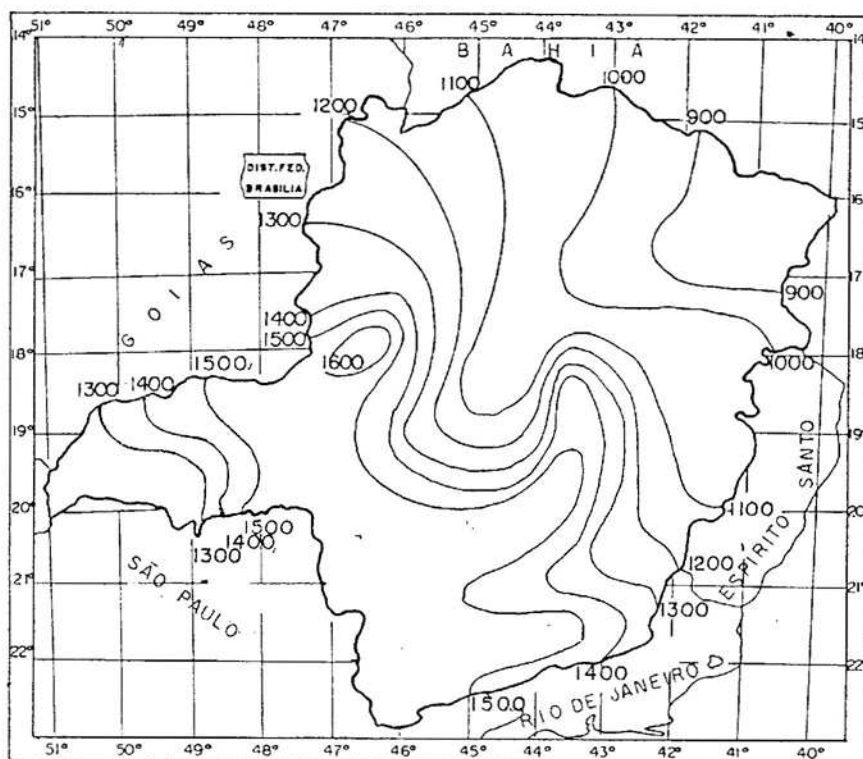


FIGURA 3 - Mapa de isoietas anuais (mm) do Estado de Minas Gerais.

precipitação da microrregião centro-oeste para nordeste do Estado, cerca de 80% das localidades apresentam precipitação acima de 1.050 mm.

O decréscimo do número de dias chuvosos por ano, de sudoeste para nordeste, pode ser observado na Figura 4 (A). As microrregiões do Alto Paranaíba, Sul e Zona da Mata apresentaram médias superiores a 100 dias de chuva por ano, enquanto a localidade de Januária, na microrregião do Alto Médio São Francisco, apresentou média anual de, apenas, 61 dias de chuva.

A razão entre a precipitação média anual e o número de dias chuvosos está apresentada na Figura 5 (B). Os

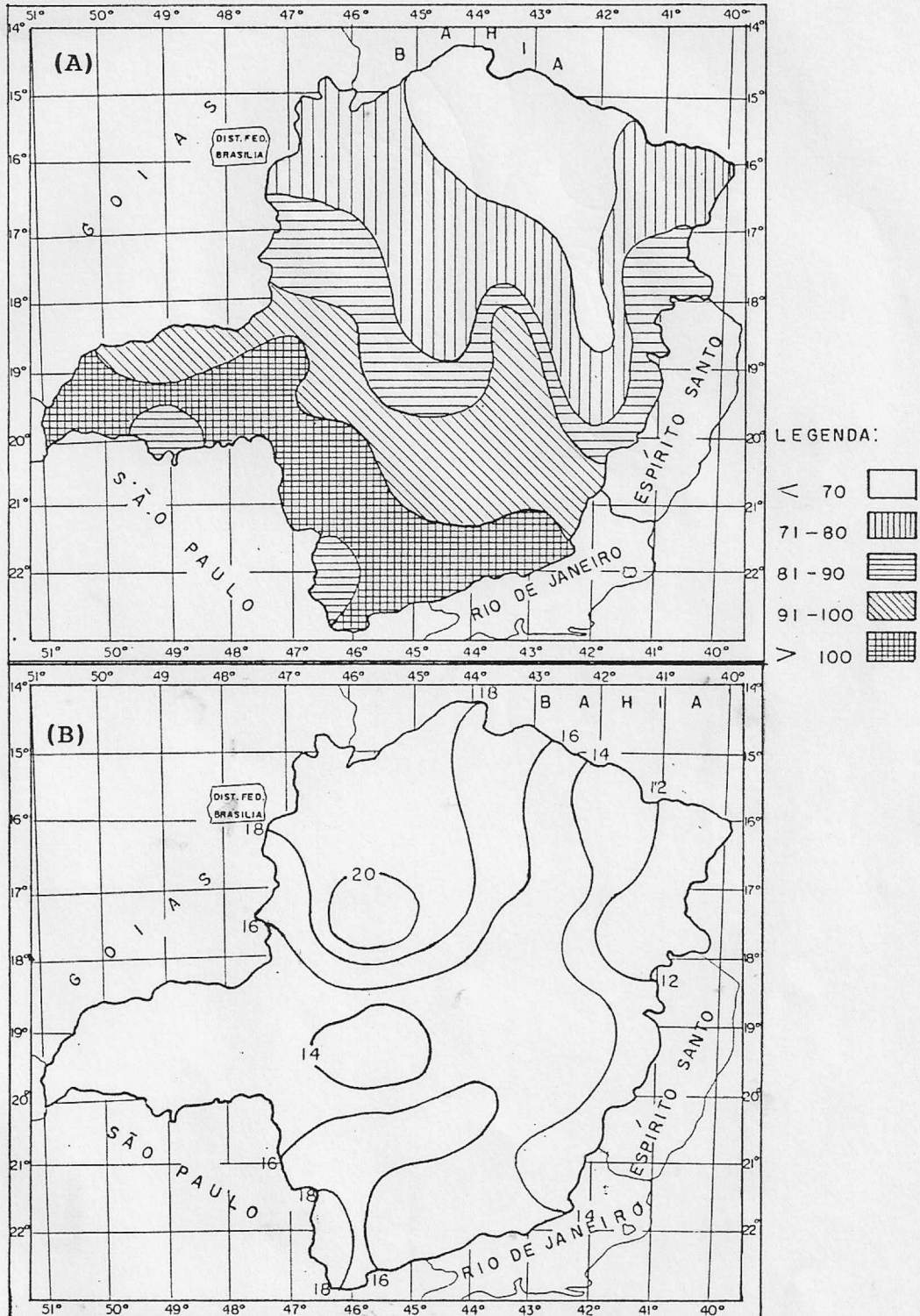


FIGURA 4 - Distribuição do número médio anual (A), razão entre a altura pluviométrica (B) e o número de dias chuvosos (mm/dia), no Estado de Minas Gerais.

maiores valores dessa razão foram observados nas microrregiões Metalúrgica e Alto Médio São Francisco, com médias acima de 16 mm, por dia chuvoso, e os menores valores ocorreram nas microrregiões do Médio Jequitinhonha e Mucuri, com médias em torno de 11 mm por dia chuvoso.

4.1.2. Precipitação Mensal

As precipitações mensais de 30 localidades do Estado de Minas Gerais estão apresentadas nas Figuras 6 a 10 (A e B). Essas Figuras caracterizam as ocorrências de uma estação chuvosa e uma estação seca bem definidas. Dezembro e janeiro são os meses em que ocorrem maior precipitação, em Minas Gerais, com valores médios em torno de 250 mm. Os meses de junho, julho e agosto são os que apresentam menor precipitação, com médias abaixo de 20 mm. A precipitação, durante todos os meses do ano, no Estado de Minas Gerais, apresenta variação espacial semelhante à observada no regime anual, com decréscimo da precipitação de sudoeste para nordeste.

Cerca de 80% da precipitação, em Minas Gerais, ocorrem de outubro a março. Esses totais pluviométricos variam de valores abaixo de 800 mm a nordeste, abrangendo as microrregiões do Médio São Francisco, Itacambira e Médio Jequitinhonha, a mais de 1.300 mm a sudoeste do Estado, como ilustra a Figura 11 (A). O número de dias chuvosos durante a estação de crescimento também decresce do sudoeste para nordeste, variando de mais de 85 dias a menos de 55 (Figura 19 (B)).

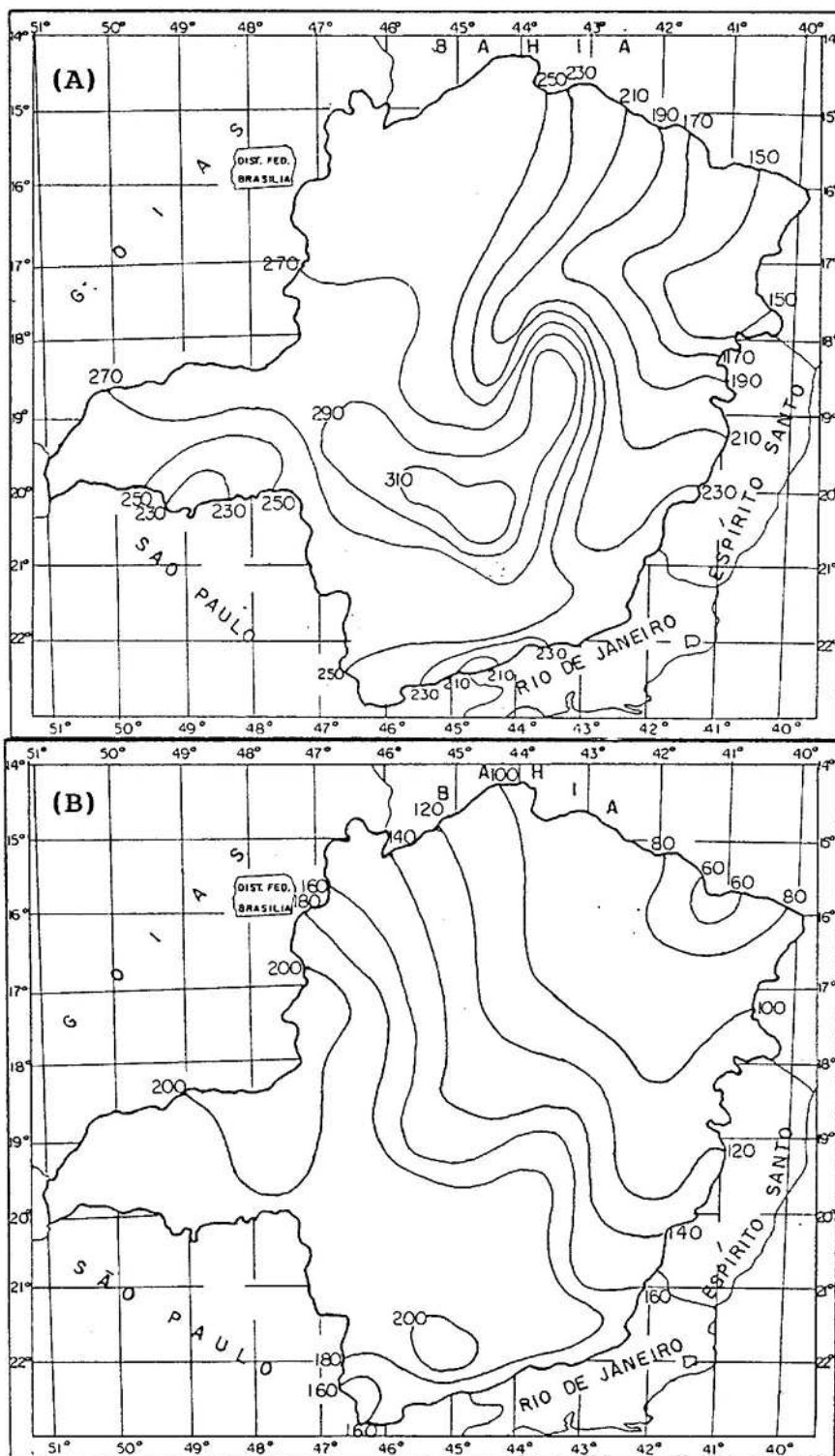


FIGURA 5 - Mapa de isoietas (mm), para o mês de janeiro (A) e para o mês de fevereiro (B), no Estado de Minas Gerais.

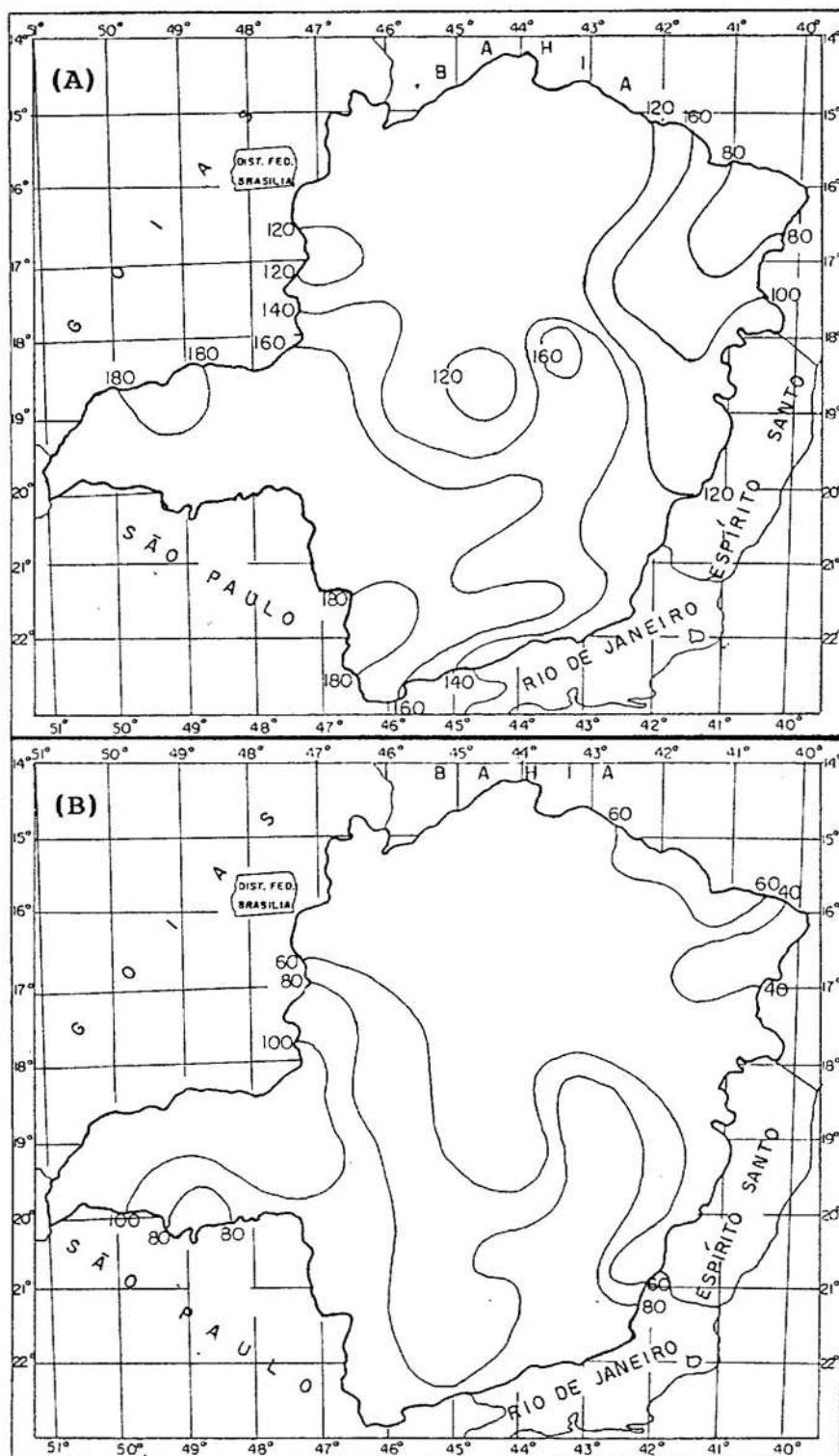


FIGURA 6 - Mapa de isoietas (mm), para o mês de março (A) e para o mês de abril (B), no Estado de Minas Gerais.

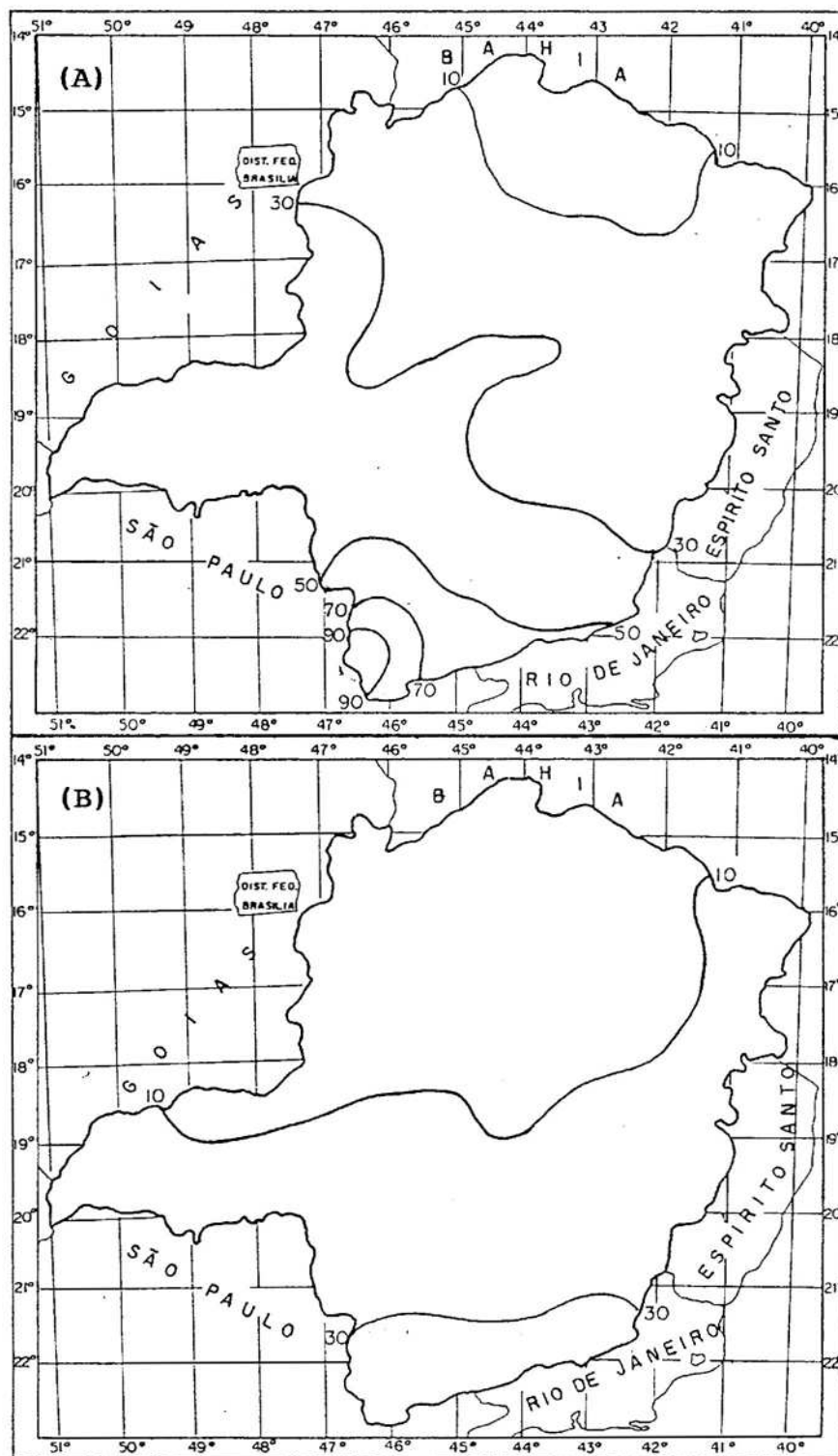


FIGURA 7 - Mapa de isoietas (mm), para o mês de maio (A) e para o mês de junho (B), no Estado de Minas Gerais.

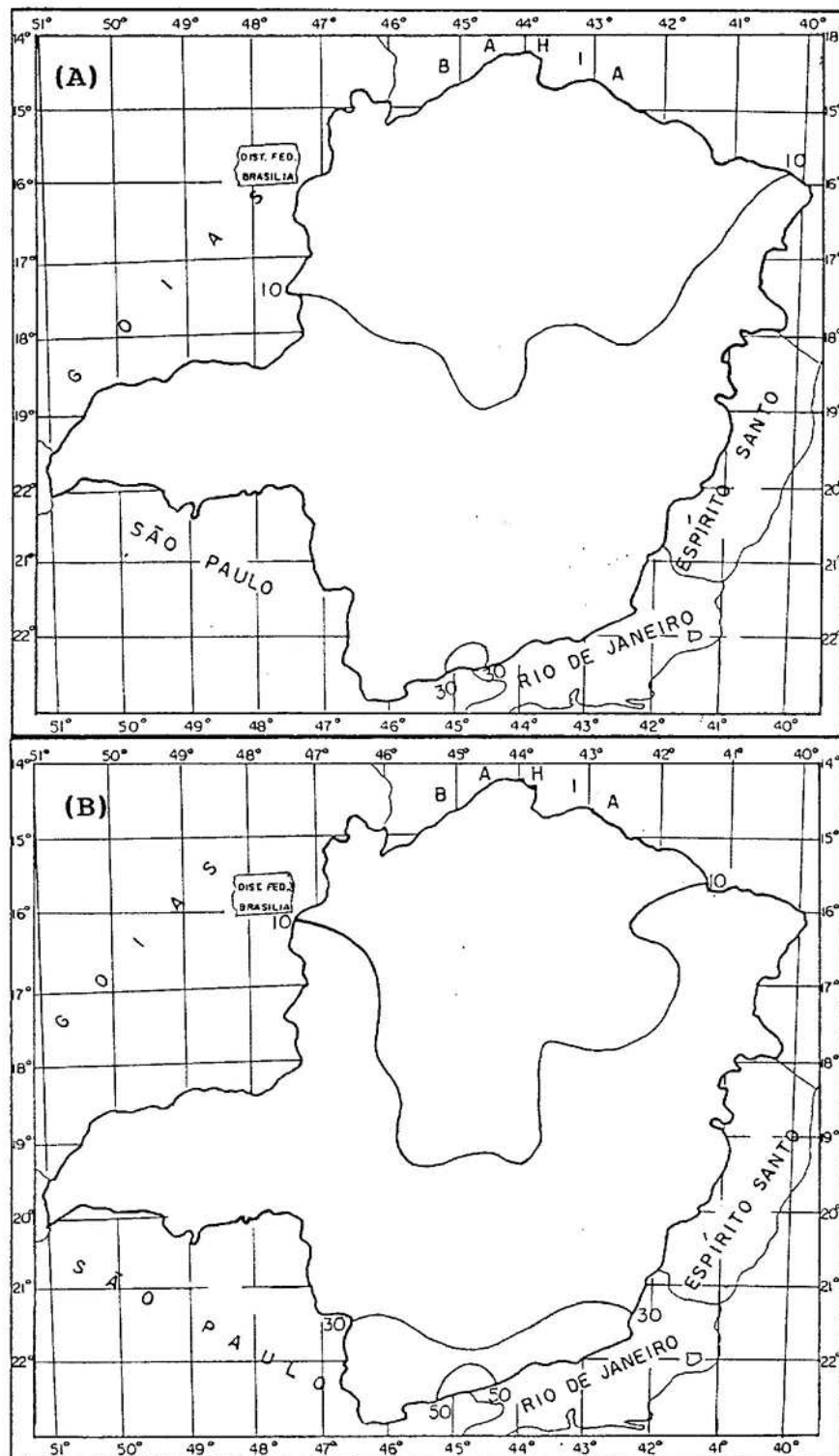


FIGURA 8 - Mapa de isoietas (mm), para o mês de julho (A) e para o mês de agosto (B), no Estado de Minas Gerais.

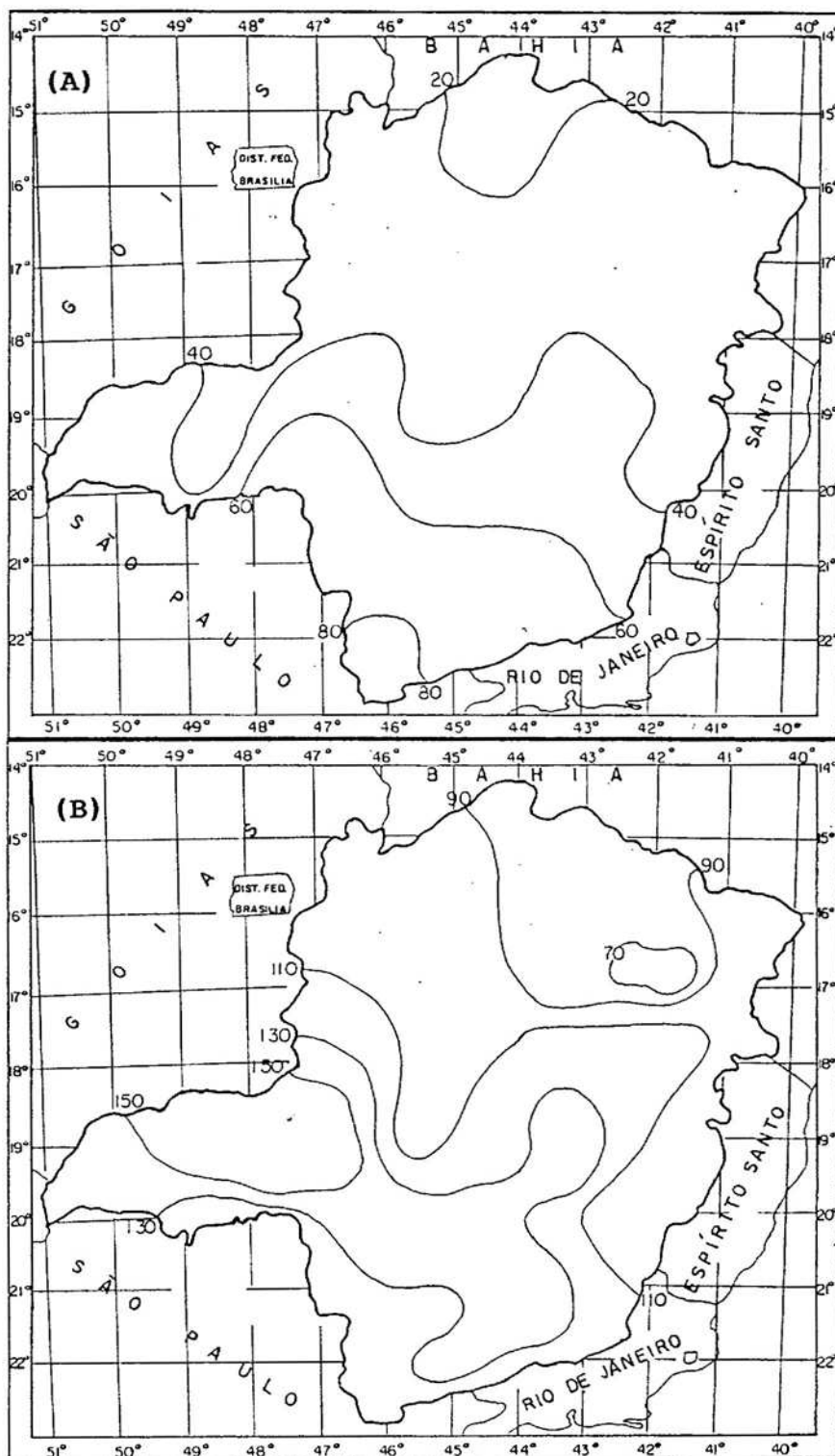


FIGURA 9 - Mapa de isoietas (mm), para o mês de setembro (A), e para o mês de outubro (B), no Estado de Minas Gerais.

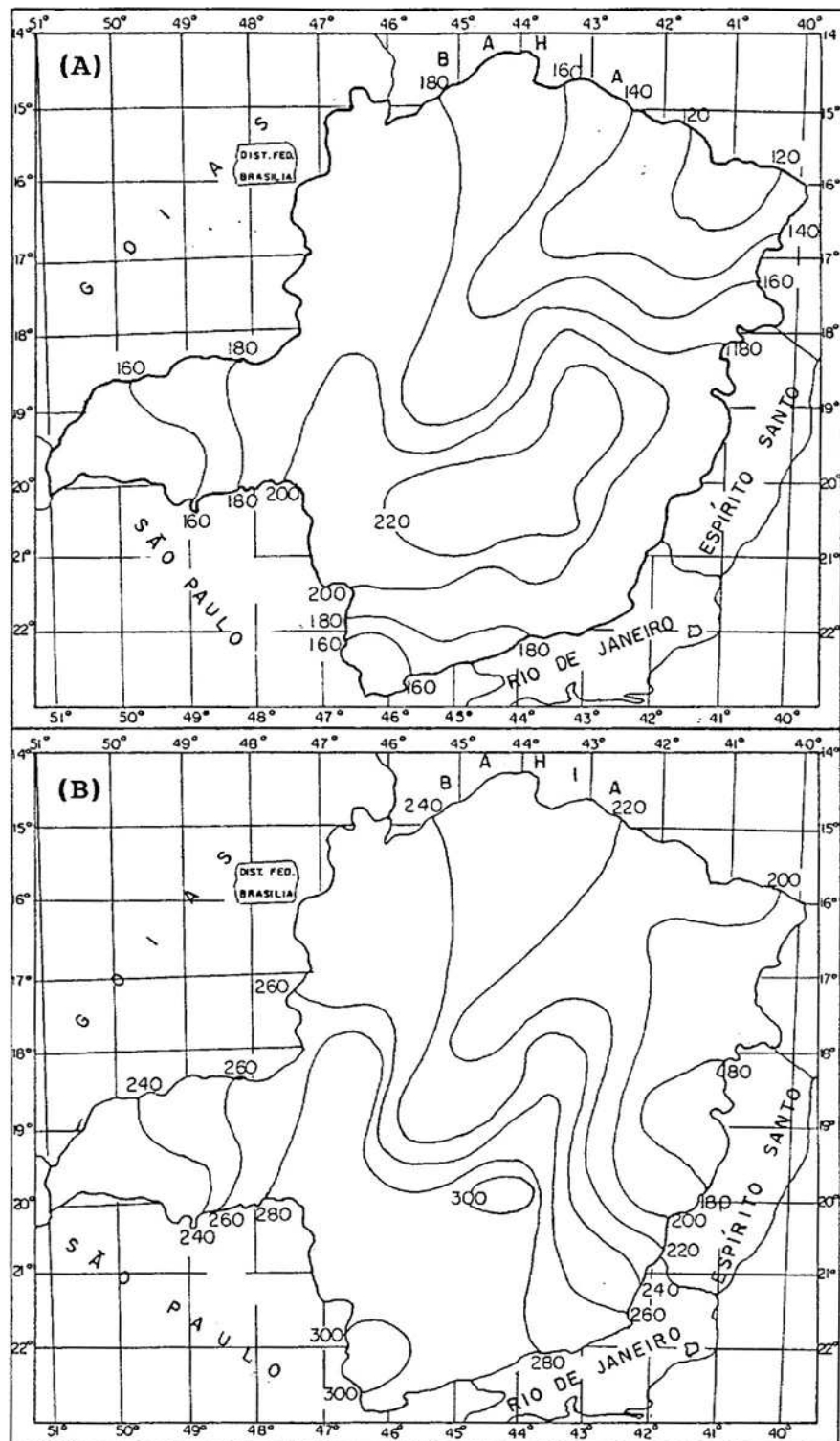


FIGURA 10 - Mapa de isoietas (mm), para o mês de novembro (A) e para o mês de dezembro (B), no Estado de Minas Gerais.

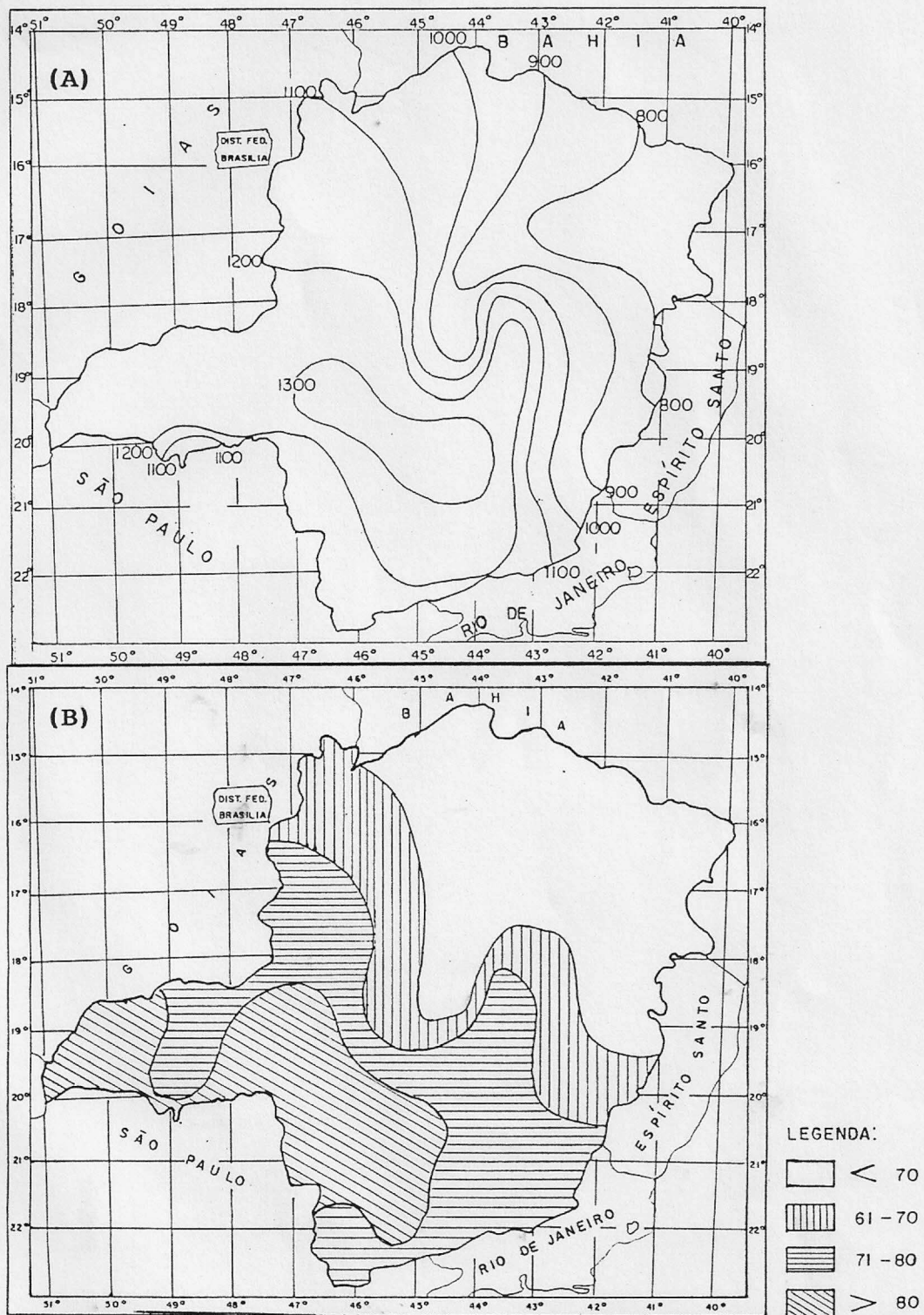


FIGURA 11 - Mapa de isoietas (mm) da estação chuvosa (A) e distribuição do número médio (B) de dias chuvosos (outubro a março), no Estado de Minas Gerais.

O Quadro 2 apresenta as precipitações máximas diárias em cada mês do ano, para 10 localidades. A maior precipitação diária, observada entre essas localidades, foi de 216 mm, ocorrida em João Pinheiro, em 17 de dezembro de 1988. Em Belo Horizonte, também, foi registrada precipitação diária de 213 mm, em 14 de fevereiro de 1978.

As frequências relativas (%) de dias secos, em cada mês do ano, estão apresentadas no Quadro 3. Junho foi o mês que apresentou o maior número médio de dias secos e dezembro foi o mês com menor frequência média de dias secos. A maior frequência de dias secos foi observada em Curvelo, no mês de junho, com 97,8%, e a menor em Patos de Minas, durante o mês de dezembro, com cerca de 41,0%.

A variabilidade das precipitações mensais de todas as localidades foi ilustrada pelo cálculo de quantis. Os totais de precipitações mensais foram ordenados e as quantidades, abaixo das quais são encontrados 20, 50 e 80% das precipitações, estão apresentadas na Figura 1A, do Apêndice A. Embora a forma das curvas seja semelhante, foram observadas grandes diferenças nos percentuais de ocorrência de precipitação entre localidades, especialmente, nos meses mais chuvosos.

A maior variabilidade foi observada nos meses de dezembro e janeiro. Na localidade de Januária, por exemplo, 30% dos anos apresentam precipitação mensal, em dezembro, abaixo de 349,6 mm e 20% dos anos apresentam maior que 97,8 mm. Observa-se que, nos meses de junho, julho e agosto, embora ocorra precipitação em, aproximadamente, 20% dos anos, essa precipitação média é desprezível.

QUADRO 2 - Precipitação máxima diária (mm) ocorrida em cada mês do ano

Mês	Teófilo Otoni	Curvelo	Araçuaí	Lavras	Conceição do Mato Dentro	João Pinheiro	Belo Horizonte	Sete Lagoas	Patos de Minas	Governador Valadares	Viçosa
Jan	65,1	152,0	89,6	115,4	107,1	108,2	117,2	155,8	146,8	160,6	184,8
Fev	68,8	92,0	99,0	98,7	145,0	100,4	213,0	144,2	123,4	87,4	172,0
Mar	74,4	88,2	81,6	97,4	102,8	11,4	117,4	127,2	101,8	114,2	100,9
Abr	77,6	60,2	61,3	116,8	136,0	59,2	84,8	62,7	76,5	116,4	78,4
Mai	85,2	73,4	28,2	99,8	63,0	88,8	64,3	77,0	60,3	54	61,8
Jun	84,9	19,0	16,7	53,0	48,2	41,0	47,4	38,5	34,0	57,1	31,4
Jul	32,8	61,1	13,8	57,2	46,7	47,0	26,5	39,2	66,9	26,4	71,9
Ago	86,0	29,4	18,6	49,6	38,9	51,2	41,6	36,1	32,0	33,8	47,8
Set	36,5	44,3	56,0	64,0	73,0	57,8	68,0	75,3	57,6	151,2	62,0
Out	72,5	102,0	76,3	55,0	95,0	88,8	91,8	76,7	137,6	81,1	72,6
Nov	61,8	82,4	103,6	108,0	119,4	131,8	95,0	130,3	131,8	123,4	107,5
Dez	58,5	77,0	107,2	165,8	118,7	216,0	134,3	94,4	117,9	99,9	163,9

QUADRO 3 - Frequência relativa (%) de dias secos

Mês	Teófilo Otoni	Curvelo	Araçuaí	Lavras	Conceição do Mato Dentro	João Pinheiro	Belo Horizonte	Sete Lagoas	Patos de Minas	Viçosa	Média
Jan	65,1	52,9	64,3	44,3	45,2	47,5	49,7	50,8	44,6	54,9	52,0
Fev	68,3	69,4	72,7	51,3	59,5	58,0	61,9	66,6	53,8	62,4	62,4
Mar	74,4	74,4	73,1	64,3	64,3	64,3	67,9	69,6	63,0	64,7	68,1
Abr	77,6	84,2	84,2	79,6	77,4	77,5	81,6	83,5	78,1	80,6	80,4
Mai	85,2	93,6	94,1	86,7	88,3	92,3	89,6	91,0	90,9	89,3	90,2
Jun	84,9	97,3	97,5	91,3	92,5	96,9	94,1	95,2	96,2	92,3	93,9
Jul	82,1	97,3	95,6	91,9	91,9	96,1	94,1	95,2	95,5	93,7	93,3
Ago	86,0	96,1	96,7	91,3	93,9	97,0	94,5	95,5	95,0	94,1	94,0
Set	86,5	90,1	94,7	82,1	84,9	87,2	87,3	86,9	86,0	84,5	87,0
Out	72,5	70,8	79,3	68,6	64,1	70,4	68,3	70,6	67,2	68,9	70,1
Nov	61,3	59,1	70,5	56,9	50,5	56,0	54,1	57,2	54,6	57,3	57,8
Dez	58,5	54,3	58,9	42,5	46,3	44,8	46,3	47,9	41,0	47,3	48,8
Média	75,3	78,3	81,8	71,0	71,6	74,0	74,2	75,8	72,2	74,2	-

Os parâmetros da distribuição gama, α e β , calculados para cada mês do ano, em 10 localidades, estão apresentados no Quadro 4. Observou-se uma variação sazonal do parâmetro α , na maioria das localidades, com os maiores valores ocorrendo na estação seca. Nenhuma variação significativa desse parâmetro foi observada, durante a estação chuvosa. Os parâmetros β , também, apresentaram valores maiores e maior variabilidade na estação seca que na estação chuvosa.

QUADRO 4 - Média dos parâmetros alfa (α) e beta (β) das quantidades de chuvas diárias em cada mês do ano

Mês	Teófilo Otoni		Curvelo		Araçuaí		Lavras		Conceição do Mato Dentro		João Pinheiro		Belo Horizonte		Sete Lagoas		Patos de Minas		Viçosa	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
Jan	1,0	0,07	0,9	0,06	1,1	0,07	1,0	0,06	1,0	0,05	1,0	0,05	1,0	0,05	1,1	0,05	0,9	0,06	1,0	0,06
Fev	1,0	0,08	1,0	0,06	0,9	0,06	1,2	0,07	0,9	0,06	0,8	0,05	0,9	0,05	0,9	0,05	1,0	0,07	1,0	0,07
Mar	0,9	0,07	1,0	0,08	0,8	0,06	0,9	0,06	0,9	0,06	0,9	0,06	0,9	0,06	0,1	0,06	1,2	0,08	1,0	0,08
Abr	1,0	0,12	1,1	0,09	1,0	0,11	1,0	0,09	0,7	0,06	1,0	0,09	0,9	0,08	1,0	0,09	1,0	0,10	1,1	0,11
Mai	1,2	0,20	0,9	0,08	1,0	0,18	1,0	0,10	1,0	0,13	0,8	0,09	1,2	0,14	1,0	0,11	1,3	0,14	1,0	0,11
Jun	1,5	0,35	1,3	0,21	1,5	0,32	1,1	0,10	0,8	0,13	0,9	0,15	1,0	0,12	1,2	0,17	1,1	0,15	1,2	0,17
Jul	1,5	0,32	0,9	0,09	1,8	0,50	1,0	0,11	1,0	0,19	1,0	0,12	1,2	0,14	1,0	0,10	1,1	0,12	1,0	0,13
Ago	1,2	0,23	1,2	0,13	1,2	0,19	1,1	0,13	0,9	0,12	1,1	0,15	1,0	0,11	1,1	0,14	1,1	0,13	1,2	0,15
Set	1,0	0,12	0,9	0,10	1,0	0,06	1,1	0,09	0,9	0,10	1,0	0,13	1,0	0,09	0,9	0,08	0,9	0,08	1,1	0,10
Out	1,0	0,07	1,0	0,07	0,8	0,07	1,2	0,09	1,0	0,07	0,9	0,06	1,0	0,07	1,2	0,09	0,9	0,06	1,1	0,09
Nov	0,9	0,06	1,1	0,07	0,9	0,06	1,1	0,07	0,9	0,06	0,9	0,06	1,0	0,06	1,0	0,06	1,0	0,07	1,0	0,06
Dez	0,9	0,06	1,0	0,06	0,9	0,06	1,0	0,06	1,0	0,06	0,9	0,05	1,1	0,05	1,1	0,06	1,0	0,06	1,0	0,06

O Quadro 5 mostra a precipitação média, por dias chuvosos, com os respectivos desvios-padrões, calculados a partir de dados observados. A chuva média por dia chuvoso variou de 2,3 mm, em Teófilo Otoni, no mês de abril, a 19,3 mm, em Belo Horizonte, no mês de janeiro.

4.1.3. Precipitação Média Decendial

O Quadro 6 apresenta precipitações médias decendiais com os respectivos desvios-padrões para 10 localidades. Os maiores totais decendiais foram observados no terceiro decêndio de janeiro, destacando-se a localidade de Conceição do Mato Dentro, com 115,6 mm de precipitação e 103,1 mm de desvio-padrão, enquanto que os menores totais decendiais de chuva ocorreram no segundo decêndio de junho.

Os quantis dos totais de chuvas decendiais estão nos Quadros 7, 8 e 9. As maiores diferenças entre localidades ocorreram nos meses mais chuvosos, de dezembro e janeiro. Essas diferenças são maiores nos pontos percentuais mais elevados da distribuição.

A frequência relativa (%) de dias secos, em cada decêndio, foi de, no máximo, 33%, em 90% das localidades, exceto Araçuaí, como já era esperado, que apresentou frequência em torno de 70%, em todos os decêndios da estação chuvosa, outubro a março, o que caracteriza a ocorrência dos veranicos (Quadro 10).

QUADRO 5 - Precipitação média por dia chuvoso e desvio-padrão

Mês	Teófilo Otoni		Curvelo		Araçuaí		Lavras		Conceição do Mato Dentro	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Jan	14,3	13,8	15,8	17,9	16,0	16,4	15,3	17,3	18,9	18,9
Fev	11,7	14,2	15,3	16,4	14,5	18,1	15,3	14,9	14,9	18,9
Mar	12,8	16,5	13,2	14,4	13,0	16,9	14,1	15,4	14,2	16,4
Abr	2,3	9,8	11,3	12,0	8,7	11,5	11,2	13,3	12,0	18,5
Mai	5,8	7,2	11,2	13,8	5,7	7,2	10,1	12,3	7,8	9,9
Jun	4,4	4,6	6,5	5,5	4,8	4,9	10,4	10,8	6,3	9,3
Jul	4,8	4,7	10,6	13,9	3,6	3,5	9,6	10,8	5,2	8,0
Ago	5,3	7,3	9,3	8,4	6,4	5,9	8,6	9,0	7,0	9,5
Set	8,0	9,7	9,1	10,7	15,2	16,3	12,3	12,3	8,9	11,4
Out	13,5	15,5	13,2	14,9	10,8	15,8	12,5	12,0	13,2	15,1
Nov	14,8	17,5	14,1	14,4	14,2	17,8	15,5	16,5	16,5	17,7
Dez	14,8	17,5	15,8	15,9	15,3	18,8	16,5	18,2	16,2	17,4

Continua...

QUADRO 5, Cont.

Mês	João Pinheiro		Belo Horizonte		Sete Lagoas		Pato de Minas		Viçosa	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Jan	14,3	13,8	15,8	17,9	16,0	16,4	15,3	17,3	18,9	18,9
Jan	11,5	18,2	19,3	19,4	18,9	19,1	15,8	18,0	15,8	18,2
Fev	9,0	18,2	18,0	21,9	18,4	20,1	14,3	16,4	14,5	17,0
Mar	8,0	16,6	16,3	18,4	14,4	17,1	13,7	13,8	12,5	14,2
Abr	6,7	11,4	11,7	13,3	10,9	12,0	10,4	12,4	9,6	10,3
Mai	3,2	14,0	8,7	9,6	9,2	11,4	8,8	8,8	8,9	9,8
Jun	2,6	9,3	8,0	9,7	6,9	7,4	7,7	8,1	6,9	7,0
Jul	8,2	9,8	8,3	7,6	6,2	9,8	9,2	11,6	7,7	9,5
Ago	7,3	10,3	8,9	9,9	4,2	8,2	8,6	8,5	7,9	7,9
Set	8,0	9,4	10,5	11,4	5,4	14,2	11,6	12,7	10,3	10,5
Out	13,3	15,4	12,9	14,3	13,4	12,9	15,4	18,1	11,3	11,4
Nov	15,4	18,1	17,5	17,4	16,8	17,5	14,6	16,1	15,4	16,5
Dez	17,0	19,3	19,1	19,0	16,5	16,5	16,1	17,1	15,8	17,0

QUADRO 6 - Precipitação média e desvio-padrão (mm) decencial

Mês		Teófilo Otoni		Curvelo		Araçuaí		Lavras		Conceição do Mato Dentro	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Jan	1	30,0	48,2	62,4	67,5	26,4	44,8	32,9	60,0	101,0	87,2
	2	30,0	45,0	59,3	53,3	27,2	59,3	92,7	74,0	86,0	66,2
	3	30,0	88,5	71,7	96,9	18,6	39,2	75,6	52,0	116,0	103,0
Fev	1	35,4	49,5	43,2	60,7	14,9	50,6	68,2	54,0	72,3	80,7
	2	22,8	30,0	49,7	62,4	14,6	32,3	71,0	61,0	52,2	59,3
	3	23,6	31,8	25,1	30,0	11,5	27,2	54,3	56,0	38,7	43,3
Mar	1	26,8	25,2	26,3	32,9	16,6	37,5	58,7	56,0	62,1	61,9
	2	29,7	40,4	26,5	27,7	10,0	26,0	45,2	45,0	48,4	54,3
	3	36,9	51,8	27,4	49,0	17,6	50,6	45,7	46,0	41,0	42,8
Abr	1	16,5	19,4	23,5	34,1	10,0	36,1	36,1	50,0	42,0	54,0
	2	16,3	21,1	10,6	14,3	4,0	16,9	16,9	18,0	14,8	17,4
	3	19,1	19,4	10,1	18,2	2,4	5,0	13,9	16,0	20,4	28,6
Mai	1	8,9	13,4	8,3	14,0	0,0	0,0	11,8	17,0	6,6	8,0
	2	9,9	14,8	5,7	11,6	2,9	6,9	10,2	13,0	6,8	9,4
	3	7,5	7,6	7,3	17,3	0,0	0,0	17,3	30,0	13,2	23,1
Jun	1	4,8	6,9	1,8	6,5	0,0	0,0	8,8	22,0	4,3	10,9
	2	4,6	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	20,0	3,5	12,0
	3	9,6	10,3	2,2	6,0	0,0	0,0	9,7	18,0	5,8	11,4
Jul	1	8,0	10,5	1,7	5,9	0,0	0,0	7,0	12,0	2,5	4,5
	2	7,0	8,9	3,4	11,9	0,0	0,0	7,2	17,0	4,6	12,2
	3	9,2	9,1	2,5	6,5	1,0	2,9	6,6	13,0	3,9	6,8
Ago	1	7,3	9,5	3,2	12,5	0,0	0,0	3,3	8,0	3,8	11,1
	2	6,4	10,3	2,5	9,8	0,0	0,0	10,7	22,0	4,3	11,0
	3	9,6	19,3	4,5	10,7	1,3	4,1	7,7	13,0	6,0	17,4
Set	1	7,7	14,3	5,1	12,4	4,1	20,4	16,8	25,0	8,6	15,2
	2	8,7	13,9	6,3	11,4	1,7	6,5	16,3	35,0	15,7	32,4
	3	15,9	19,2	12,0	17,2	5,6	16,1	30,3	26,0	15,9	18,6
Out	1	28,6	32,7	25,4	40,8	3,6	15,9	30,9	33,0	34,6	40,2
	2	40,3	43,4	38,0	33,9	9,9	25,2	48,1	39,0	47,3	47,6
	3	40,8	41,6	41,4	41,9	5,0	14,2	40,1	30,0	56,6	51,6
Nov	1	40,0	39,0	37,7	35,9	10,5	18,7	51,7	36,0	62,2	49,7
	2	66,7	53,9	62,0	55,7	17,6	32,2	68,3	52,0	92,6	69,8
	3	55,6	43,8	53,5	47,0	22,5	49,4	70,9	47,0	38,5	59,2
Dez	1	52,6	47,5	60,6	54,4	21,3	55,8	79,4	67,0	66,4	63,1
	2	58,3	60,3	70,1	68,0	24,5	57,7	85,4	58,0	92,9	69,8
	3	68,0	59,0	81,9	67,0	26,1	45,4	12,7	89,0	88,5	59,2

Continua...

QUADRO 6, Cont.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
BIBLIOTECA CENTRAL

Mês		João Pinheiro		Belo Horizonte		Sete Lagoas		Pato de Minas		Governador Valadares	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Jan	1	79,9	80,6	94,8	78,7	92,9	78,5	82,8	58,5	64,6	71,3
	2	96,7	87,8	96,3	71,4	91,0	61,8	102,0	79,5	63,6	57,3
	3	62,0	72,7	108,0	121,0	109,0	107,0	84,7	73,9	57,0	69,0
Fev	1	74,3	87,7	75,5	80,2	70,9	83,0	68,5	61,9	44,6	58,3
	2	68,5	58,1	67,1	76,0	65,8	81,3	77,5	59,5	30,4	41,9
	3	31,6	40,2	52,2	58,0	37,0	43,4	43,8	40,8	27,5	54,1
Mar	1	56,1	56,4	57,2	51,1	49,2	53,4	58,7	44,2	38,6	49,8
	2	43,3	49,0	56,3	52,6	46,2	59,2	51,3	46,7	32,3	39,6
	3	35,6	51,8	29,3	40,1	34,8	37,3	46,0	48,7	36,9	46,6
Abr	1	32,3	36,4	32,1	36,8	28,1	38,0	38,4	45,8	18,4	28,6
	2	13,9	21,9	16,6	20,2	13,1	17,4	17,5	22,7	15,8	26,1
	3	9,4	15,1	14,4	19,9	13,7	19,0	13,9	19,6	21,0	30,4
Mai	1	7,4	19,2	10,3	16,9	8,2	11,7	7,9	10,7	10,1	14,6
	2	2,1	4,0	7,1	11,2	6,0	11,0	6,4	9,9	8,1	12,6
	3	8,7	17,6	12,7	21,7	11,2	21,7	10,3	19,7	10,9	15,3
Jun	1	3,3	14,9	5,1	11,2	4,1	10,9	4,0	13,1	4,7	9,4
	2	0,0	0,0	4,1	13,1	3,1	6,9	2,7	9,2	3,6	9,5
	3	1,4	4,7	4,3	7,6	4,0	9,8	3,7	8,9	6,4	14,2
Jul	1	2,7	7,6	4,0	10,4	5,5	13,3	3,7	10,6	3,3	5,9
	2	2,8	9,6	5,4	10,2	5,1	10,4	5,5	13,8	4,1	9,6
	3	2,4	5,6	5,4	9,0	4,8	10,5	3,9	6,8	5,1	8,2
Ago	1	1,2	4,9	2,2	6,4	1,9	5,0	2,7	9,2	2,1	3,8
	2	0,0	0,0	5,4	10,6	2,7	7,2	3,3	9,3	5,3	11,4
	3	4,2	15,5	7,5	14,3	6,0	11,4	7,7	14,8	7,8	16,7
Set	1	4,5	9,1	11,3	16,7	10,8	18,6	10,8	18,1	6,5	13,9
	2	5,7	9,9	9,5	17,7	15,8	35,9	12,2	17,0	11,2	30,3
	3	14,4	21,2	19,8	20,0	16,7	19,0	25,6	26,0	15,6	27,0
Out	1	16,8	21,2	25,3	35,5	26,4	30,6	26,5	37,0	23,4	24,7
	2	45,4	49,9	47,6	40,5	50,3	48,9	70,2	64,8	33,9	40,0
	3	47,1	48,0	54,0	57,2	44,7	41,4	62,3	48,1	34,7	35,2
Nov	1	45,5	53,2	66,1	52,5	56,1	49,5	56,5	41,4	55,6	45,7
	2	69,6	72,2	91,0	59,1	80,1	55,4	76,9	67,1	65,0	54,8
	3	57,4	47,5	86,8	50,2	81,7	54,8	70,5	46,5	74,5	61,3
Dez	1	71,4	64,2	89,0	78,7	85,2	70,4	30,9	58,1	48,9	71,4
	2	93,6	109,0	109,0	79,2	84,7	60,8	96,4	76,9	52,9	50,5
	3	94,5	71,3	107,0	69,9	104,0	66,9	119,0	72,7	52,2	53,7

QUADRO 7 - Chuva que tem 80% de probabilidade acumulada de ocorrer

Mês		Teófilo Otoni	Curvelo	Araçuaí	Lavras	Conceição do Mato Dentro	João Pinheiro	Belo Horizonte	Sete Lagoas	Patos de Minas	Governador Valadares
Jan	1	99,3	110,2	47,4	118,4	186,9	145,0	176,7	138,1	136,0	135,9
	2	68,1	102,2	40,7	147,1	154,7	171,4	172,7	145,0	173,4	122,7
	3	88,1	115,9	31,4	121,4	232,0	107,1	204,9	161,9	141,7	109,6
Fev	1	71,0	68,2	10,7	115,7	148,2	113,1	129,5	137,4	112,1	118,1
	2	52,5	96,4	19,7	114,3	71,8	121,3	123,5	117,3	123,7	55,7
	3	47,8	44,1	9,8	108,2	81,3	60,5	84,5	65,9	82,4	31,4
Mar	1	43,1	50,8	20,2	96,4	100,2	109,1	89,6	97,5	106,4	64,4
	2	42,6	54,5	12,8	67,5	84,2	94,0	93,1	80,4	86,0	72,5
	3	70,4	61,1	7,5	74,6	81,6	61,3	84,1	59,3	71,9	88,8
Abr	1	34,9	40,1	4,4	63,8	78,1	50,9	58,6	53,1	78,3	30,3
	2	26,3	23,6	3,4	33,0	32,1	23,9	29,1	25,9	32,2	31,1
	3	42,0	13,9	4,9	28,5	34,8	19,4	30,3	24,5	23,2	34,7
Mai	1	14,4	12,0	0,6	25,3	12,9	6,8	17,5	16,6	15,4	20,8
	2	13,5	11,2	3,3	21,6	15,8	3,2	13,5	11,4	14,3	11,8
	3	13,8	4,9	0,0	32,3	16,5	15,8	21,6	12,7	15,3	17,3
Jun	1	12,0	0,9	0,0	15,2	3,3	1,5	6,4	3,1	2,1	3,8
	2	9,8	0,0	0,0	7,6	2,0	0,0	1,9	6,6	1,6	2,3
	3	16,4	0,6	0,0	15,5	7,3	0,5	9,2	5,2	3,2	8,4
Jul	1	14,7	0,0	0,0	13,6	3,5	0,5	2,9	1,9	0,0	5,3
	2	13,5	0,6	0,0	9,8	2,3	1,8	6,5	8,9	5,6	5,2
	3	18,4	2,4	1,0	12,1	6,6	2,5	13,8	5,8	7,7	7,9
Ago	1	16,2	0,0	0,0	4,5	2,2	0,0	2,6	1,9	0,2	3,1
	2	9,2	0,0	0,3	16,1	5,4	0,0	8,0	1,6	1,0	7,5
	3	20,8	6,9	0,2	11,4	3,3	2,0	15,6	10,8	14,7	11,9
Set	1	13,0	4,2	0,0	34,7	13,8	6,2	24,0	17,1	15,3	5,0
	2	15,5	10,3	0,0	24,7	26,5	15,3	13,7	13,6	31,3	6,9
	3	24,6	29,6	0,0	56,4	22,8	30,8	31,0	31,8	51,9	24,1
Out	1	63,4	42,8	0,5	58,7	64,1	31,7	51,5	51,2	45,8	44,1
	2	63,2	62,6	12,1	73,1	98,0	91,4	91,2	105,2	117,0	59,4
	3	83,7	74,3	2,5	60,6	95,9	88,5	68,3	65,0	99,7	71,5
Nov	1	56,1	63,3	29,3	79,9	100,0	62,7	83,9	77,3	95,5	106,9
	2	102,3	103,3	39,7	95,7	149,7	116,0	142,7	129,4	133,6	120,2
	3	90,3	89,9	27,6	101,0	132,5	94,3	113,5	130,3	105,1	121,9
Dez	1	69,3	105,2	21,7	148,9	126,1	116,7	133,5	146,8	135,3	78,4
	2	109,5	119,1	39,5	124,1	109,8	130,5	152,7	109,6	148,1	102,3
	3	121,3	135,4	76,9	177,7	161,9	161,6	191,1	132,5	170,1	91,0

QUADRO 8 - Chuva que tem 50% de probabilidade acumulada de ocorrer

Mês		Teófilo Otoni	Curvelo	Araçuaí	Lavras	Conceição do Mato Dentro	João Pinheiro	Belo Horizonte	Sete Lagoas	Patos de Minas	Governador Valadares
Jan	1	47,9	48,3	0,0	68,0	96,9	39,6	83,4	84,4	7.401,0	33,0
	2	24,4	52,0	0,0	82,3	95,2	95,2	94,4	99,7	63,2	63,4
	3	25,6	37,0	0,0	77,7	85,7	39,5	60,5	72,5	66,7	35,4
Fev	1	11,1	25,5	0,0	66,1	42,6	47,4	40,4	40,4	48,6	18,4
	2	8,3	21,4	0,0	57,5	34,9	50,7	36,3	40,3	55,7	6,8
	3	11,2	9,9	0,0	34,8	26,8	15,5	35,6	22,4	24,9	9,4
Mar	1	21,4	13,5	0,0	47,0	45,0	42,1	51,3	25,9	49,6	30,7
	2	12,3	14,9	0,0	36,1	28,2	24,8	43,3	25,9	34,3	11,7
	3	16,1	3,1	0,0	32,8	31,2	13,8	29,3	27,7	33,9	9,5
Abr	1	7,6	8,8	0,0	15,8	17,8	24,1	16,6	8,0	17,1	2,9
	2	10,9	1,5	0,0	9,5	5,4	5,1	11,9	5,7	9,3	2,6
	3	11,5	2,1	0,0	7,2	9,9	1,1	4,6	5,0	7,2	9,7
Mai	1	2,8	2,2	0,0	2,8	3,8	0,0	3,6	2,5	3,0	3,2
	2	3,6	0,0	0,0	2,1	1,8	0,0	2,3	0,5	0,1	2,6
	3	4,3	0,0	0,0	5,5	3,7	0,0	0,8	0,8	1,3	4,6
Jun	1	1,5	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	6,5	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Jul	1	4,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	2	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	7,7	0,0	0,0	0,6	0,7	0,0	0,5	0,5	0,0	1,8
Ago	1	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	2	3,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	3	1,6	0,0	0,0	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Set	1	1,0	0,0	0,0	5,7	0,9	0,0	1,2	0,3	1,4	0,0
	2	2,3	0,0	0,0	0,2	2,8	0,0	1,3	0,9	0,3	0,0
	3	12,0	0,9	0,0	23,0	10,6	6,1	13,0	11,1	17,9	3,7
Out	1	8,8	0,5	0,0	19,9	19,2	6,3	8,3	17,6	11,3	21,4
	2	27,6	30,7	0,0	40,1	36,0	31,8	28,5	39,0	52,6	21,8
	3	25,5	30,2	0,0	33,2	42,1	39,9	35,7	35,7	45,9	24,6
Nov	1	29,0	31,2	0,0	57,1	48,1	37,7	54,0	42,5	47,4	53,8
	2	60,4	53,5	0,0	57,3	78,5	54,8	87,0	61,9	58,3	52,4
	3	48,0	44,5	0,0	68,0	83,1	51,5	92,3	90,6	64,5	70,9
Dez	1	36,8	55,1	0,0	57,7	47,1	59,5	59,6	58,3	93,0	29,7
	2	46,0	53,9	0,0	71,5	74,2	61,2	109,2	78,9	78,1	40,2
	3	55,6	70,0	0,0	115,8	117,2	87,7	106,6	107,0	89,9	38,6

QUADRO 9 - Chuva que tem 20% de probabilidade acumulada de ocorrer

Mês		Teófilo Otoni	Curvelo	Araçuaí	Lavras	Conceição do Mato Dentro	João Pinheiro	Belo Horizonte	Sete Lagoas	Patos de Minas	Governador Valadares
Jan	1	0,0	3,8	0,0	29,3	19,5	7,6	24,9	23,1	29,9	0,0
	2	0,0	0,3	0,0	27,0	5,4	0,0	31,9	25,8	44,3	0,0
	3	0,0	2,9	0,0	18,6	16,0	0,6	17,4	24,4	10,1	1,4
Fev	1	0,0	0,0	0,0	11,3	3,5	7,0	13,9	6,1	15,0	0,1
	2	0,0	0,0	0,0	21,0	10,2	11,2	8,4	3,9	38,2	0,0
	3	0,0	0,0	0,0	3,7	0,3	1,8	2,1	0,1	10,9	0,0
Mar	1	1,5	0,0	0,0	10,3	1,9	5,6	0,6	1,0	16,7	0,1
	2	0,0	0,0	0,0	6,3	4,7	2,7	4,8	2,9	7,9	1,0
	3	0,6	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	8,5	2,2	6,4	0,1
Abr	1	0,0	0,0	0,0	2,2	3,0	0,2	0,1	0,0	6,1	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
	3	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mai	1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jul	1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ago	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Set	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,3	0,0	0,0	5,5	1,2	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0
Out	1	1,4	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,4	5,3	0,0	11,7	3,2	1,5	10,1	7,5	17,5	0,0
	3	4,2	0,6	0,0	14,8	6,9	3,8	14,7	13,7	22,3	0,1
Nov	1	11,4	0,0	0,0	12,9	23,1	0,0	31,7	23,0	20,3	10,8
	2	17,8	14,0	0,0	30,5	22,6	0,8	32,0	42,7	22,9	10,8
	3	14,0	7,1	0,0	29,8	42,0	6,6	32,5	27,8	25,9	9,0
Dez	1	19,6	5,5	0,0	21,8	8,5	6,9	27,1	18,8	17,8	6,6
	2	3,4	11,5	0,0	34,4	25,2	23,7	40,3	37,2	35,4	3,9
	3	3,2	19,5	0,0	49,5	23,3	33,3	49,4	41,4	61,0	0,8

QUADRO 10 - Frequência relativa (%) decendial de dias secos

Mês		Teófilo Otoni	Curvelo	Araçuaí	Lavras	Conceição do Mato Dentro	João Pinheiro	Belo Horizonte	Sete Lagoas
Jan	1	30,0	16,6	63,3	3,3	10,0	10,0	6,6	26,7
	2	36,7	23,3	70,0	6,6	16,7	10,0	6,6	26,7
	3	33,3	20,0	66,6	3,3	6,6	6,6	10,0	16,7
Fev	1	36,7	26,6	70,0	6,6	13,3	3,3	6,6	23,3
	2	33,3	23,3	63,3	13,3	6,6	10,0	16,7	30,0
	3	30,0	26,7	66,6	13,3	23,3	16,7	26,7	30,0
Mar	1	20,0	33,3	66,6	13,3	16,7	20,0	20,0	26,6
	2	30,0	30,0	66,6	10,0	6,7	10,0	10,0	20,0
	3	20,0	43,3	73,3	16,7	26,7	10,0	16,7	26,7
Abr	1	26,7	43,3	76,6	20,0	16,7	23,3	36,7	40,0
	2	26,7	46,6	73,3	20,0	33,3	33,3	30,0	40,0
	3	20,0	43,3	70,0	30,0	33,3	43,3	33,3	26,7
Mai	1	36,7	40,0	83,3	33,3	36,7	36,6	43,3	33,3
	2	23,3	70,0	73,3	36,7	36,7	33,3	53,3	36,7
	3	26,7	63,3	90,0	40,0	36,7	50,0	50,0	33,3
Jun	1	40,0	80,0	90,0	53,3	60,0	63,3	73,3	56,7
	2	46,7	96,6	96,6	63,3	73,3	70,0	70,0	70,0
	3	23,3	83,3	93,3	56,6	50,0	63,3	70,0	50,0
Jul	1	26,6	86,6	90,0	56,7	60,0	70,0	76,7	63,3
	2	33,3	80,0	90,0	70,0	66,7	56,7	60,0	63,3
	3	33,3	73,3	80,0	53,3	50,0	56,7	53,3	43,3
Ago	1	43,3	86,6	93,3	66,6	73,3	73,3	76,6	56,7
	2	30,0	83,3	90,0	56,6	63,3	66,7	73,3	56,7
	3	46,7	66,6	86,6	50,0	63,3	60,0	63,3	66,7
Set	1	43,3	63,3	86,6	43,3	50,0	50,0	53,3	50,0
	2	46,7	60,0	90,0	56,6	43,3	46,7	50,0	60,0
	3	26,7	50,0	83,3	13,3	16,7	16,7	23,3	33,3
Out	1	20,0	53,3	80,0	20,0	33,3	33,3	33,3	30,0
	2	26,7	13,3	76,6	6,6	20,0	3,3	13,3	26,7
	3	13,3	20,0	80,0	6,6	6,6	3,3	10,0	23,3
Nov	1	33,3	23,3	70,0	13,3	6,6	6,6	6,6	13,3
	2	6,6	16,7	66,7	6,6	3,3	0,0	3,3	10,0
	3	13,3	16,7	63,3	3,3	3,3	3,3	3,3	10,0
Dez	1	3,3	13,3	66,6	3,3	10,0	3,3	3,3	16,7
	2	13,3	6,6	66,6	0,0	10,0	0,0	0,0	20,0
	3	10,0	6,6	70,0	3,3	10,0	0,0	0,0	20,0

4.2. Distribuição de Probabilidade de Precipitação

Um modelo foi desenvolvido para gerar valores de probabilidades para se obterem informações sobre a ocorrência de precipitação, nos períodos de cinco, 10 e 30 dias, considerando o dia anterior seco ou chuvoso.

Utilizou-se a série de precipitação diária de Viçosa, no desenvolvimento do modelo, por ser a mais longa (67 anos). Aproximadamente, 1/3 da série (24 anos) foi utilizado para teste do modelo.

Constatou-se melhor ajuste do modelo proposto aos dados observados, na estação chuvosa de outubro a março, coincidindo com o período de desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas das regiões estudadas. Não foi satisfatório o ajuste do modelo proposto, quando diminuíam-se os totais de chuva observados no período.

Para facilitar as determinações das probabilidades de ocorrência de precipitação, para os três períodos analisados, foram plotados os gráficos para cada pênstada, decêndio e mês do ano, bastando, para tanto, utilizar os dados de probabilidade da distribuição gama, do modelo Markov/Gama, e os valores, em ordem crescente, dos pontos de 20, 40, 60, 80 e 96% do 1/3 restante da série.

Quanto aos resultados obtidos pela distribuição gama, observou-se um ajustamento tão bom quanto o modelo proposto, para diferentes meses e períodos, como mostram as Figuras 12, 13 e 14 (A). As duas curvas mostram comportamentos semelhantes, sendo que, na Figura 12, observa-se que o modelo

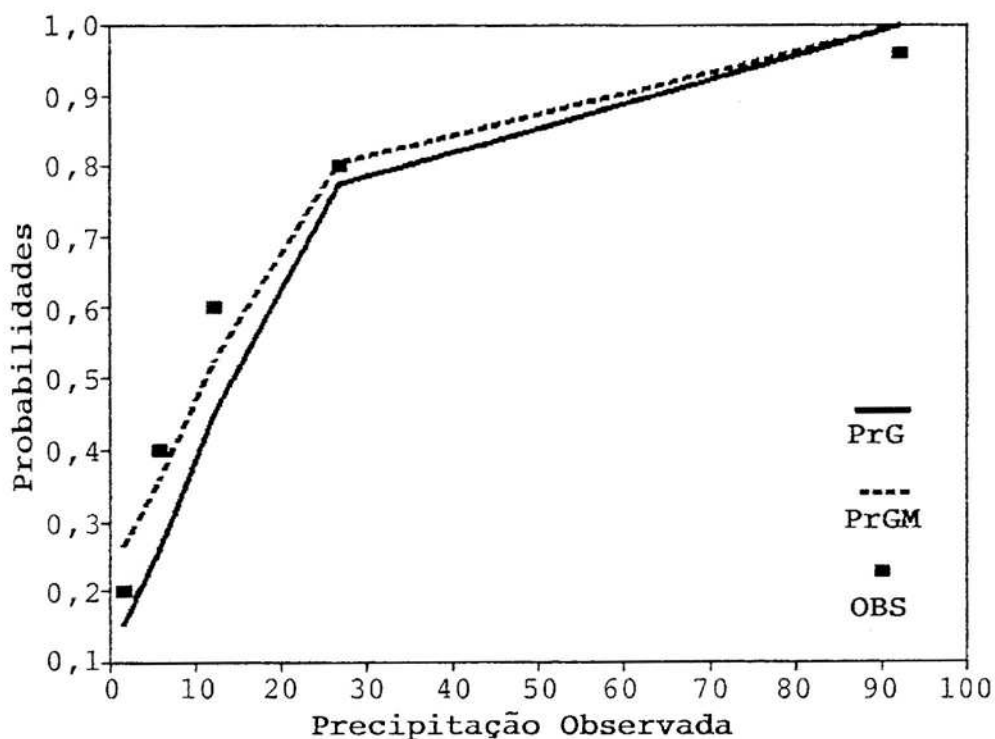


FIGURA 12 - Variação das probabilidades de precipitação, para o mês de junho, estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

proposto mostrou melhor ajuste, em comparação com a distribuição gama. Por outro lado, para os meses de abril, julho e setembro (estação seca), tanto o modelo proposto, quanto a distribuição gama, não apresentaram bons resultados (Figuras 14 (B) e 15 (A e B)), podendo-se notar, de modo geral, que, para o período seco, principalmente, deverão ser verificados os cálculos de probabilidades para (P0) e (P1), devido ao grande número de zeros existentes na série, nesse período.

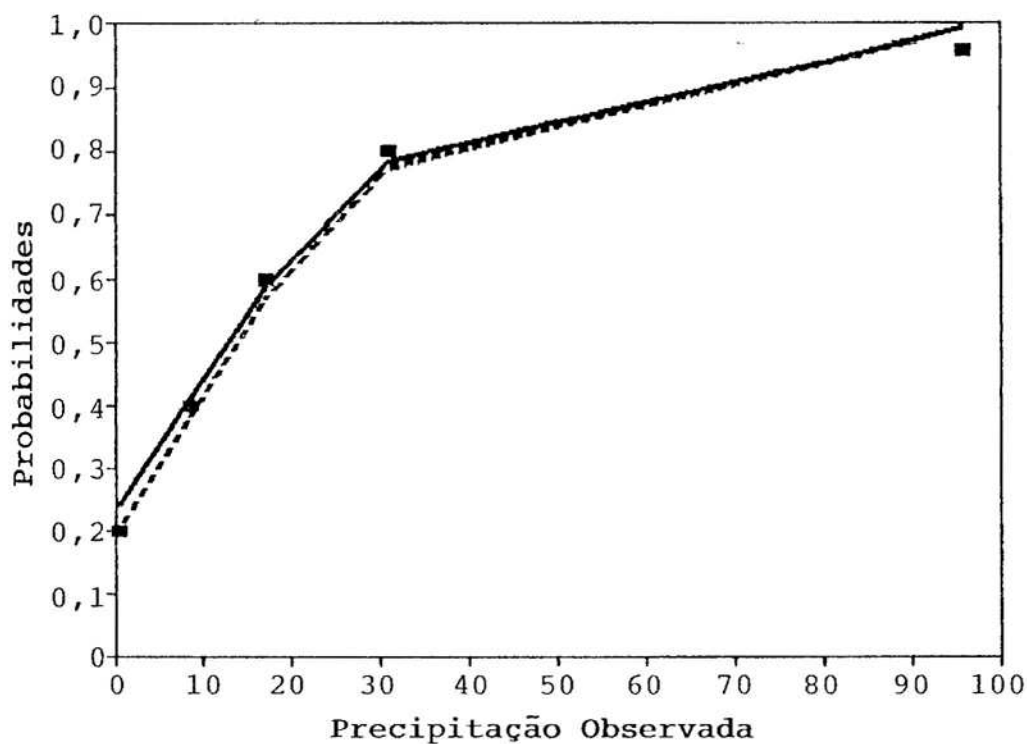


FIGURA 13 - Variação das probabilidades de precipitação, para o primeiro decênio de outubro, estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

Analisando-se separadamente os resultados do modelo e da distribuição gama, foram obtidos bons ajustes, em diferentes meses do ano, permitindo-se observar que a distribuição gama ajustou-se aos dados, em meses distintos (Figuras 16 (A e B) e 17 (A)), enquanto que o modelo adequou-se melhor nos meses da estação chuvosa (Figuras 17 (B) e 18 (A e B)).

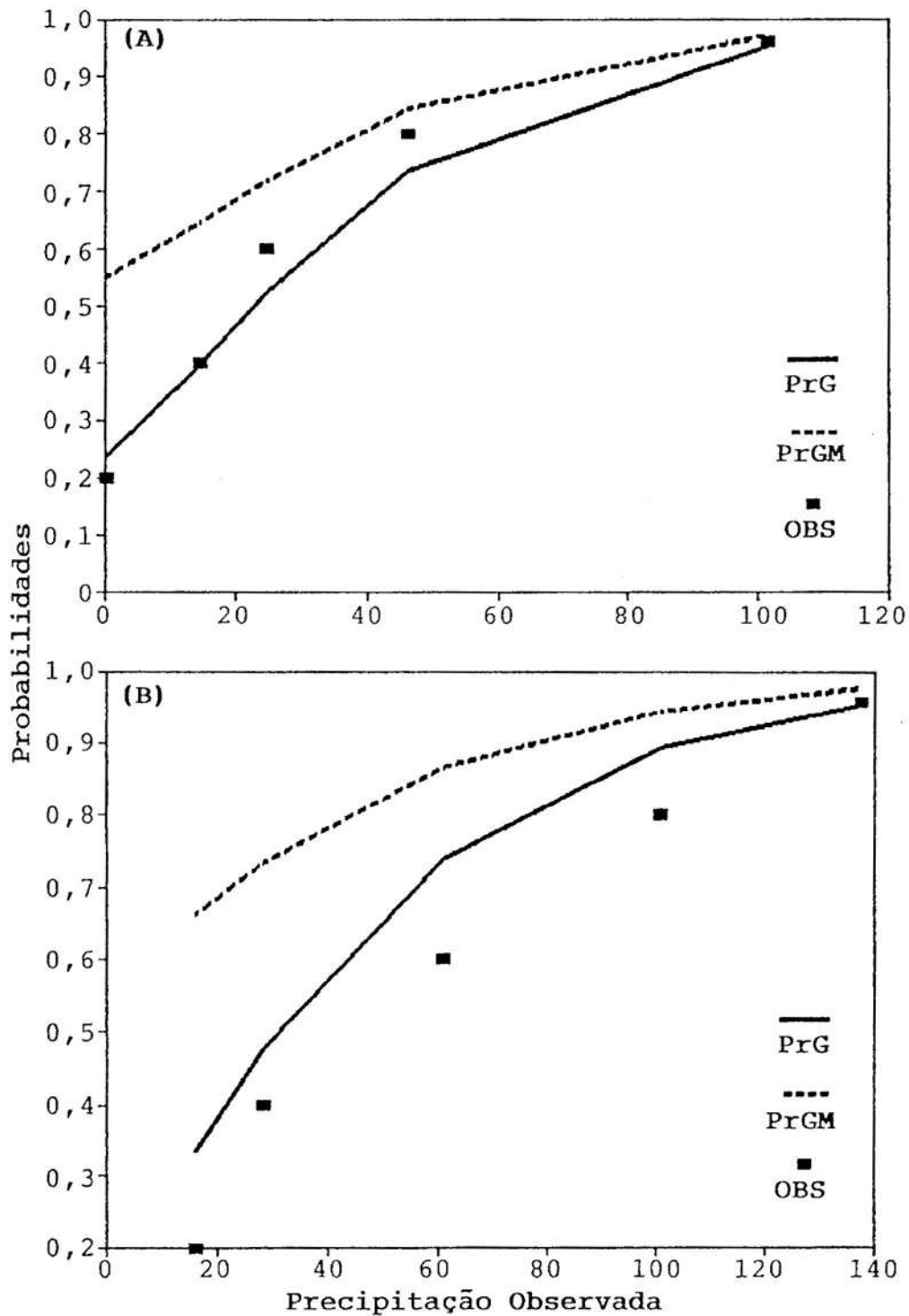


FIGURA 14 - Variação das probabilidades de precipitação, para a terceira pên-tada de janeiro (A) e para o mês de setembro (B), estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

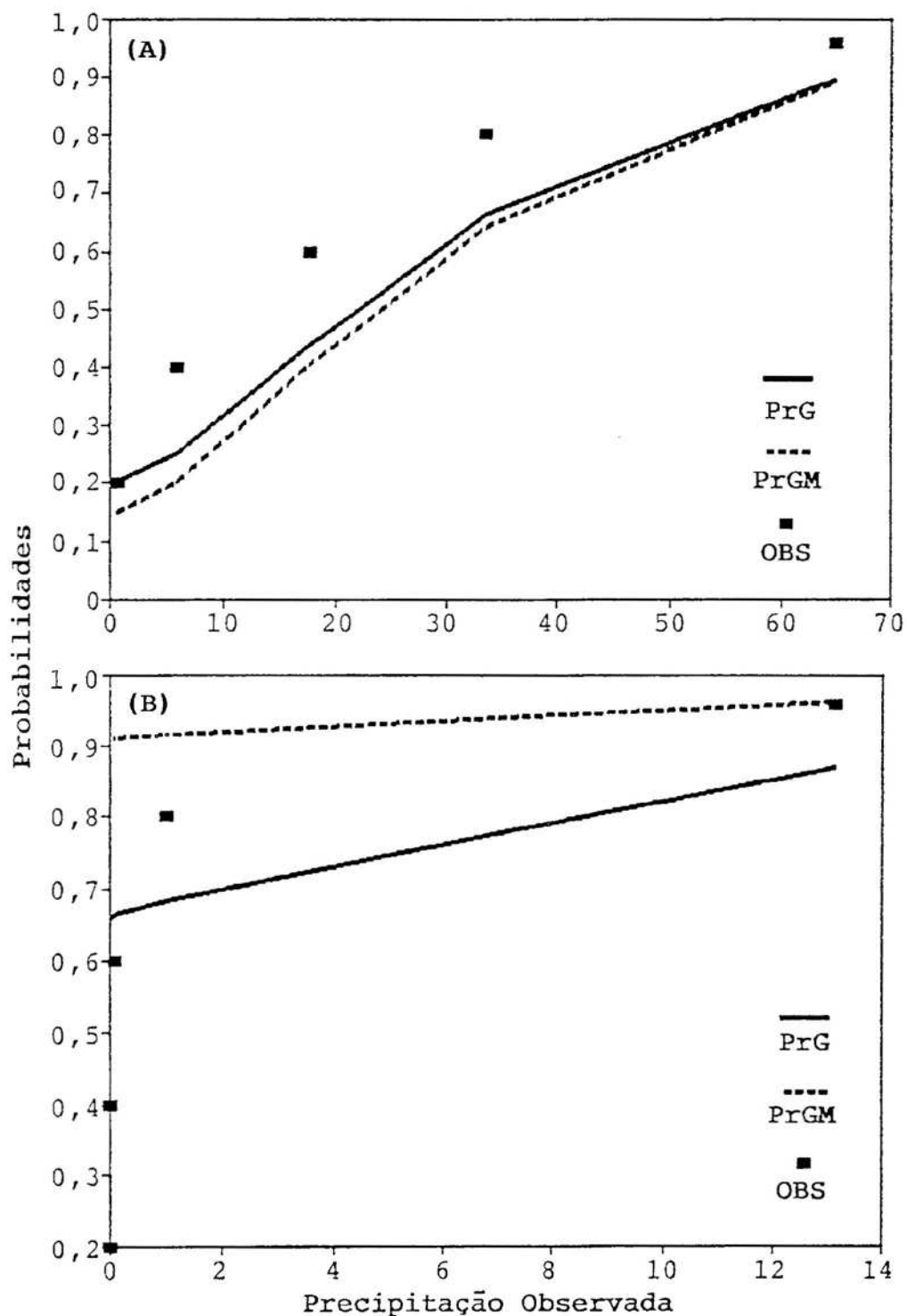


FIGURA 15 - Variação das probabilidades de precipitação, para o segundo decêndio de outubro (A) e para a quarta pênstada de julho (B), estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

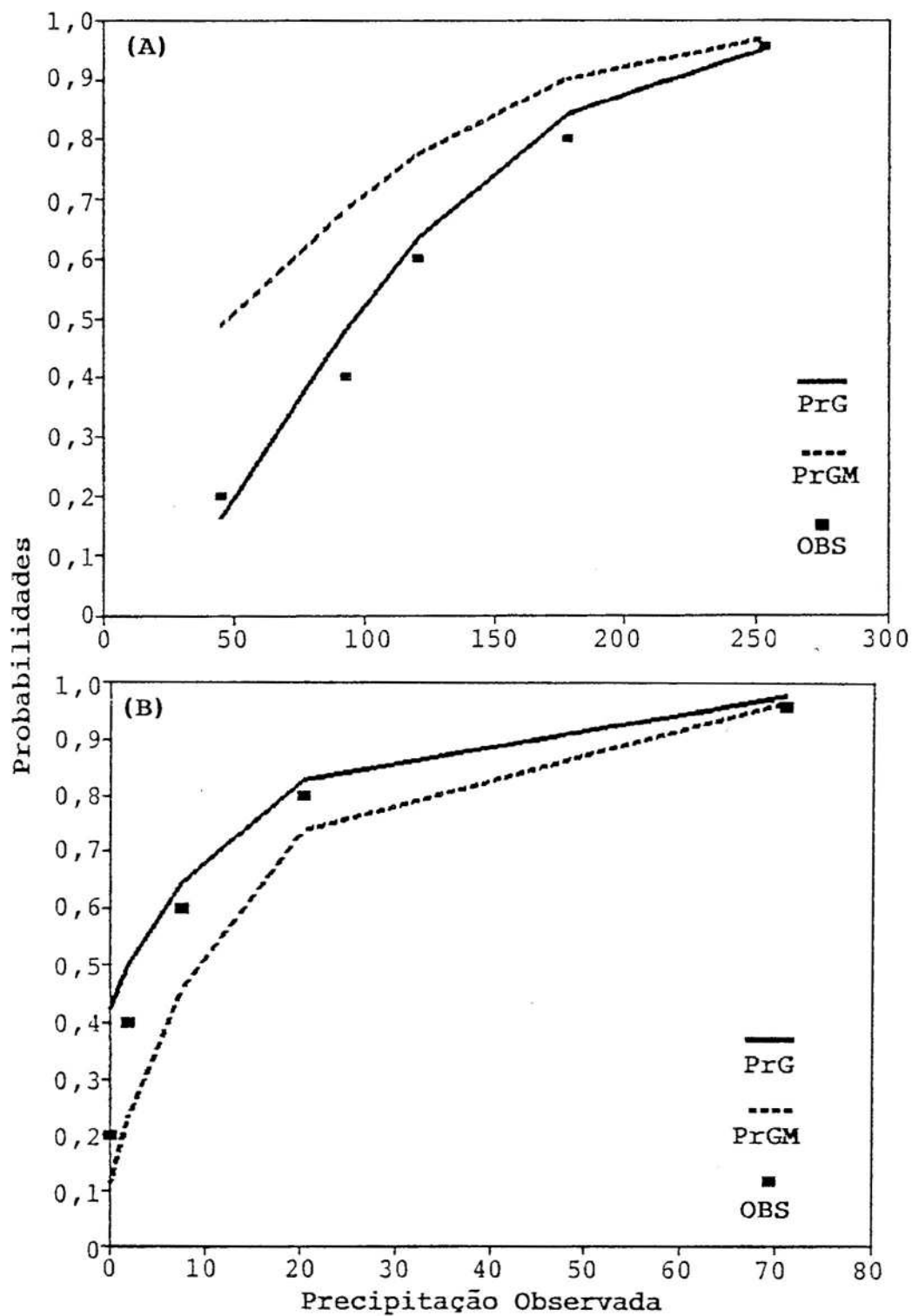


FIGURA 16 - Variação das probabilidades de precipitação, para o mês de outubro (A) e para o terceiro decêndio de maio (B), estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

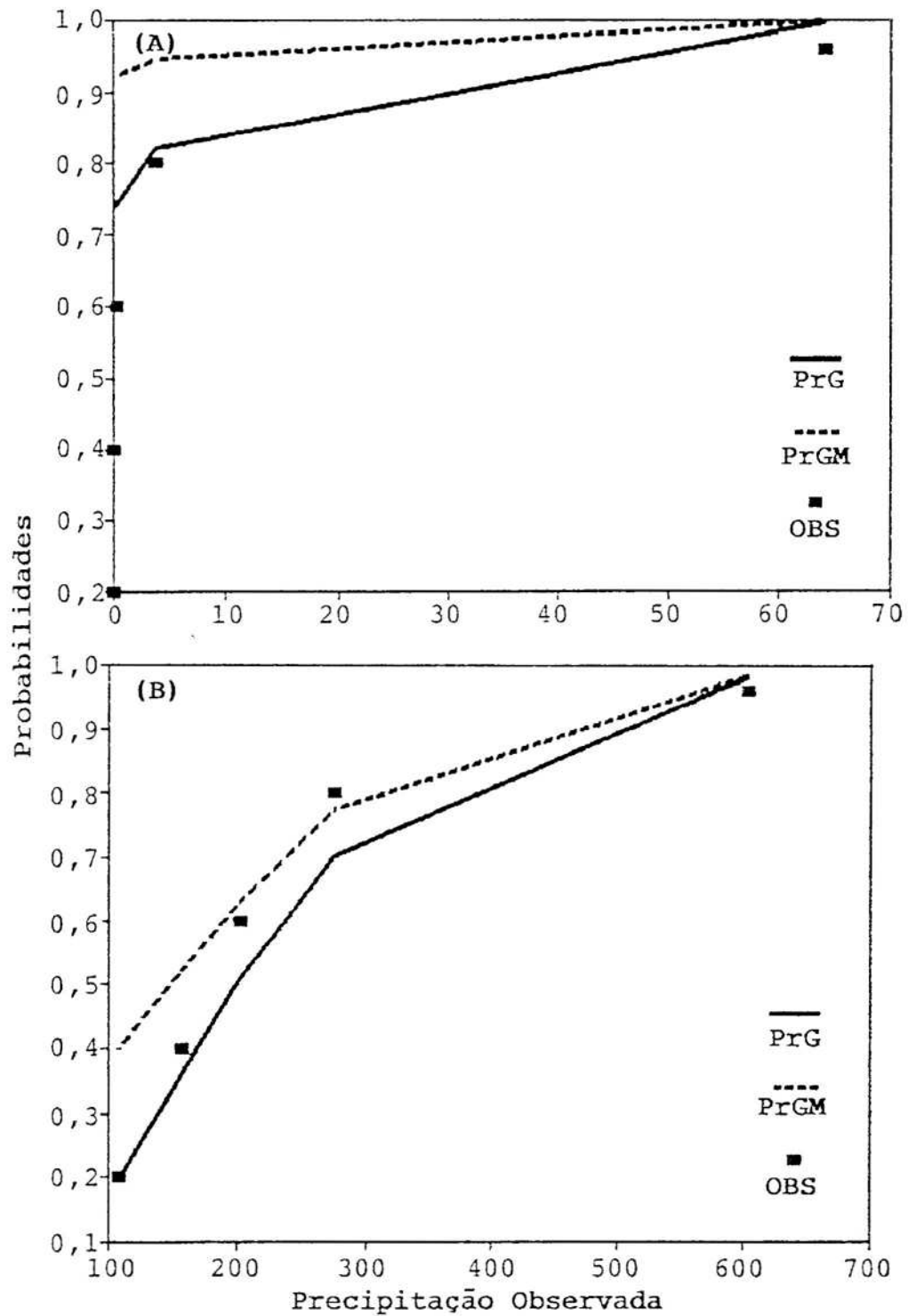


FIGURA 17 - Variação das probabilidades de precipitação, para a quinta pênstada de agosto (A) e para o mês de janeiro (B), estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

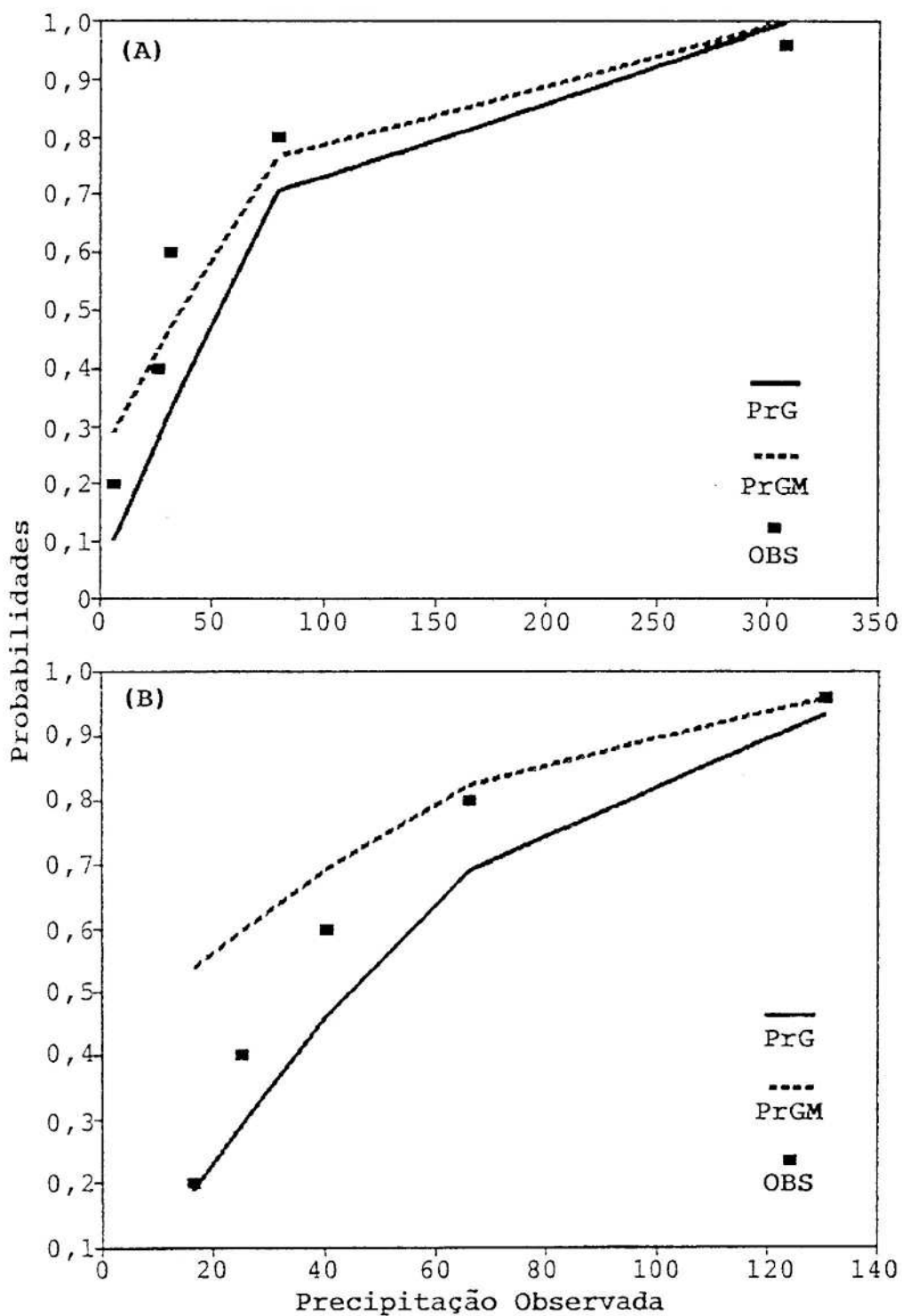


FIGURA 18 - Variação das probabilidades de precipitação, para o primeiro decêndio de fevereiro (A) e para a sexta pêntrada de dezembro (B), estimada pelos modelos Gama/Markov (PrGM) e Gama tradicional (PrG) e pelos dados observados (OBS), para Viçosa, Minas Gerais.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Séries de dados diários de chuva de 30 localidades foram utilizadas na caracterização do regime de chuva, em Minas Gerais. Analisou-se a variabilidade de precipitação em bases anual, mensal, decendial e diária, utilizando-se parâmetros estatísticos como média, desvio padrão e quantis.

As precipitações médias anuais no estado variam entre valores em torno de 900 a 1.600 mm, e o número de dias chuvosos varia desde 61, em Januária, a mais de 100, em localidades das microrregiões do Alto Paranaíba, Sul e Zona da Mata. A razão entre a precipitação média anual e o número de dias chuvosos varia entre valores acima de 16 mm, por dia chuvoso, nas microrregiões Metalúrgica e Alto Médio São Francisco, e valores em torno de 11 mm, por dia chuvoso, nas microrregiões do Médio Jequitinhonha e Mucuri.

Cerca de 80% da precipitação, em Minas Gerais, ocorrem de outubro a março, e esses valores variam de menos 800 mm, a nordeste do estado, até 1.600 mm, ao sul. As

análises das precipitações mensais caracterizaram uma estação seca e uma estação chuvosa bem definidas, com valores médios em torno de 250 mm nos meses da estação chuvosa (dezembro e janeiro), enquanto que, na estação seca (junho a agosto), os valores médios de precipitação ficaram abaixo de 20 mm.

A maior frequência de dias secos, aproximadamente 97%, foi observada em Curvelo, no mês de junho. E a menor frequência de dias secos foi observada em Patos de Minas, no mês de dezembro, com cerca de 41,0%.

Os maiores totais decendiais foram observados no terceiro decêndio de janeiro, em 70% das localidades. Os quantis apresentaram maior diferença entre as localidades nos meses mais chuvosos, de dezembro e janeiro. Aproximadamente, 20% dos anos apresentaram precipitações decendiais abaixo de 10 mm, na maioria das localidades. Em Conceição do Mato Dentro, em aproximadamente 80% dos anos, as precipitações ficaram abaixo de 232 mm.

O modelo probabilístico, com base na distribuição gama e na cadeia de Markov, foi aplicado à série de dados diários de Viçosa, na estação chuvosa, tendo apresentado resultados mais satisfatórios para períodos mensais. Na estação seca, devido à existência de poucos dias chuvosos, de natureza mais aleatória, é possível que o fenômeno da persistência climática não seja tão forte. Daí haver discrepância entre as probabilidades determinadas na série de 43 anos e na série de 24 anos.

A discrepância entre esses valores de probabilidade da precipitação, estimada pelo modelo proposto, e os valores observados sugerem a necessidade de se avaliar a probabilidade de chuva após dois dias secos e, ou, dois dias chuvosos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E.A. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência Prática*, 4(1):46-56, 1980a.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E.A. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência Prática*, 4(1):56-65, 1980b.
- CHATFIELD, C. Wet and Dry Spells. *Monthly Weather Review*, 21:308-10, 1966.
- COE, R. & STERN, R.D. Fitting models to daily rainfall data. *Journal of Applied Meteorology*, 21:1024-31, 1982.
- FEYERHERM, A.M. & BARK, L.D. Statistical methods for persistent precipitation patterns. *Journal of Applied Meteorology*, 4:320-8, 1965.
- FEYERHERM, A.M. & BARK, L.D. Goodness of fit of a Markov chain model for sequences of wet and dry days. *Journal of Applied Meteorology*, 6:770-3, 1967.
- FRIZZONE, J.A. Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição de precipitação na região de Viçosa-MG. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1979. 100p. (Tese-M.S.)

GABRIEL, K.R. & NEUMANN, J. A Markov Chain model for daily rainfall occurrence at Tel Aviv. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 88:90-5, 1962.

GATES, P. & TONG, H. On Markov Chain modeling to some weather data. *Journal of Applied Meteorology*, 15:1145-51, 1976.

GOODWIN, J.B. & SANS, L.M.A. Análise de interação da data de plantio, probabilidade de chuvas e consumo de água pela cultura do milho. Nota Preliminar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO E SORGO, 2, Piracicaba-SP, 1976. Anais... Piracicaba, ESALQ, 1976. p.483-97.

GREGORY, J.M.; WIGLEY, T.M.L.; JONES, P.D. Determining and interpreting the order of a Two-State Markov Chain: Application to models of daily precipitation. *Weather Resources Research*, 28(5):1443-6, 1992.

ISON, N.T.; FEYERHERM, A.M.; BARK, L.D. Wet period precipitation and the Gamma distribution. *Journal of Applied Meteorology*, 10:658-65, 1971.

KATZ, R.W. Precipitation as a Chain-dependent process. *Journal of Applied Meteorology*, 16(7):671-76, 1977.

MARQUELLI, W.A. Análise de distribuição das probabilidades de chuva, visando ao manejo da irrigação suplementar. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1983. 123p. (Tese-M.S.)

MELO, J.S.P. Modelo versátil para estimar as probabilidades de dias chuvosos em intervalos mensais e de alturas diárias de chuva. Viçosa, MG, UFV, Impr. Univ., 1989. 93p. (Tese-M.S.)

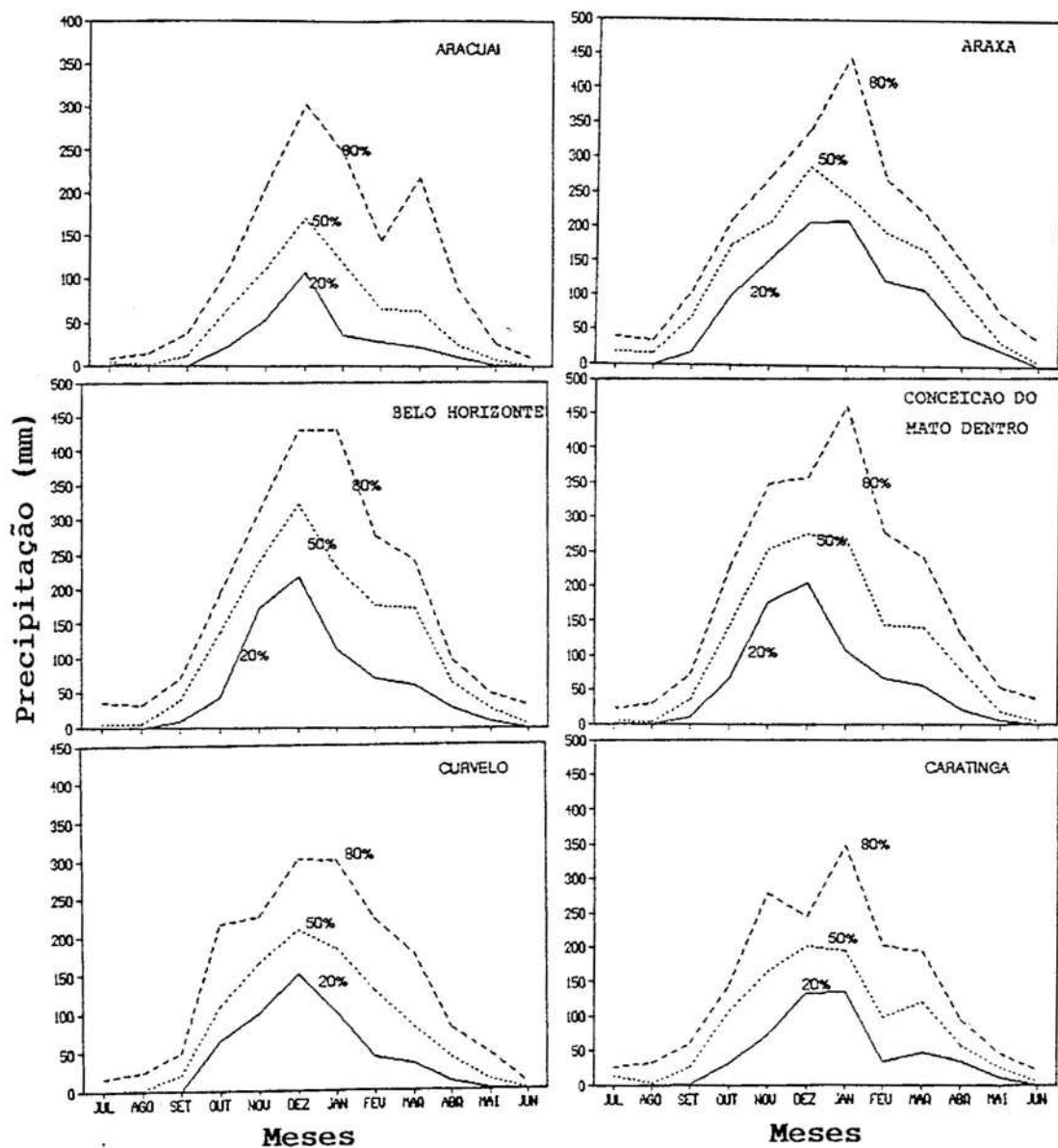
SANS, L.M.A. & GOODWIN, J.B. Seleção de épocas de plantio para minimizar o efeito de verânicos para a cultura do milho. Nota preliminar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO e SORGO, 2, Piracicaba, 1976. Anais... Piracicaba, ESALQ, 1976. p.537-50.

SIVAKUMAR, M.V.K. Climate change and implications for agriculture in Niger. *Climatic Change*, 20:297-312, 1992.

- STERN, R.D. Analysis of daily rainfall at Samaru, Nigeria, using a simple two-part model. *Archiv. für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie, Serie B*, 28:123-35, 1980.
- STERN, R.D. Computing a probability distribution for the start of the rains from a Markov chain model for precipitation. *Journal of Applied Meteorology*, 21:420-3, 1982.
- STERN, R.D. & COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. *Agricultural Meteorology*, 26:35-50, 1982.
- THODOROVIC, P. & WOOLHISER, D.A. A stochastic model of n-day precipitation. *Journal of Meteorology*, 14:17-24, 1975.
- THOM, H.C.S. A note on gama distribution. *Monthly Weather Review*, 86(4):117-21, 1958.
- THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. Geneve, World Meteorological Organization, 1966. 53p. (Technical notes 81)
- WEISS, L.L. Sequences of wet or dry days described by a Markov Chain probability model. *Monthly Weather Review*, 92(4):169-76, 1964.
- WOLF, J.M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 12(único):141-50, 1977.

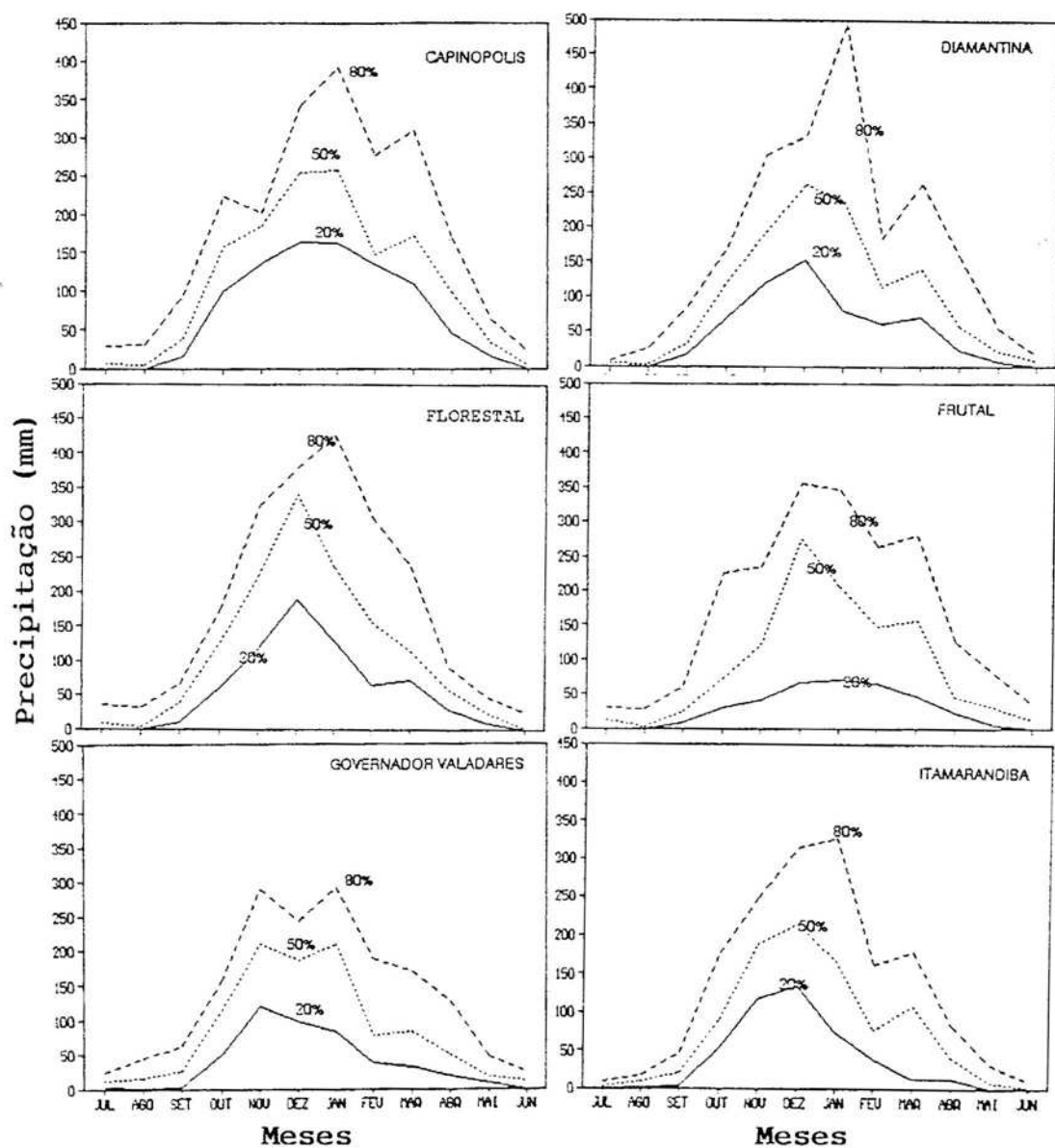
APÊNDICE

APÊNDICE A



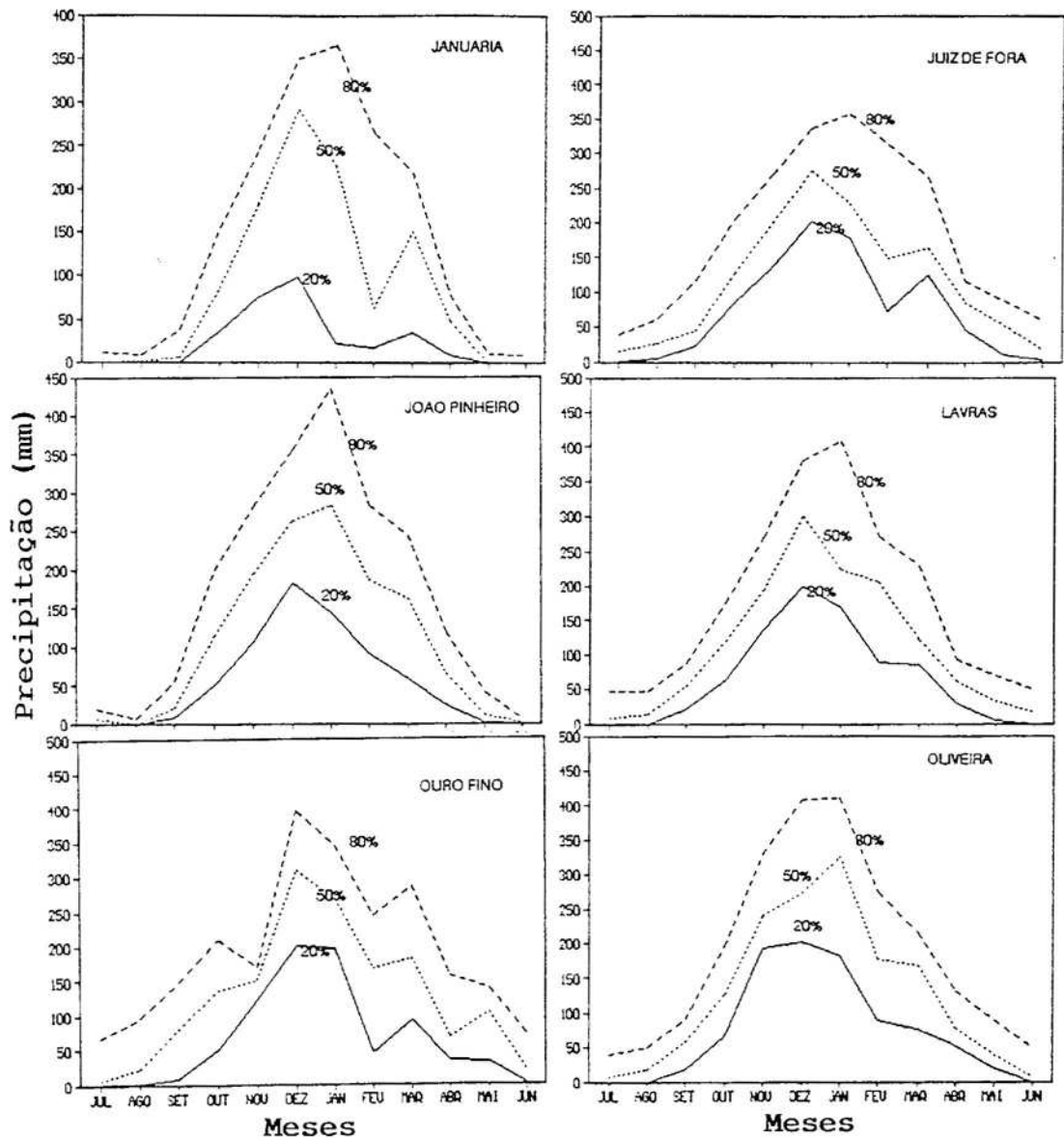
Continua...

FIGURA 1A - Chuva que tem 80, 50 e 20% de probabilidade acumulada de ocorrer, nas localidades estudadas.



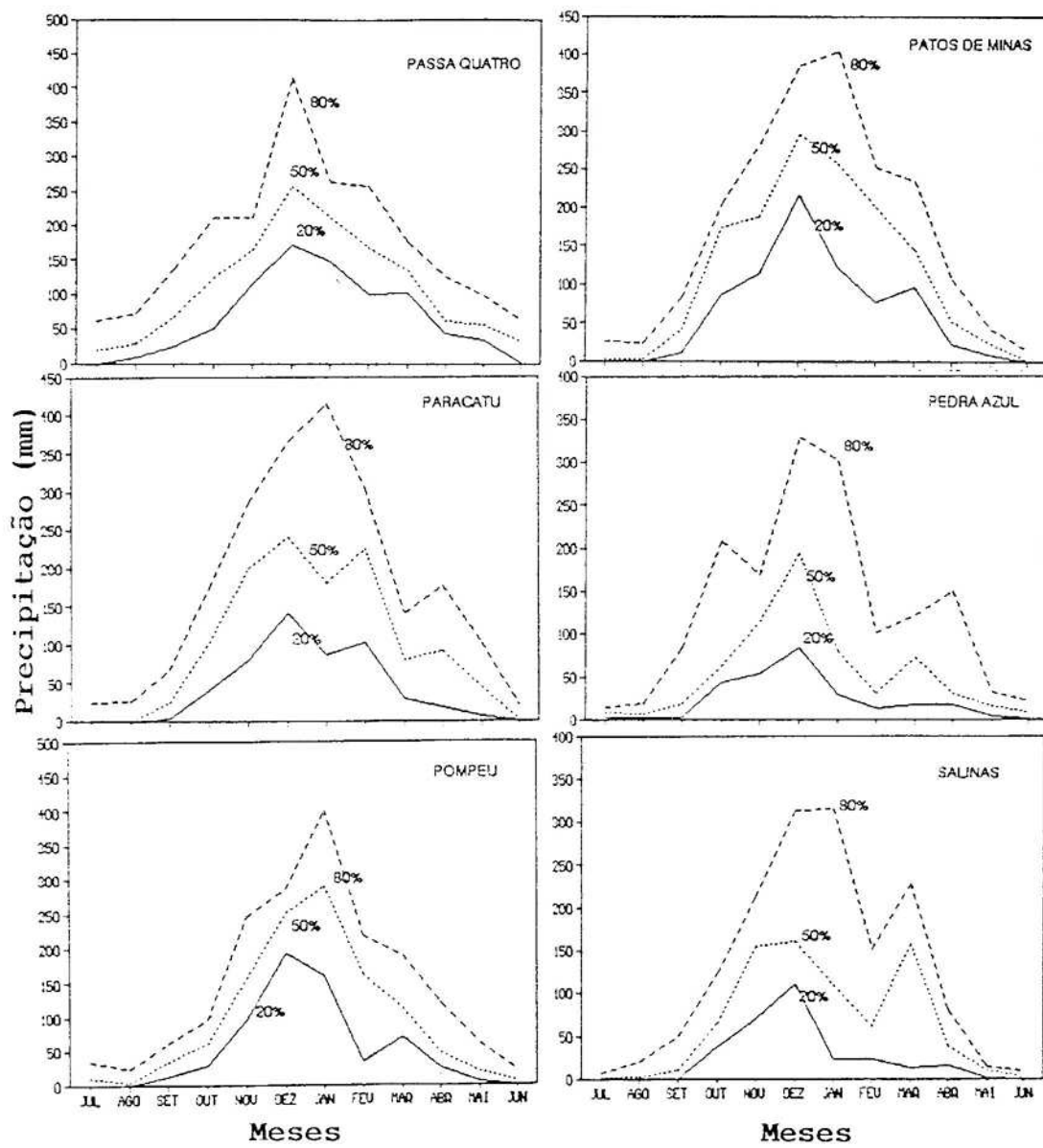
Continua...

FIGURA 1A, Cont.



Continua...

FIGURA 1A, Cont.



Continua...

FIGURA 1A, Cont.

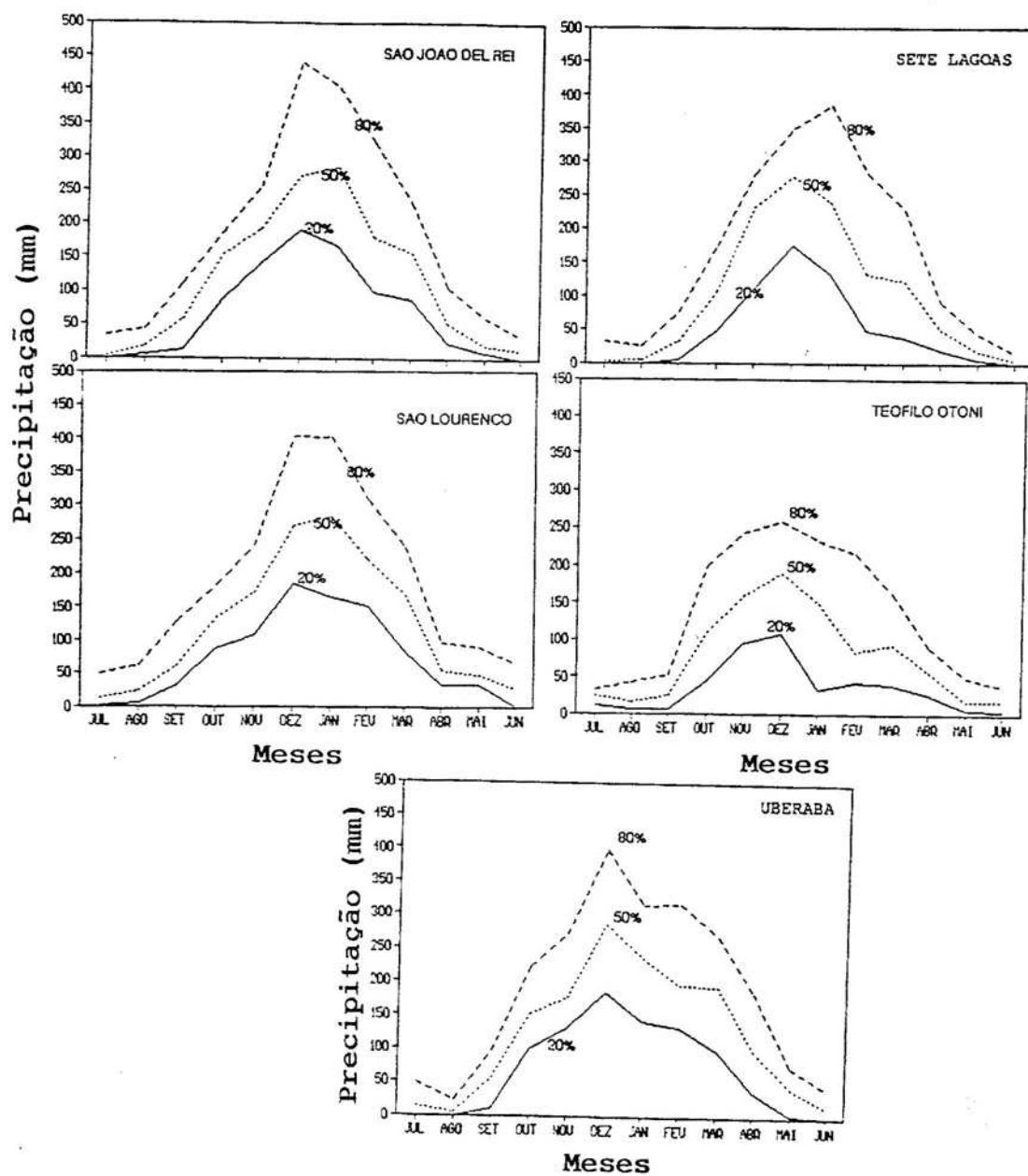


FIGURA 1A, Cont.