



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

Nº de ordem: MET-UFAL-MS-067

**ESTAÇÃO DE CULTIVO BASEADA NA PRECIPITAÇÃO
PLUVIAL DIÁRIA E NA OCORRÊNCIA DE PERÍODOS SECOS
PARA A REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS**

ANDRÉ LUIZ DE CARVALHO

Maceió - AL
Fevereiro – 2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

Nº de ordem: MET-UFAL-MS-067

**ESTAÇÃO DE CULTIVO BASEADA NA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL
DIÁRIA E NA OCORRÊNCIA DE PERÍODOS SECOS PARA A
REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS**

ANDRÉ LUIZ DE CARVALHO

Dissertação de mestrado apresentada a
Universidade Federal de Alagoas, para
obtenção do título de Mestre em Meteorologia
Área de Concentração: **Processos de
Superfície Terrestre.**

Orientador: Prof. Dr. José Leonaldo de Souza

Maceió - AL
Fevereiro – 2010

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

C331e Carvalho, André Luiz de.

Estação de cultivo baseada na precipitação pluvial diária e na ocorrência de períodos secos para a região de Rio Largo, Alagoas / André Luiz de Carvalho, 2010.

[xiii], 68f. : il., grafs., tabs.

Orientador: Luiz Carlos Baldicero Molion.

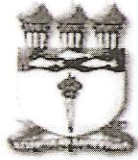
Dissertação (mestrado em Meteorologia : Processos de Superfície Terrestre) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2010.

Bibliografia: f. 60-65.

Apêndices: f. 66-68.

1. Meteorologia agrícola. 2. Precipitação (Meteorologia) – Alagoas. 2. Estação chuvosa. 4. Estação seca. I. Título.

CDU:551.577(813.5)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

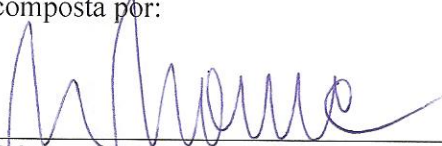
N.º de ordem: MET-UFAL-MS-067.

***“ESTAÇÃO DE CULTIVO BASEADA NA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL
DIÁRIA E NA OCORRÊNCIA DE PERÍODOS SECOS PARA A REGIÃO
DE RIO LARGO-AL.”***

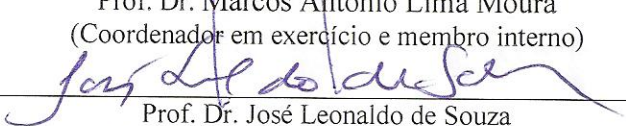
André Luiz de Carvalho

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

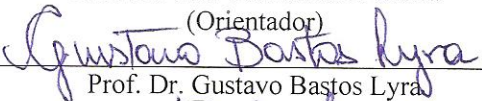
Aprovado pela Banca Examinadora composta por:




Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura
(Coordenador em exercício e membro interno)



Prof. Dr. José Leonaldo de Souza
(Orientador)



Prof. Dr. Gustavo Bastos Lyra
(Co-orientador)



Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva
(Membro Externo – UFCG)

Maceió – AL
Fevereiro/2010

PENSAMENTO

"Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar."

(William Shakespeare)

Ao meu orientador Prof. Dr.
José Leonaldo de Souza, **OFEREÇO**.

A toda minha família, **DEDICO**.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Leonaldo de Souza pela orientação e incentivo durante o curso de Mestrado.

Ao Prof. Dr. Gustavo Bastos Lyra pela co-orientação.

Aos meus amigos de graduação e de mestrado: Ronabson e Henderson.

Aos amigos que fiz no curso de Mestrado: Fábio, Ivon, Darlan, Henrique, Vinícius, José André, Micejane e Cíntia.

Aos Colegas de Laboratório: Anthony, Ricardo, Maurício, Marcos Alex, Rui, Edmilson, Franklin, Eduardo e Henrique.

Aos Professores: Marcos Moura e Bernardo Barbosa, pela participação na banca examinadora.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela bolsa de estudo que foi concedida.

A Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Ao CT-HIDRO/CNPq-504068/03-2, CNPq UNIVERSAL 479143/2007-2, CAPES, CNPq-PIBIC-UFAL, pelos apoios financeiros.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE EQUAÇÕES.....	XII
LISTA DE SIMBOLOS.....	XIII
LISTA DE SIGLAS.....	XIV
1.0 INTRODUÇÃO.....	1
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Disponibilidade hídrica.....	3
2.2 Métodos agroclimáticos para planejamento agrícola.....	6
2.3 Sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil.....	9
2.4 El Niño Oscilação Sul (ENOS) e Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).....	10
3.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Área de estudo e série diária de precipitação pluvial.....	11
3.2 Características da estação chuvosa e de cultivo.....	13
3.3 Aplicativo <i>Instat Climatic</i>	15
3.4 Dias secos e chuvosos.....	15
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Características da estação chuvosa e de cultivo.....	17
4.2 El Niño / Oscilação Sul e períodos secos e na estação chuvosa.....	24
4.3 Probabilidade de ocorrência de períodos secos.....	30
4.4 Probabilidade de ocorrência de dias secos e chuvosos.....	34
4.5 Probabilidade condicional de dias chuvosos.....	40
4.6 Quantidade de precipitação em dias chuvosos.....	50
5.0 CONCLUSÕES.....	58
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
7.0 APÊNDICE.....	66
7.1 Distribuição da quantidade de precipitação diária e dias sem precipitação para o ano de 2008.....	66
7.2 Distribuição de Períodos secos para o ano de 2008.....	67
7.3 Representação dos Dias Julianos.....	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Mapa de Alagoas com destaque para o município de Rio Largo.....	11
Figura 2. Estação convencional agrometeorológica situada no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em Rio Largo, Alagoas.....	12
Figura 3. Probabilidade Cumulativa do Início Potencial, Início de Sucesso e Fim da estação chuvosa no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL.....	18
Figura 4. Comparação entre o início potencial e o início de sucesso da estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo - AL.....	24
Figura 5. Probabilidade de ocorrência de períodos secos (≥ 5 dias, ≥ 7 dias, ≥ 10 dias) no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	27
Figura 6. Probabilidade de ocorrência de períodos secos (≥ 5 dias, ≥ 7 dias, ≥ 10 dias), em grupos de três dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	32
Figura 7. Totais de dias secos e chuvosos em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	36
Figura 8. Totais de dias secos e chuvosos no dia anterior em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	37

Figura 9. Probabilidade de dias chuvosos em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	39
Figura 10. Total de dias secos com o dia anterior seco em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	41
Figura 11. Total de dias secos com o dia anterior chuvoso em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	42
Figura 12. Total de dias chuvosos com o dia anterior chuvoso em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	44
Figura 13. Probabilidade observada e ajustada da ocorrência de um dia ser chuvoso com o dia anterior chuvoso em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	45
Figura 14. Total de dias chuvosos com o dia anterior seco em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	46
Figura 15. Probabilidade observada e ajustada da ocorrência de um dia ser chuvoso com o dia anterior seco em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de	

dias secos.....	47
Figura 16. Probabilidade condicional de dias chuvosos em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	48
Figura 17. Média de chuva por dia chuvoso (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	51
Figura 18. Quantidade média observada e ajustada de precipitação do dia chuvoso seguido por outro dia chuvoso (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	53
Figura 19. Quantidade média observada e ajustada de precipitação do dia chuvoso seguido por um dia seco (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	54
Figura 20. Médias ajustadas da quantidade de precipitação para dia chuvoso seguido por outro dia chuvoso e dia chuvoso seguido por um dia seco (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	55
Figura 21. Probabilidade semanal de totais de chuva (mm) no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	57

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Característica da estação chuvosa e de cultivo utilizando a distribuição livre e ajustada pela distribuição normal.....	20
Tabela 2. Comprimento da estação chuvosa e de cultivo utilizando a distribuição livre e ajustada pela distribuição normal.....	20
Tabela 3. Precipitação diária para o Ano de 1975.....	22
Tabela 4. Precipitação diária para o Ano de 2008.....	23
Tabela 5. Classificação e Intensidade do El Niño – Oscilação Sul no período de 1973 a 2002.....	28
Tabela 6. Comprimento da estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas.....	29
Tabela 7. Ocorrência diária de períodos secos para o ano de 2008 para a região de Rio Largo, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.....	33
Tabela 8. Total mensal de dias secos e chuvosos para o ano de 2008 para a região de Rio Largo - AL, considerando 1 mm como o valor limite de precipitação.....	38
Tabela 9. Total condicional de dias secos e chuvosos pela aplicação da cadeia de Markov de 1° ordem a 1 mm de precipitação pluvial para o ano de 2008 para a região de Rio largo - AL.....	50

LISTA DE EQUAÇÕES

	Pág.
Equação 1. Modelo de Penman-Monteith FAO56 para calcular a evapotranspiração de referência.....	13
Equação 2. Distribuição Normal.....	13
Equação 3. Função densidade de probabilidade para a distribuição Gama.....	14
Equação 4. Função densidade de probabilidade para a distribuição Gama.....	14
Equação 5. Função Gamma.....	14
Equação 6. Sequência de dias secos e úmidos.....	16
Equação 7. Probabilidade para um dia ser chuvoso com o dia anterior seco.....	16
Equação 8. Probabilidade para um dia ser chuvoso com o dia anterior chuvoso.....	16

LISTA DE SÍMBOLOS

γ	Constante psicrométrica
e_s	Pressão de saturação do vapor de água atmosférico
e_a	Pressão atual do vapor de água atmosférico
Δ	Gradiente da curva de pressão vs temperatura
μ	Média da distribuição normal
σ	Desvio padrão da população da distribuição normal
λ	Taxa média do processo da distribuição gamma
r	Número específico de eventos da distribuição gamma
$\Gamma(r)$	Função gamma
P_{rd}	Probabilidade de ocorrência de dias chuvosos com o dia anterior seco
P_{rr}	Probabilidade de ocorrência de dias chuvosos com o dia anterior chuvoso
U_2	Velocidade do Vento a 2 m de Altura.

LISTA DE SIGLAS

ENOS	El Niño / Oscilação Sul
ODP	Oscilação Decadal do pacífico
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCANS	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
VCAS	Vórtice Ciclônico de Ar superior
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
CECA	Centro de Ciências Agrárias
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
LARAS	Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar
Eto	Evapotranspiração de Referência
Rn	Saldo de Radiação
G	Fluxo de Calor no Solo
Ta	Temperatura do Ar

CARVALHO, André Luiz de. Estação de Cultivo baseada na Precipitação Pluvial Diária e na Ocorrência de Períodos Secos para a Região de Rio Largo, Alagoas. Orientador: Prof. Dr. José Leonaldo de Souza. Maceió – AL: MET, UFAL, 2010. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi determinar as características da estação de cultivo e os períodos secos baseado em dados diários de precipitação pluvial para o município de Rio Largo, Alagoas. A série de 36 anos de dados de precipitação pluvial diária (1973 – 2008) foi obtida na estação convencional (9°28'S, 35° 49'O, 127m) do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Na definição de dia seco foram considerados seis diferentes valores de referência para a precipitação (0, 1, 2, 3, 4 e 5 mm). O dia foi considerado seco quando possuiu precipitação igual ou inferior a um desses valores e definido como chuvoso em caso contrário. Os períodos secos foram definidos como a sequência de dias secos com precipitação menor ou igual ao valor considerado de referência de precipitação. O início (potencial e de sucesso), fim e comprimento da estação chuvosa e de cultivo foram definidos pela utilização de métodos diretos em função da precipitação pluvial e evapotranspiração de referência. As análises estatísticas de ocorrência de chuva e de períodos secos foram feitas através da cadeia de Markov no aplicativo *Instat Climatic*. Os períodos secos foram avaliados em três diferentes intervalos de tempo (≥ 5 dias, ≥ 7 dias e ≥ 10 dias). A 80% de probabilidade, a estação chuvosa iniciou-se no dia 07 de abril e terminou no dia 24 de outubro, com comprimento de 221 dias. O início da estação chuvosa foi antecipado em anos de La Niña (10 dias) e retardado em alguns anos de El Niño (9 dias), e assim, causa uma diminuição no comprimento da estação de cultivo para anos de El Niño e aumento em anos de La Niña. As maiores ocorrências de dias chuvosos foram observadas entre abril e agosto (50 a 90%), enquanto novembro foi o mês mais seco (65 a 97%). Na estação chuvosa (março a agosto), o período seco de 5 dias obteve as maiores chances de ocorrência (5 a 85%). A ocorrência de períodos secos foi baixa para 7 dias (0 a 45%) e 10 dias (0 a 5%). As ocorrências de períodos secos foram intensificadas pela ocorrência de eventos de El Niño (1 a 60%), entre 1980 e 1983, e reduzidas em anos de eventos de La Niña (0 a 45%) entre 1983 e 1985.

Palavras Chaves: Dia seco, dia chuvoso, estação chuvosa e disponibilidade hídrica

CARVALHO, André Luiz de. Cultivation Station Based on Daily Precipitation and in the Dry Spell Occurrence in Rio Largo, Alagoas. Adviser: Dr. José Leonaldo de Souza. Maceió – AL: MET, UFAL, 2010. Dissertation (Master in Meteorology).

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the characteristics of the growing season and dry spells based in daily rainfall data in Rio Largo, Alagoas. A serie time with 36 years of daily precipitation data (1973 - 2008) was measured in the conventional station (9 ° 28'S 35 ° 49'W, 127m) of the Agricultural Science Center (ASC) of the Federal University of Alagoas (FUA). In the definition of dry days were used six different values of precipitation (0, 1, 2, 3, 4 and 5 mm). The day was considered dry when it has a rainfall of less than one of these six values and it was defined as wet if the rainfall w as higher. The dry periods were defined as the sequence of dry days with precipitation less than or equal to the reference value of precipitation. The beginning (potencial and success), end e length of the rainy season and cultivation were measured by using direct methods. Statistical analysis of rain occurrence and dry spell was done with Markov chain in the software Instat Climatic. The dry periods were defined in three different intervals (≥ 5 days, ≥ 7 days and ≥ 10 days). At 80% probability the rainy season began on April 7th and finished on October 24th with length of 221 days. The beginning of the rainy season was anticipated in La Niña years (10 days) and delayed in years of El Niño (9 days), and consequently, cause a decrease in length of growing season for El Niño years and increase in La Niña years. The highest occurrences of rainy days were observed between April to August (50 to 90%). And November was the driest month (65 to 97%). In the rainy season (March to August) the dry spell of 5 days was the one that had the greatest chance of occurrence (5 to 85%). The occurrence of dry spells was low for 7 days (0 to 45%) and 10 days (0 to 5%). The occurrences of dry spells were intensified by the occurrence of El Niño events (1 to 60%) between 1980 and 1983 and were reduced in years of La Niña events (0 to 45%) between 1983 and 1985.

Key Words: Dry day, rainy day, rainy station and water availability.

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais demandas na agricultura na atualidade é o aumento da produtividade, com eficiência de aproveitamento dos recursos naturais. Perdas de produtividade trazem prejuízos, tanto para o agricultor, como também para as regiões de cultivo. As perdas na agricultura podem provocar escassez de alimentos, má nutrição, doenças não verificadas, dizimação dos rebanhos de gado e perdas de vidas humanas (Morse, 1987).

Para uma região, a falta ou a diminuição de recursos alimentícios provoca prejuízos de forma social e, principalmente, econômica. As principais consequências são: aumentos de preços, de importações de comida e na taxa de migração da área rural para a área urbana. O baixo rendimento na produtividade de determinada cultura é influenciado por fenômenos adversos que ocorrem na região, principalmente, a seca, que resulta em diversas consequências negativas para as regiões agrícolas do Brasil (Silveira e Assis, 2000).

Na região Tropical, a precipitação pluvial é o elemento meteorológico que mais impacta a produtividade agrícola, sendo sua falta ou excesso o principal responsável pela alternância das produções agrícolas anuais (Mousinho et al., 2006). A variabilidade interanual e intra-sazonal da precipitação pluvial no Nordeste do Brasil é influenciada por mecanismos de escala global como eventos de ENOS – El Niño / Oscilação Sul, ODP (Oscilação Decadal do Pacífico) e a ZCIT (Zona de Convergência do Intertropical). O ENOS é um fenômeno atmosférico de interação oceano-atmosfera, que ocorre no oceano Pacífico Tropical, e é considerado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do globo. Ele apresenta duas fases extremas: uma fase quente, denominada El Niño, e uma fase fria, a La Niña.

Associado a disponibilidade pluviométrica, a produtividade agrícola é influenciada pela ocorrência sequencial de dias secos, que são mais conhecidos como períodos secos. A ocorrência de longos períodos secos é fator restritivo para se alcançar a produtividade potencial das culturas, sendo importante a sua previsão (Fietz et al., 1998). A ocorrência de períodos secos resulta em prejuízos para a agricultura, particularmente se ocorrerem nas fases fenológicas nas quais as plantas necessitam de maiores quantidades de água, tais como: floração, frutificação ou enchimento de grãos (Castro Neto et al., 1980). Os períodos secos contribuem para o baixo conteúdo de água no solo provocando déficit hídrico, tanto nos solos como também dos regimes fluviais. Informações em relação aos comprimentos de períodos secos auxiliam no manejo da irrigação suplementar ou de salvação e em operações de campo como a colheita, adubação, aplicação de herbicidas e inseticidas, entre outras (Sivakumar, 1992).

Os efeitos da seca são agravados pela disponibilidade inadequada de água às culturas que é causada pela evapotranspiração acentuada, e pela falta de um programa governamental de distribuição de água e fomento de técnicas de irrigação (Azevedo e Leitão, 1990). O conjunto desses fatores associados à radiação solar proporciona perdas ao produtor.

Vários modelos são utilizados para realizar análises das ocorrências de períodos secos e chuvosos. Porém, um dos mais utilizados, tanto no Brasil como no mundo, é a cadeia de Markov, por necessitar de poucos parâmetros de entrada. Esse método usa a informação do dia anterior (seco ou chuvoso) para fornecer o prognóstico sobre a possível ocorrência de um dia ser seco ou chuvoso em determinada região além de fornecer informações sobre possíveis ocorrências de longos períodos secos (Stern et al., 1982b). Modelos que realizam simulações possibilitaram maiores retornos econômicos para os produtores rurais, com o uso de alternativas de datas de semeadura, aplicação de nitrogênio, densidade de plantas e híbridos em relação às fases do ENOS (Berlato et al., 2005).

O objetivo desse trabalho foi determinar as características da estação de cultivo e os períodos secos baseado em dados diários de precipitação pluvial para o município de Rio Largo, Alagoas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Disponibilidade Hídrica

As culturas agrícolas necessitam, para o adequado crescimento e desenvolvimento, de determinada quantidade de água, que é suprida em parte pela irrigação e, principalmente, pela precipitação pluvial. A precipitação pluvial está diretamente relacionada com o rendimento final das culturas e sua variação durante o ano, associado a outros fatores, pode provocar perdas na produtividade final das culturas (Morais et al., 2001). Além da distribuição e a irregularidade da chuva, no tempo e no espaço, outra característica climática que afeta uma região é a transição entre períodos secos e chuvosos. Essa transição provoca notável mudança no clima, principalmente, em regiões tropicais (Keller Filho et al., 2006).

O total de precipitação que ocorre durante o ano, mesmo que seja elevado, pode dificultar a identificação da ocorrência de dias secos na estação chuvosa. Para a agricultura, a distribuição, a frequência e a intensidade da precipitação são mais importantes do que o total acumulado mensal. Porém, a quantidade total mensal de precipitação é mais utilizada para estimar os efeitos da precipitação na agricultura e também em balanços hídricos (Nieuwolt, 1989). Meses com total de precipitação elevado podem apresentar ocorrência de dias secos, sendo a maior parte dessa precipitação acumulada em períodos mais curtos (Riehl, 1979).

Como as culturas necessitam de elevada quantidade de água, a melhor época para realizar a semeadura é a estação chuvosa. Uma forma de atenuar a falta de água nas culturas é utilizar a data de início de chuvas como a data de plantio (Sivakumar,

1988). As plantações também podem ser realizadas durante a estação seca, sendo necessária a utilização da irrigação para suprir a quantidade de água para as culturas.

A quantidade de precipitação que ocorre na estação chuvosa é suficiente para que as culturas atinjam seu total desenvolvimento. Porém, ocorrências de sequências de dias sem precipitação (períodos secos) provocam danos às culturas. As perdas na produtividade nas culturas ocorrem, em muitos casos, devido à falta de água em suas fases de desenvolvimento, principalmente em fases que são mais sensíveis a seca e necessitam de maior quantidade de água (Sivakumar, 1992).

A maioria das culturas possui, durante o seu desenvolvimento, períodos críticos com relação à falta de água, que podem provocar redução substancial na produtividade final (Folegatti et al., 1997). Os prejuízos na produtividade dependem da duração e da severidade do déficit de água nas culturas como também do desenvolvimento vegetal.

A redução dos eventos de precipitações ocasiona redução no conteúdo de água armazenada no solo, que é definido como déficit hídrico. A deficiência hídrica ocorre devido à variação da precipitação e também devido à intensa evapotranspiração. Outros fatores como a baixa capacidade de retenção da água e a alta velocidade de infiltração nos solos também estão relacionadas com a deficiência hídrica (Cruz et al., 1979).

O déficit hídrico causa também prejuízos para a economia de uma região, que é dependente das atividades agrícolas. Sua intensidade, duração, época de ocorrência e a interação com outros fatores do rendimento final é que vai definir o impacto da falta de água sobre a economia da região (Cunha e Bergamaschi, 1992).

O fator de maior importância na variação do rendimento final das culturas é a variabilidade interanual das condições hídricas do solo que é determinada pela variabilidade das chuvas (Berlato, 1992).

O excesso de chuvas pode também trazer vários prejuízos para a agricultura, devido ao escoamento superficial que é provocado quando a intensidade de precipitação excede a taxa máxima de infiltração na camada superficial do solo. Vários danos podem ocorrer, devido ao escoamento superficial, como o afogamento de plantas no seu estágio inicial de desenvolvimento (Nieuwolt, 1989).

As perdas na agricultura são sérias, sendo condicionados pela precipitação e pela necessidade hídrica da cultura e intensificadas pelo aumento de temperatura do ar e dos solos e dos níveis de radiação solar. Outros fatores locais como o tipo de solo,

métodos de plantio, drenagem e o nível de água no solo, também podem afetar a utilização da precipitação na agricultura.

O conteúdo de água disponível no solo é muitas vezes considerado apenas em relação aos aspectos meteorológicos, tendo em base a demanda e o suprimento da água por meio de métodos climatológicos. O teor da água no solo não é considerado, mas leva em consideração o conceito de disponibilidade de água como função da demanda atmosférica e da espécie vegetal (Braga e Villa Nova, 1983).

A pouca ocorrência de precipitação resulta também que o conteúdo de água no solo atinja o ponto de murcha, devido à baixa capacidade dos solos de reter água. Isso gera redução na produtividade potencial das culturas (Assad et al., 1993).

O balanço hídrico é importante na determinação da disponibilidade hídrica do solo, a qual influencia diretamente nos processos que ocorrem nas plantas (Rose e Stern, 1967). Pelo fato de ser importante no entendimento do requerimento de água dos cultivos, relacionado com as condições do clima e do solo da região, ele tem sido frequentemente utilizado no manejo da irrigação, por ser relativamente preciso na determinação do consumo de água por comunidades vegetais (Pereira et al., 1994). O balanço de água também é aplicado para definir os períodos de deficiência hídrica, em que há necessidade de irrigação suplementar e também a identificação dos períodos de excesso, em que a água da chuva será armazenada pelo solo. O balanço hídrico de uma região é composto por alguns componentes como a precipitação, irrigação, escoamento superficial, percolação profunda ou ascensão capilar e evapotranspiração, que podem ser determinados por diferentes técnicas ou através de medidas.

A evapotranspiração é um elemento climatológico importante para a agricultura. Ela representa o processo de transferência da água do sistema planta-solo para a atmosfera, sendo parte dessa água diretamente evaporada do solo para a atmosfera e a outra parte é transferida pelo processo de transpiração através dos tecidos vegetais (Pereira et al., 1997). A evapotranspiração também pode ser expressa como a quantidade equivalente de água evaporada por unidade de tempo, geralmente representada como lâmina de água por unidade de tempo (mm dia^{-1}) (Burman et al., 1983). Essa quantidade de água, que é perdida dos solos e das plantas, é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo para as plantas. A radiação é o elemento mais importante no poder evaporante do ar, porém outros fatores locais como o vento, a umidade e a temperatura do ar podem

influenciar na evapotranspiração (Pereira et al., 1997). A evapotranspiração pode ser determinada pelo saldo de radiação, onde há forte correlação entre o saldo de radiação e a radiação global (Chang, 1968). Porém os métodos na determinação da evapotranspiração devem levar em conta a praticidade e a precisão, pois, apesar desses métodos teóricos e micrometeorológicos serem baseados em princípios físicos, apresentam limitações, principalmente em relação à instrumentação, o que pode restringir a sua utilização (Berlato e Molion, 1981).

Alguns métodos foram desenvolvidos para realizar o balanço hídrico, sendo o método de Thornthwaite e Mather (1955) o que se destaca entre os demais. Esse método considera que a baixa disponibilidade de água está diretamente relacionada com a capacidade de armazenamento de água nos solos, afirmando assim, que o solo atua como um componente ativo no seu cálculo.

2.2. Métodos Agroclimáticos para Planejamento Agrícola

A prática básica em análises agroclimáticas é somar quantidades de precipitação sobre períodos arbitrários de 5, 7 ou 10 dias. Os totais, um de cada ano, para um período particular, são analisados para se estimar as quantidades de chuva que podem ser esperados em níveis de probabilidade pré-definidos. Isto pode ser feito simplesmente requisitando os totais e derivando empiricamente os pontos percentuais (Stern et al., 1982a)

Definir um evento para marcar o início de chuvas não é simples, devido a natureza intermitente e irregular das precipitações tropicais (Stern et al., 1982a). O evento pode ser definido de diferentes formas para diferentes aplicações utilizando a quantidade de precipitação. A data do início é uma importante variável climatológica, sendo utilizada como a data de plantio para que os cultivos sejam feitos em épocas que ocorram as maiores quantidades de chuvas (Arruda, 1980). A definição da data do fim das chuvas pode também depender na aplicação particular. Em alguns estudos, o fim da estação chuvosa é definido como a última data, na qual uma quantidade de início é excedida. Outra possibilidade é usar a primeira ocorrência de um longo período seco depois de uma data específica. As definições acima são unicamente baseadas na precipitação, mas a medida de água armazenada no solo é precisa para definir o fim do período de crescimento mais realístico. Assim, é usado um simples balanço hídrico

diário (Stern et al., 1982a). Uma vez que definições satisfatórias do início e fim das chuvas (ou estação de crescimento) foram estabelecidas, o comprimento da estação chuvosa é calculado pela subtração, para cada ano, da data no qual as chuvas iniciam e da data que elas terminam. É útil avaliar se há relação entre as datas de início e fim de chuvas. Se não há correlação, torna-se fácil responder questões condicionais sobre sua tendência (Stern et al., 1982a).

Períodos secos são sequências de dias secos consecutivos com determinada precipitação igual ou inferior a um valor limite de precipitação adotado. Os dias com quantidade de precipitação superior a esse valor limite são considerados como dias chuvosos. Outras definições de períodos secos foram utilizadas por alguns autores, como por exemplo, Vasconcellos et al. (2003) definiram dia como seco quando o armazenamento de água no solo, de acordo com o balanço hídrico, foi igual ou inferior a certo valor crítico, condicionado pela demanda atmosférica. Freitas e Grimm (1998) caracterizaram o dia como seco quando a precipitação foi inferior a evapotranspiração potencial. Silveira e Assis (2000) definiram períodos secos como sequências de dias secos com a quantidade de precipitação igual à zero. Já Viana et al. (2002) consideraram como dia seco o dia que apresentou déficit hídrico, ou seja, dia com precipitação igual a zero ou inferior a evapotranspiração de referência.

Não há consenso a ser seguido com relação a quantidade de precipitação limite que deve ser adotada para caracterizar o dia como seco. Esse valor limite de precipitação depende das condições do clima e do solo da região. Vasconcellos et al. (2003) definiram o valor limite de precipitação de acordo com as características físicas do solo, profundidade efetiva do sistema radicular e a evapotranspiração. Na literatura as quantidades de precipitação frequentemente utilizadas em estudos sobre períodos secos foram 1 mm (Silva et al., 1997) e 5 mm (Assad et al, 1993; Fietz et al., 1998; Viana et al., 2000). As ocorrências de seca podem também não estar relacionada com a falta ou baixa quantidade de precipitação. Outros fatores que ocorrem em um período de estiagem como o tipo de solo que armazena a água e o tempo de exposição da cobertura vegetal à demanda atmosférica, podem ocasionar a seca agrícola em uma região (Vasconcellos et al., 2003).

As ocorrências de períodos secos são fortemente influenciadas pelas condições climáticas da região. Farmer e Wigley (1985) definiram que as causas mais prováveis das ocorrências de períodos secos são: a temperatura da superfície do mar (TSM), as

condições da superfície do continente (albedo e umidade) e a umidade atmosférica. Nos Trópicos, as ocorrências de períodos secos estão associadas à Zona de Convergência Intertropical – ZCIT (Nieuwolt, 1989). Os períodos secos também estão associados aos eventos de ENOS - El Niño / Oscilação Sul, sendo esse diretamente relacionado a variações da temperatura do Oceano Pacífico Tropical Sul (Assad et al., 1993).

As informações sobre períodos secos são essenciais para a agricultura, principalmente para avaliar o déficit de água para as culturas, e pode ser suprida via irrigação. Essas informações também são importantes para definir se uma cultura ou variedade é apta para determinada região. Inadequações de fenologia de uma cultura e o regime de precipitação podem ser feitos com as informações sobre períodos secos antes que experimentos de campo sejam realizados (Sivakumar, 1992).

A baixa quantidade de água disponível no solo, provocada pelos períodos secos, pode trazer inúmeros prejuízos para a agricultura. Os períodos secos trazem prejuízos para a economia de uma região, principalmente quando coincidem com a fase reprodutiva das culturas e sua frequente ocorrência reduz a produtividade dessas culturas. As ocorrências de períodos secos são mais danosas em períodos de maiores acumulados de precipitações, ou seja, na estação chuvosa, já que elas não são esperadas (Nieuwolt, 1989).

Os períodos secos, quando ocorrem na estação chuvosa são denominados de veranicos. Os veranicos também são prejudiciais à agricultura quando ocorrem em fases fenológicas, em que as plantas necessitam de maior quantidade de água, como o florescimento e o enchimento de grãos (Sivakumar, 1992).

A preocupação na agricultura não é somente com a ocorrência de períodos secos, mas também com sua intensidade. Longos períodos secos podem causar deficiência hídrica tanto nos solos como nos sistemas fluviais que abastecem a região (Silveira e Assis, 2000). Os períodos secos, dependendo da sua intensidade, podem ou não trazer prejuízos às culturas. Isso vai depender do solo da região, da drenagem e das condições hídricas do solo. Períodos secos de sete dias podem prejudicar a produtividade final de uma cultura, caso ela não seja irrigada (Nieuwolt, 1989).

As consequências dos períodos secos sobre os cultivos podem ser minimizadas com práticas no manejo do solo. Essas práticas podem auxiliar o armazenamento de solo e assim reduzir o impacto da falta de água condicionada pela sequência de dias secos (Assad et al., 1993).

2.3. Sistemas Atmosféricos Atuantes no Nordeste do Brasil

O regime de chuvas do Nordeste do Brasil é resultante da complexa atuação de alguns sistemas como as frentes frias, as ondas de leste, Vórtices Ciclônicos da Troposfera Superior (VCANS), ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e sistemas de brisas marítimas-terrestre.

As frentes frias constituem um dos principais mecanismos da ocorrência de chuvas. Formam bandas de nuvens, quando ocorre o encontro entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio fica em baixo da massa de ar quente, e faz com que o ar quente e úmido suba, formando as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas (Serra, 1941). As ondas de leste são formadas em áreas de influência dos ventos alísios e ocorrem em lugares próximos a linha do Equador, no qual encontra-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Elas se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil, associada a convecção (Yamazaki e Rao, 1977). Os vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS), que ocorrem entre os meses de novembro e fevereiro, causam chuvas intensas e longos períodos de estiagem. Sua formação está relacionada com a circulação geral da atmosfera, alta da Bolívia (AB), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as frentes frias (Aragão, 1976). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Devido à sua estrutura física, a ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical. Ela é uma zona de convergência em baixos níveis (próximo a superfície), na região de fronteira entre os hemisférios Norte e Sul. Brisas são caracterizadas como ventos que ocorrem próximos a superfície do mar. As brisas podem ser classificadas em brisas marítimas e brisas terrestres. A brisa marítima ocorre no período diurno, pois a terra é aquecida mais rapidamente do que a água. A baixa pressão que é formada na superfície forma uma ascensão do ar e o ar mais fresco do oceano escoar em direção a terra. As brisas terrestres ocorrem pela noite devido à capacidade de perder calor da terra ser maior que o da água. A direção da brisa terrestre é da terra para o oceano e sua intensidade é geralmente mais fraca por causa da diferença de temperatura que é menor pela noite (Kousky, 1980).

2.4. El Niño Oscilação Sul (ENOS) e Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)

O El Niño – oscilação sul (ENOS) é um dos principais modos de variabilidade climática em diversas regiões do globo e está relacionado com a ocorrência de precipitação no Nordeste do Brasil. O ENOS é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, que ocorre no Oceano Pacífico Tropical com anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (norte da Austrália) e de Taiti, e é considerado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do globo. Ele apresenta duas fases extremas: uma fase quente e uma fase fria. A fase quente do fenômeno (El Niño) é caracterizada pela elevação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) das águas da região oriental do Oceano Pacífico Tropical, com TSM acima da média da região, associado com a ocorrência de pressões atmosféricas abaixo da normal na região de Taiti e acima da normal na região de Darwin. Na fase fria (La Niña), a tendência das componentes oceânica e atmosférica é inversa (Fontana e Berlato, 1997).

No Nordeste do Brasil a ocorrência de eventos de El Niño provoca aumento significativo na temperatura do ar, que ocasiona maiores ocorrência de períodos secos. Com ocorrência de eventos de La Niña a temperatura diminui e há maiores ocorrência de precipitação. Previsões de ENOS são importantes, por que auxiliam no planejamento da agricultura (calendário agrícola), no manejo do solo e na utilização da água, visando minimizar os impactos da variabilidade climática sobre as culturas e também para aproveitar as situações climáticas favoráveis.

A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) são oscilações de longo prazo e seu tempo de duração varia entre 20 e 30 anos. A ODP possui duas fases: uma fase quente e uma fase fria. A fase quente apresenta anomalias positivas de TSM no oceano Pacífico Tropical e anomalias negativas no oceano Pacífico Extratropical. As últimas ocorrências de ODP ocorreram nos períodos de 1925 a 1946 e 1977 a 1998. A fase fria apresenta anomalias negativas de Temperatura na Superfície do Mar (TSM) no oceano Pacífico Tropical e anomalias positivas de TSM no oceano Pacífico Extratropical (Molion, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo e Série Diária de Precipitação Pluvial

O estudo foi realizado com dados observados na região de Rio Largo, localizado na Região Metropolitana de Maceió, no estado de Alagoas (Figura 1). O clima dessa região, segundo a classificação climática de Köppen, é quente e úmido, sem grandes variações térmicas e com maiores ocorrências de precipitação no outono e no inverno. Os valores totais anuais de precipitação pluvial são elevados com média anual de 1.800 mm. A temperatura do ar a 80% de probabilidade apresenta variação de 26,0°C e 32,8°C, para a temperatura máxima e de 18,3°C e 23,2°C, para a temperatura mínima (Souza et al., 2004).



Figura 1. Mapa de Alagoas com destaque para o município de Rio Largo (Fonte: Wikipédia, Dezembro de 2009).

Foi utilizada, neste estudo, uma série de 36 anos de dados de precipitação pluviométrica diária (1973 – 2008), obtidos em pluviômetro convencional instalado na estação agrometeorológica (Figura 2), no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), situada no município de Rio Largo (9°28'S, 35° 49'W, 127m) e região dos tabuleiros costeiros de Alagoas. Os dados foram agrupados em períodos de cinco dias e para cada período determinou-se a média aritmética da série. O tratamento dos dados e as análises estatísticas foram feitos no Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS) do Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).



Figura 2. Estação agrometeorológica situada no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em Rio Largo, Alagoas.

3.2. Características da Estação Chuvosa e de Cultivo

O método direto (distribuição de frequência) para identificação do início potencial da estação chuvosa e de cultivo (Stern, 1982a) consistiu na determinação do primeiro dia de março, que é o mês de transição entre o período seco e o período úmido, com precipitação de 20 mm ou mais, em um ou dois dias consecutivos. Já o início de sucesso consistiu no mesmo critério do início potencial, mas sem período seco de 10 ou mais dias nos 30 dias posteriores. O fim da estação chuvosa com método direto consistiu no primeiro dia depois do dia primeiro de setembro (mês de início do período seco), quando a capacidade de armazenamento de água do solo máxima (60 mm) diminui até zero contabilizando-se a precipitação pluvial e a evapotranspiração de referência (ET_o) diária. O comprimento em número de dias da estação de cultivo foi determinado pela diferença entre o início e o fim das chuvas. A evapotranspiração de referência diária foi determinada pelo modelo de Penman-Monteith FAO. Para utilizar esse modelo foi necessário realizar medidas de saldo de radiação (R_n), fluxo de calor no solo (G), temperatura média do ar (T_a) e umidade do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento a 2 m de altura (u₂), constante psicrométrica (γ), pressão de saturação do vapor de água atmosférico (e_s), pressão atual do vapor de água atmosférico (e_a), gradiente da curva de pressão vs temperatura (Δ) realizadas na estação do CECA.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

As datas de início, fim e o comprimento da estação chuvosa e de cultivo foram ajustados a uma distribuição normal para comparar os resultados com a distribuição observada.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

onde μ é a média e σ o desvio padrão da população.

Para analisar as ocorrências de dias secos e dias chuvosos foram considerados seis referências limites de precipitação (0, 1, 2, 3, 4 e 5 mm), abaixo do qual o dia foi considerado seco. Os dias secos e chuvosos, através da cadeia de Markov de 1° ordem, foram divididos em quatro subgrupos: a) dia seco com o dia anterior seco, b) dia seco com o dia anterior chuvoso, c) dia chuvoso com o dia anterior chuvoso e d) dia chuvoso com o dia anterior seco. As probabilidades de ocorrência de dias secos e chuvosos e a quantidade de precipitação pluvial diária foram modeladas pela utilização da distribuição gamma (Buishand, 1977). A função densidade de probabilidade para a distribuição gama é dada por:

$$f(x) = \frac{\lambda^r}{\Gamma(r)} x^{r-1} e^{-\lambda x} \quad \text{para } x \geq 0 \quad (3)$$

$$f(x) = 0 \quad \text{para } x < 0 \quad (4)$$

onde os parâmetros da distribuição gama, que podem assumir qualquer valor positivo, são: λ , taxa média do processo; r , número específico de eventos que ocorrem até que a variável X (tamanho do segmento de tempo ou espaço) seja atingida. e $\Gamma(r)$ é a função gama, definida por:

$$\Gamma(r) = \int_0^{\infty} x^{r-1} e^{-x} dx \quad \text{para } r > 0 \quad (5)$$

Os períodos secos foram analisados em três diferentes intervalos de tempo (≥ 5 dias, ≥ 7 dias e ≥ 10 dias) que foram definidos através de análises dos períodos secos mais frequentes. As probabilidades foram determinadas com o auxílio do aplicativo *Instat Climatic* (Stern et al., 2005) e os resultados foram armazenados em planilhas para a construção dos gráficos em software adequado. Os dias do ano foram representados nos gráficos pelo dia Juliano (Apêndice, Tabela 3).

A análise das características da estação chuvosa e de cultivo e de períodos secos com os eventos de ENOS – El Niño Oscilação Sul foi realizada pela classificação dos anos, em anos de ocorrência de um evento de El Niño e anos de ocorrência de um evento de La Niña, da série de estudo. Essa classificação foi realizada pelo CPTEC e está disponível no site (Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml e http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml. Acessado em Mar.2009).

3.3. Aplicativo *Instat Climatic*

O aplicativo *Instat Climatic* (Stern et al., 2005) é uma ferramenta que auxilia nas análises estatísticas de eventos climáticos. Com esse aplicativo pode-se realizar simples análises de alguns eventos relacionados à meteorologia, como por exemplo: Início e fim da estação chuvosa, períodos secos e chuvosos, extremos e o balanço hídrico. Essa ferramenta também permite fácil aplicação de modelo estatístico, a cadeia de Markov, um dos métodos utilizados no presente estudo.

O software *Instat Climatic* proporciona análise detalhada da quantidade de precipitação pluvial diária e também os dias sem ocorrência de precipitação pluvial (Apêndice, Tabela 1). Esse software classifica os dias em dias secos ou dias chuvosos, e dessa forma, pode-se determinar a quantidade de dias secos que ocorre nos períodos secos e também a quantidade de dias chuvosos que ocorre num período úmido (Apêndice, Tabela 2).

3.4. Dias Secos e Chuvosos

A cadeia de Markov é a principal ferramenta estatística utilizada em análises de ocorrência de precipitação pluvial diária. Também é importante na avaliação da transição entre dias secos e chuvosos (Keller Filho et al., 2006). Geralmente são utilizados programas computacionais como o *Instat Climatic* para ajustar e testar a eficiência de ajuste da cadeia de Markov com dados de precipitação diária. A cadeia de Markov comumente utilizada é a de 1° e 2° ordem. A cadeia de Markov de 1° ordem é recomendada pelo menor número de parâmetros e a facilidade de realizar análises de períodos secos mais longos (Stern, 1982b). Informações sobre dias secos e chuvosos

que ocorreram dois dias antes (2° ordem) têm pouco efeito na probabilidade de chuva comparada com a informação de dias secos e chuvoso no dia anterior (1° ordem). A cadeia de Markov de 1° ordem utiliza a informação do dia anterior para fornecer as chances de ocorrer um dia seco ou chuvoso. A cadeia de Markov considera que a quantidade de precipitação que ocorrer em determinado dia é um evento estocástico e depende da probabilidade de o dia anterior ser seco (P_rd) ou chuvoso (P_rr). Cada ano (Q_i) pode ser descrito com uma sequência de dias secos (x_j = 0) ou chuvosos (x_j = 1) como:

$$Q_i = \{x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, x_j\}, \text{ para} \quad (6)$$

$$Q_i = \{1, 2, 3, \dots, i-1, i\}$$

em que, i é o número de anos e j é o número de dias do ano. A probabilidade para um dia ser chuvoso após um dia seco será calculada pela seguinte equação:

$$P(\text{rd}) = \text{prob}(x_i = 1, x_i = 0) = \frac{\sum_{Q=1}^{Q=i} (x_j = 1, x_{j-1} = 0)}{\sum_{Q=1}^{Q=i} (x_{j-1} = 0)} \quad (7)$$

Para calcular a probabilidade de um dia chuvoso seguido de um dia chuvoso é utilizado a seguinte equação:

$$P(\text{rr}) = \text{prob}(x_i = 1, x_i = 1) = \frac{\sum_{Q=1}^{Q=i} (x_j = 1, x_{j-1} = 1)}{\sum_{Q=1}^{Q=i} (x_{j-1} = 1)} \quad (8)$$

A função, neste caso, usando a análise de Fourier será ajustada para estimar a probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características da Estação Chuvosa e de Cultivo

A distribuição de frequência para o início da estação chuvosa e de cultivo mostrou que o início potencial ocorreu a 20% de probabilidade, em 03/03 e a 80% em 01/04 (Figura 3). O nível de 80% de probabilidade é recomendado em climatologia agrícola para garantir que a cada dez anos há chances em oito de ser observado um evento igual ou superior. O início de sucesso (05/03) diferiu do início potencial (03/03) por apenas dois dias a 20% de probabilidade (Tabela 1), enquanto a 80% a diferença foi de seis dias (07/04). A diferença entre os inícios potencial e de sucesso da estação chuvosa e de cultivo foi de aproximadamente 30 dias entre as probabilidades 20 e 80%.

O fim da estação chuvosa e de cultivo teve maior chance de ocorrência em outubro. Em 20% dos anos, o fim ocorreu em 01/10, enquanto que a 80% de probabilidade foi em 24/10 (29 anos). Isso foi equivalente, para 24/10, o armazenamento de 60 mm ser totalmente utilizado no processo de evapotranspiração da região. A proximidade nos valores do início potencial e do início de sucesso da estação chuvosa e de cultivo resultou em comprimentos similares desses períodos (Tabela 2). O comprimento médio do período de cultivo foi de 208 dias (início potencial) e 203 dias (início de sucesso), com a diferença de apenas cinco dias entre os métodos. O comprimento da estação chuvosa e de cultivo para 20% de probabilidade foi de 197 e de 187 dias para o início potencial e de sucesso, respectivamente. Ou seja, para 1/5 dos anos (sete anos) a diferença foi de dez dias. Esses períodos de cultivo a 80% de probabilidade tiveram 225 e 221 dias para o início potencial e de sucesso, o que correspondeu a diferença de quatro dias em 29 anos da série de 1973 a 2008.

A Caracterização da estação chuvosa de Rio Largo foi realizada por Cardim (2003), baseada no método da precipitação provável de 20 mm e no método da precipitação provável a 75% de probabilidade e a evapotranspiração, em períodos decendiais. Esses métodos mostraram que o início da estação chuvosa ocorreu no decêndio entre os dias 01-10/04. Esses resultados mostram que métodos diretos são úteis para a determinação do início da estação chuvosa, pois a 80% de probabilidade, o início potencial ocorreu em 01/04 e o início de sucesso ocorreu em 07/04.

O fim e o comprimento da estação chuvosa apresentaram valores diferentes comparando esses métodos. No método de precipitação provável a 20 mm e a 75% de probabilidade, o fim da estação chuvosa ocorreu no decêndio entre 01-10/10. Mas, o método direto mostrou que o fim da estação chuvosa, a 80% de probabilidade, ocorreu no fim de outubro (24/10). O comprimento da estação, que foi de 193 dias para os métodos de precipitação provável a 20 mm e a 75%, para o método direto foi de 225 dias, considerando o início potencial e 221 dias dado o início de sucesso.

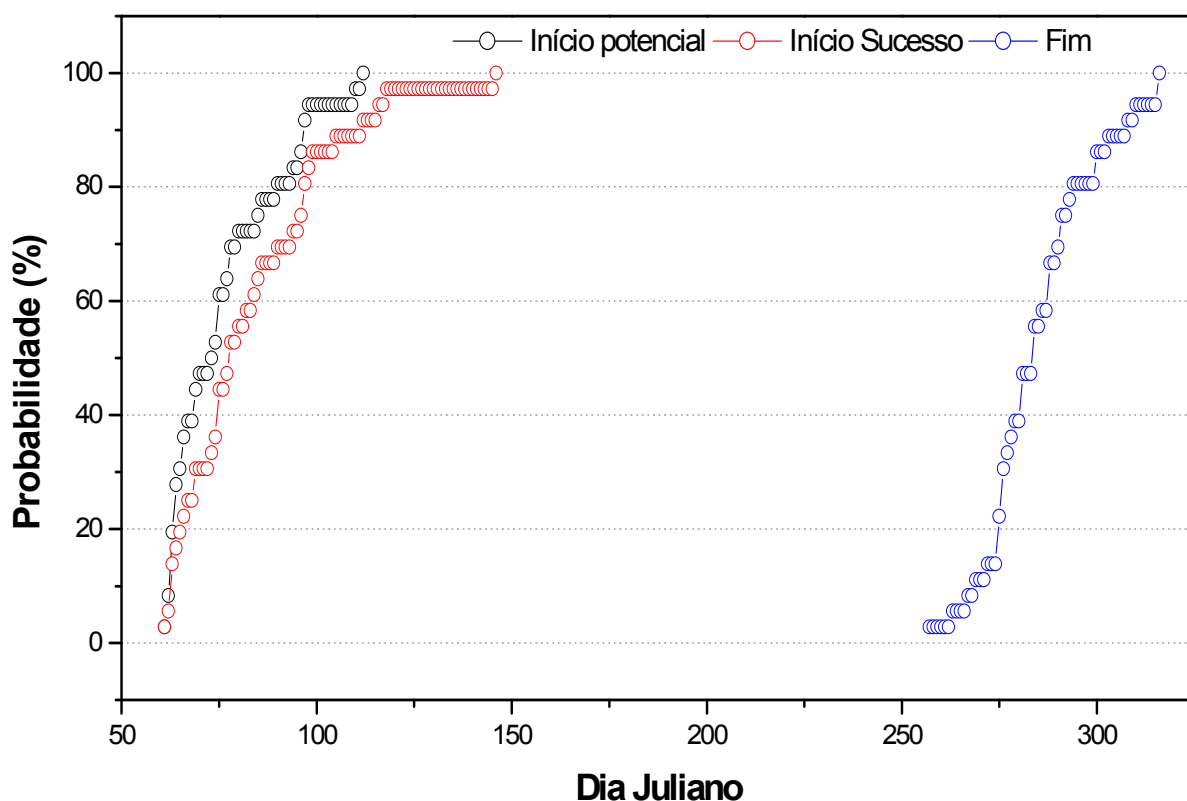


Figura 3. Probabilidade Cumulativa do Início Potencial, Início de Sucesso e Fim da estação chuvosa no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL.

Baseado na distribuição normal ajustada (Tabela 1), o início potencial e de sucesso da estação chuvosa e de cultivo também apresentaram proximidade. A 20 % de probabilidade, o início potencial da estação chuvosa e de cultivo foi observado em 04/03, enquanto que o início de sucesso foi para 07/03, ou seja, a diferença foi de apenas três dias. A 80% de probabilidade, o início potencial da estação chuvosa e de cultivo ocorreu em 29/03 e o início de sucesso foi em 09/04, e assim, diferença de 11 dias.

A distribuição normal, quando comparada com a distribuição de frequência observada mostrou valores próximos para as datas de início da estação chuvosa e de cultivo. Ao nível de 20% de probabilidade, a diferença foi de um dia para o início potencial e de dois dias para o início de sucesso. Para 80% de probabilidade a diferença foi de três e dois dias para o início potencial e de sucesso, respectivamente. O fim da estação chuvosa e de cultivo ocorreu em 30/09 e 23/10 para as probabilidades de 20 e 80%, respectivamente. A diferença, tanto para a probabilidade de 20% quanto para de 80%, foi de apenas um dia.

Os comprimentos médios da estação chuvosa e de cultivo (Tabela 2) foram de 209 dias (início potencial) e 202 dias (início de sucesso), ou seja, houve apenas diferença de sete dias. A diferença entre os comprimentos da estação chuvosa e de cultivo também foi baixa para os demais níveis de probabilidade. A 20% a probabilidade esses períodos ocorreram com 193 e 182 dias, respectivamente para o início potencial e de sucesso, com onze dias de diferença entre eles. Enquanto que ao nível de 80% os comprimentos da estação chuvosa foram de 225 (início potencial) e 222 dias (início de sucesso), com diferença de apenas três dias. A diferença entre o comprimento médio pela distribuição de frequência observada e pela função de probabilidade normal foi de apenas um dia, tanto para o início potencial quanto para o de sucesso. Comparando o comprimento das estações chuvosas e de cultivos pelas duas distribuições observou-se que a 20% de probabilidade houve diferença de quatro e cinco dias, respectivamente. A 80% de probabilidade, o comprimento desses períodos, pelas duas distribuições, não teve diferença para o início potencial e diferiu de apenas um dia para o início de sucesso. Esses valores mostram que tanto o início potencial quanto o início de sucesso apresentaram resultados semelhantes, podendo ser usado qualquer um dos dois na determinação da estação chuvosa e de cultivo.

Tabela 1. Característica da estação chuvosa e de cultivo baseada na distribuição livre e ajustada pela distribuição normal.

Porcentagem (%)	Distribuição Observada			Distribuição Normal		
	Início potencial	Início Sucesso	Fim	Início potencial	Início Sucesso	Fim
10	03/03	03/03	24/09	27/02	28/02	23/09
20	03/03	05/03	01/10	04/03	07/03	30/09
50	13/03	18/03	10/10	16/03	23/03	11/10
80	01/04	07/04	24/10	29/03	09/04	23/10
90	06/04	22/04	04/11	04/04	17/04	29/10

Tabela 2. Comprimento da estação chuvosa e de cultivo baseado na distribuição livre e na ajustada pela distribuição normal.

Porcentagem (%)	Distribuição Observada		Distribuição Normal	
	Comprimento (Fim – Iníc.Pot.)	Comprimento (Fim – Iníc.Suc.)	Comprimento (Fim – Iníc. Pot.)	Comprimento (Fim – Iníc.Suc.)
10	185	174	185	171
20	197	187	193	182
50	208	203	209	202
80	225	221	225	222
90	232	232	233	233

O conhecimento da data do início da estação chuvosa e de cultivo na agricultura subsidia o planejamento, baseado na disponibilidade de água precipitada, associado às necessidades das plantas, função dos estádios nas quais a demanda de água é maior. Diversas vezes a data do início das chuvas é considerada como a data de semeadura (Arruda, 1980).

Resultados do início potencial da estação chuvosa e de cultivo necessitam ser avaliados com atenção, devido ao fato de não considerar uma sequência posterior de dias secos. Portanto, é adequado considerar o início de sucesso, que leva em consideração esse critério. Como exemplo, no ano de 1975 (Tabela 3), o início potencial da estação chuvosa e de cultivo foi 03/03 com 28 dias secos após essa data. Enquanto o início de sucesso foi depois e em 25/04, sem ocorrência de dias secos posteriores. Essas informações são úteis em agroclimatologia para garantir condições hídricas favoráveis (precipitação pluvial) ao plantio e o seu subsequente desenvolvimento das culturas agrícolas, tais como germinação de sementes e estabelecimento de plantas para culturas anuais. Essas definições também são importantes para a cultura de cana-de-açúcar nas operações de corte, rebrota, tratos culturais e transporte da produção.

A data do início da estação chuvosa e de cultivo para o início potencial e para o início de sucesso foi a mesma em 29 anos (Figura 4). Contudo, em sete anos ocorreram longos períodos secos após a data definida pelo início potencial. Assim, a utilização do início potencial na definição do início da estação chuvosa e de cultivo pode resultar em perdas de produtividade. O início de sucesso foi o método que mostrou melhores resultados, destacando-se para a definição do início das ocorrências de chuvas. No ano de 2008 (Tabela 4), o início potencial ocorreu no dia 17/03, tendo aproximadamente 30 mm de precipitação em dois dias consecutivos. Nos dias seguintes houve uma sequência de dias com elevada precipitação. Períodos secos também foram observados após o início potencial, porém esses períodos não possuíram uma sequência longa de dias (menores que 10 dias). Com a ausência de longos períodos secos, o início de sucesso também ocorreu no dia 17/03.

Tabela 3. Precipitação pluvial diária (mm) e dias sem precipitação para o ano de 1975.

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	--	--	--	--	26.4	0.6	12.0	0.9	1.4	0.5	--	3.3
2	--	--	0.7	--	20.3	7.8	6.0	0.9	15.7	--	--	1.1
3	1.2	--	34.0	--	0.2	8.0	6.0	--	15.5	--	--	0.6
4	1.7	--	2.2	--	3.7	--	9.8	1.7	8.5	0.2	--	4.5
5	0.1	--	0.2	--	0.6	--	--	--	38.3	1.4	--	13.7
6	21.2	--	0.5	--	0.4	--	1.8	--	9.8	0.1	--	0.4
7	0.3	--	5.8	4.5	--	--	9.5	1.3	7.2	--	--	--
8	--	--	18.6	10.2	0.1	0.4	37.6	11.6	12.9	--	--	--
9	--	--	3.0	1.0	--	1.6	24.8	11.6	10.3	--	--	--
10	0.2	--	--	0.3	--	24.2	7.8	0.3	12.2	--	--	0.3
11	--	--	--	--	10.6	31.5	19.5	0.8	9.1	0.2	--	--
12	0.7	--	--	--	20.2	7.3	10.0	0.6	3.2	--	--	--
13	8.0	--	--	--	2.1	1.6	14.4	1.4	0.5	0.3	--	--
14	2.4	0.2	--	--	10.7	21.3	48.5	0.8	2.4	--	--	--
15	0.2	1.7	--	--	35.5	6.0	16.0	5.5	9.8	--	--	3.6
16	--	--	--	--	1.3	36.0	38.0	5.4	4.9	--	0.3	3.3
17	--	--	--	1.3	--	60.0	2.0	3.6	0.3	--	0.2	--
18	0.3	--	--	3.8	24.2	14.5	--	1.0	19.7	--	0.5	5.2
19	--	--	--	--	62.8	7.7	12.2	25.0	0.3	--	--	--
20	0.2	--	--	--	7.3	7.6	6.1	1.3	8.1	--	--	--
21	--	--	--	--	66.0	18.3	18.4	0.3	1.8	--	--	--
22	--	--	--	--	17.6	18.0	4.0	9.2	1.4	--	--	--
23	3.2	--	--	10.0	62.8	44.5	1.5	20.5	30.8	--	--	--
24	3.8	1.7	--	3.0	63.0	16.0	6.2	12.4	--	0.8	5.0	13.4
25	13.9	8.8	--	17.3	25.3	2.7	25.8	1.3	--	--	1.0	4.7
26	2.4	--	--	34.6	10.8	19.5	37.0	6.4	3.7	2.0	0.5	9.6
27	0.2	--	--	8.9	8.0	--	14.6	0.9	5.3	0.9	--	5.6
28	7.8	14.8	--	32.5	--	0.5	5.1	28.6	7.9	1.3	0.2	0.1
29	7.0	--	--	17.2	2.2	1.0	7.7	2.5	1.3	1.8	--	1.7
30	--	--	--	47.2	14.5	9.0	0.5	3.4	8.2	--	5.2	--
31	--	--	0.3	--	23.5	--	--	4.2	--	--	--	5.8

Tabela 4. Precipitação pluvial diária (mm) e dias sem precipitação para o ano de 2008.

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	--	--	--	--	3.0	8.4	14.0	--	10.0	--	--	--
2	--	--	2.0	8.2	--	21.4	5.6	10.0	13.5	--	--	--
3	--	--	--	--	--	6.0	17.0	17.2	11.5	6.0	--	--
4	--	--	--	--	27.8	5.3	6.0	7.5	22.0	1.0	--	--
5	--	--	--	--	7.2	8.0	2.0	--	--	--	--	--
6	--	--	--	33.0	--	7.0	54.0	4.0	--	--	--	--
7	--	--	--	0.8	--	--	2.0	5.0	0.5	--	--	--
8	--	--	4.2	2.2	9.0	1.5	14.5	5.0	--	1.5	--	--
9	7.5	--	--	--	89.6	4.4	27.0	5.0	--	9.0	--	2.0
10	--	--	0.4	--	30.8	3.2	11.0	0.4	3.0	12.0	--	3.0
11	0.3	--	2.7	--	31.6	0.4	19.0	--	6.0	8.2	--	4.5
12	--	--	--	--	10.8	--	11.0	3.5	--	1.0	--	--
13	2.2	--	10.0	--	6.2	15.6	5.5	8.0	--	4.8	--	--
14	3.6	--	--	--	1.0	3.5	--	3.0	--	2.2	--	1.0
15	3.0	29.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	0.4	1.8	15.0	0.6	194.0	11.5	19.0	7.0	--	0.4	--	--
17	--	1.2	14.2	--	41.0	5.0	14.0	71.2	--	--	--	--
18	--	--	11.0	3.6	9.8	3.0	83.0	4.5	--	--	1.0	--
19	--	--	39.0	9.0	11.5	11.2	14.3	4.2	--	--	--	--
20	--	20.0	17.8	3.8	--	2.8	2.0	9.5	--	--	--	--
21	--	--	5.6	15.8	2.2	1.0	5.0	3.0	0.6	1.0	--	--
22	--	--	8.0	4.6	1.2	2.0	9.0	6.7	--	--	--	--
23	--	--	13.2	--	5.9	5.0	--	1.4	--	--	--	--
24	5.2	--	15.0	--	1.8	6.8	3.0	4.6	--	1.0	2.0	--
25	--	--	18.4	--	9.2	10.9	1.5	2.0	3.0	--	--	--
26	--	--	2.0	--	64.0	--	2.7	2.0	--	--	--	--
27	--	21.8	--	--	16.0	10.5	4.8	39.5	--	--	--	--
28	2.5	0.4	--	17.6	8.0	2.0	12.0	9.0	--	--	--	--
29	4.0	0.5	59.8	--	13.8	1.2	--	--	3.5	--	--	--
30	--		1.6	2.1	2.0	--	4.5	--	--	--	--	--
31	--		2.8		3.8		2.0	--		--		--

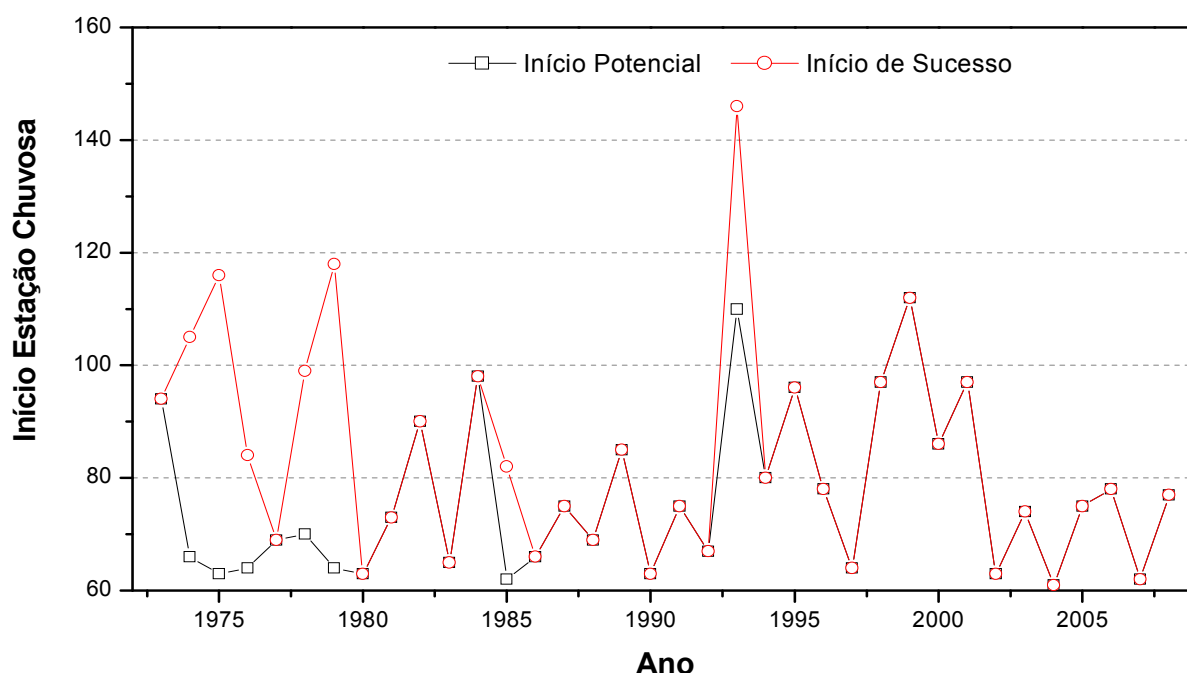


Figura 4. Comparação entre o início potencial e o início de sucesso da estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo - AL.

4.2 El Niño /Oscilação Sul - ENOS e Períodos Secos na Estação Chuvosa

As probabilidades de períodos secos podem ser modificadas pela ocorrência do El Niño – Oscilação Sul. A distribuição das probabilidades de períodos secos para todos os anos de estudo (Figura 5) mostrou que o período de cinco dias foi o de maior ocorrência em todos os anos do estudo como era de se esperar. Nesse período, a probabilidade de ocorrência variou de aproximadamente 6 a 64%, para 0 e 5 mm de precipitação como limite para dia seco, respectivamente. Para sete e dez dias as probabilidades foram aproximadamente de 2% (0 mm) a 55% (5 mm) e 0% (0 mm) a 45% (5 mm), respectivamente. Entre os anos de 1980 a 1983 observou-se aumento significativo nas ocorrências de períodos secos (1% a 60%) entre todos os limites de precipitação adotados para dia seco. O aumento de períodos secos entre esses anos deve-se a ocorrências de eventos de El Niño, já que no ano de 1980 ocorreu um evento fraco de El Niño (Tabela 5) e nos anos seguintes foi registrado um evento forte de El Niño (1982 a 1983). Após esse período de eventos fortes de El Niño, notou-se diminuição nas probabilidades de ocorrências de períodos secos, relacionada à ocorrência da fase fria do ENOS (La Niña) ocorrida entre 1983 a 1985.

A constatação dessa relação entre períodos secos e eventos de El Niño – Oscilação Sul, ainda foi acentuada com a ocorrência de um evento moderado de El Niño (1986 a 1988), onde as frequências de períodos secos voltaram a ser elevadas. O período no qual tiveram as maiores probabilidades de ocorrência de períodos secos (1997 - 1998) coincidiu com a ocorrência de um El Niño forte. Esse período foi antecipado por um evento fraco de La Niña (1995 - 1996), e diminuição das ocorrências de períodos secos. Em todos os anos com ocorrências de El Niño forte e moderado (1983, 1987, 1991, 1993, 1997) foram observadas maiores ocorrências de períodos secos. Já em anos de ocorrência de La Niña forte (1974, 1976, 1988), moderada (2000) e fraca (1996) as probabilidades de ocorrência de períodos secos diminuíram. Nesses anos o período de cinco dias variou de (10 a 20%), o de sete dias (4 a 15%), e o de dez dias (0 a 10%).

Souza et al. (2004) mostraram que a quantidade média de precipitação pluvial em anos de ocorrência de eventos de El Niño foi reduzida, ou seja, esses anos apresentaram maior tendência para ocorrências de períodos secos. Em anos de La Niña, houve aumento médio de precipitação pluvial.

Notou-se redução da probabilidade de ocorrência de períodos secos entre 1973 e aproximadamente 1980. Isso pode estar associado a outro modo de variabilidade climática que é a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Na fase fria da ODP, que ocorreu entre 1942 e 1976, houve maior incidência de eventos de La niña, o que proporcionou a redução na probabilidade de ocorrência de períodos secos. Entre 1977 e 1998 ocorreu a fase quente da ODP que apresentou maior incidência de eventos El Niño. Nesse período foi registrado aumento das probabilidades na ocorrência de períodos secos.

A Oscilação Decadal do Pacífico também pode influenciar o início da estação chuvosa e de cultivo. Entre 1973 e 1980 houve maior concentração de anos com diferença entre a data do início potencial e o início de sucesso (cinco em sete anos), ou seja, nos 36 anos, ocorreram sete anos com diferença entre o início potencial e o início de sucesso, e desses, cinco anos foram observados entre 1973 e 1980. O ano de 1993 também apresentou diferença significativa entre o início potencial e o início de sucesso (Figura 4). Isso pode ser explicado pela ocorrência de um evento de El Niño forte que provocou maiores ocorrências de períodos secos longos.

Em anos de La Niña as ocorrências de chuvas foram antecipadas, ou seja, os eventos de chuvas ocorreram no início de março (início potencial). Porém, essas datas podem ser seguidas por longos períodos secos. No ano de 1985 as chuvas iniciaram no dia 02/03 e após esse dia houve ocorrência de um período seco de mais de dez dias. O início de sucesso nesse ano ocorreu no dia 24/03. A ocorrência das chuvas foi antecipada em aproximadamente um mês, já que a 80% de probabilidade o início potencial para os 36 anos foi 01/04. Entre 1974 e 1980 houve ocorrências de eventos de La Niña e El Niño fraco e as ocorrências de chuvas também ocorreram no início de março.

Já com ocorrência de eventos de El Niño forte as ocorrências de chuvas foram retardadas. Nos anos de 1982, 1993 e 1998 as ocorrências de chuvas começaram em 30/03, 19/04 e 06/04 para o início potencial e 30/03, 25/05 e 06/04 para o início de sucesso. Comparando essas datas do início potencial e de sucesso com o valor a 80% de probabilidade para os 36 anos, observou-se que o início potencial e de sucesso para o ano de 1982 ocorreu em datas próximas com apenas dois dias de diferença. O ano de 1998 também apresentou pouca diferença, com apenas 5 dias tanto para o início potencial e de sucesso. Porém, o ano de 1993 apresentou atraso significativo nas ocorrências de chuvas, sendo a diferença de 18 dias para o início potencial e de 54 dias para o início de sucesso. O evento de El Niño com intensidade forte que ocorreu nesse ano provocou a ocorrência de dias secos em dias nos quais eram esperadas elevadas quantidades de precipitação e mudou a época de ocorrência de chuvas dessa região.

O comprimento da estação chuvosa e de cultivo (Tabela 6) foi menor com ocorrências de eventos de El Niño (1993, 1995, 1997 e 1998). No ano de 1993, que apresentou um evento de El Niño forte, a estação de chuvosa e de cultivo teve 153 dias para o início potencial e 117 para o início de sucesso. Os anos de 1995, 1997 e 1998 apresentaram quantidade total de dias para a estação chuvosa e de cultivo de 179, 193 e 187 dias tanto para o início potencial como para o início de sucesso, pois os comprimentos da estação chuvosa e de cultivo para esses anos foram iguais para essas duas metodologias. Nos dois anos seguintes (1998 e 1999) houve ocorrência de um evento de La Niña e a quantidade de dias da estação chuvosa e de cultivo aumentou para 204 e 217 dias, novamente para os dois critérios de início da estação chuvosa e de cultivo utilizados.

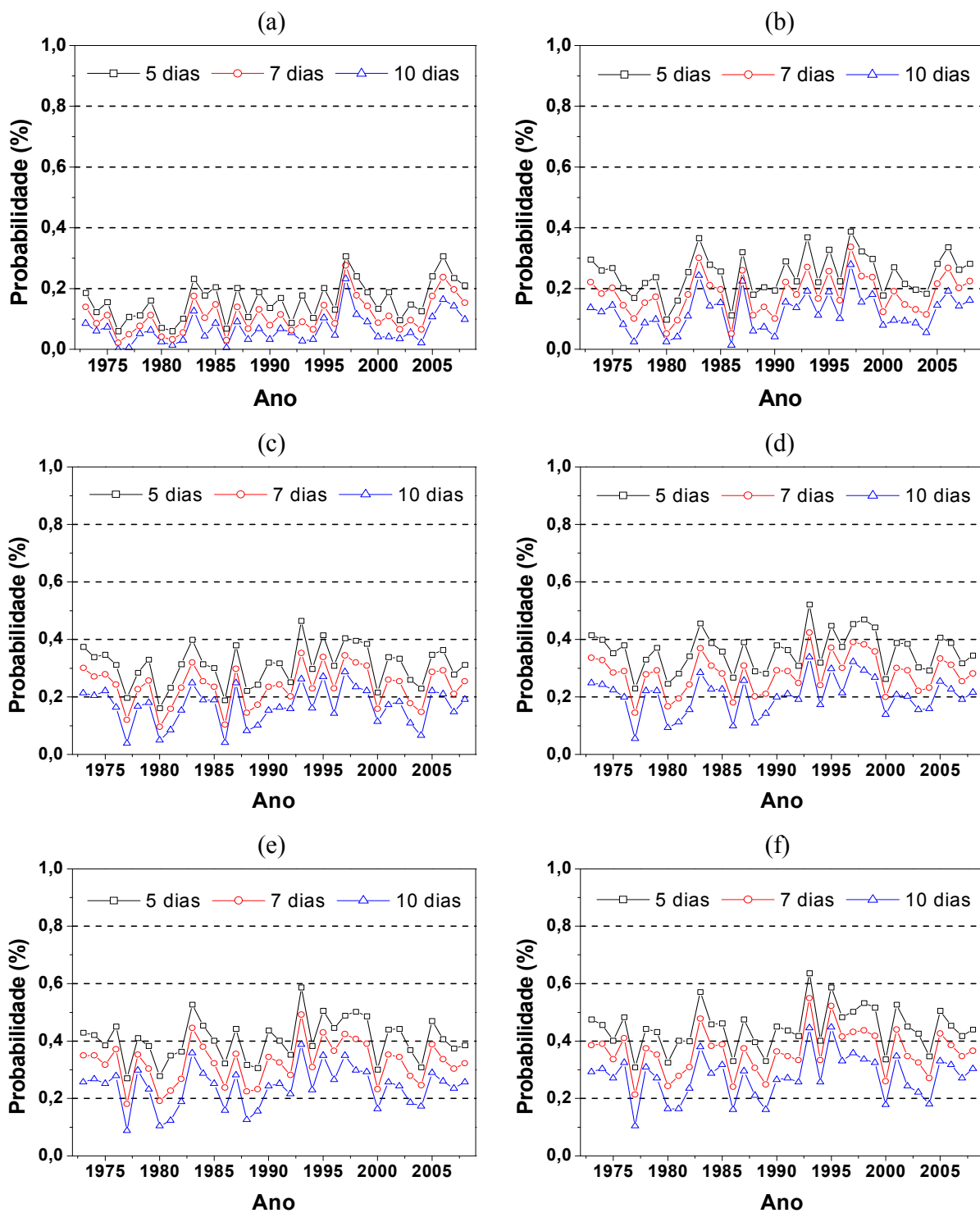


Figura 5. Probabilidade de ocorrência de períodos secos (≥ 5 dias, ≥ 7 dias, ≥ 10 dias) no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

Tabela 5. Classificação e Intensidade do El Niño – Oscilação Sul no período de 1973 a 2008 (Fonte: Cptec / INPE)

Período	Classificação	Intensidade
1972 - 1973	El niño	Forte
1973 - 1976	La niña	Forte
1976 - 1977	El niño	Fraco
1977 - 1978	El niño	Fraco
1979 - 1980	El niño	Fraco
1982 - 1983	El niño	Forte
1983 - 1984	La niña	Fraco
1984 - 1985	La niña	Fraco
1986 - 1988	El niño	Moderado
1988 - 1989	La niña	Forte
1990 - 1993	El niño	Forte
1994 - 1995	El niño	Moderado
1995 - 1996	La niña	Fraco
1997 - 1998	El niño	Forte
1998 - 2001	La niña	Moderado
2002 – 2003	El niño	Moderado
2004 – 2007	El niño	Fraco
2008	La niña	Forte

Tabela 6. Comprimento da estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas.

Ano	Comprimento (Iníc. Pot.)	Comprimento (Iníc. Suc.)
1973	200	200
1974	210	171
1975	228	175
1976	208	188
1977	241	241
1978	221	192
1979	220	166
1980	245	245
1981	208	208
1982	196	196
1983	204	204
1984	190	190
1985	219	199
1986	234	234
1987	201	201
1988	219	219
1989	231	231
1990	204	204
1991	206	206
1992	221	221
1993	153	117
1994	220	220
1995	179	179
1996	199	199
1997	193	193
1998	187	187
1999	204	204
2000	217	217
2001	181	181
2002	212	212
2003	210	210
2004	229	229
2005	204	204
2006	198	198
2007	231	231
2008	198	198

4.3. Probabilidade de Ocorrência de Períodos Secos

A análise de ocorrência diária de períodos secos mostrou que as maiores chances foram para períodos secos de 5 dias (Figura 6). Na estação seca (setembro – março) as ocorrências de períodos secos (curtos e longos) foram altas, independente do limite diário de precipitação adotado para dias secos. Para períodos secos de cinco dias, a probabilidade de ocorrência manteve-se entre 98 e 99% de chance de ocorrência na estação seca. Para sete dias, a probabilidade variou de 90 a 99%, enquanto que o período de dez dias apresentou variação de 60 a 95%. Como esperado, as ocorrências de períodos secos entre setembro e março foram elevadas, devido a pouca ocorrência de dias chuvosos observada anteriormente. As chances de ocorrer um período seco entre cinco e sete dias foram maiores, quando se considerou o dia seco com zero de precipitação, sendo a diferença entre eles de 10% de probabilidade. Entre 1 e 5 mm de precipitação como limite de dia seco, as chances foram inferiores e de 1% de probabilidade.

As chances de ocorrer um período seco entre cinco e dez dias variaram de 5 a 40% de probabilidade. E entre sete e dez dias as chances variaram de 5 a 30%. Essa alta ocorrência de períodos secos entre os meses de setembro a março é explicada por todas as condições dinâmicas que condicionam o clima local como a latitude, condições de relevo, vegetação e continentalidade. As maiores quantidades de períodos secos que ocorreram entre novembro e dezembro são explicadas além da alta quantidade de energia solar disponível, também pela pouca ocorrência de dias chuvosos.

Após o período entre setembro e março notou-se redução acentuada nas probabilidades de ocorrência de períodos secos. Isso ocorreu devido a chegada da estação chuvosa, onde a quantidade de energia solar foi reduzida e houve maiores ocorrências de precipitação que estão associadas a alguns sistemas atmosféricos que atuam nessa região como as frentes frias que são intensificadas nesse período. A análise de períodos secos na estação chuvosa é de fundamental importância para a agricultura, por que podem provocar redução da quantidade de água disponível nos solos e provocar perdas na produtividade. Outras atividades econômicas da região como o turismo e a construção civil estão relacionadas com as ocorrências de períodos secos.

Entre os meses de abril a agosto foram observou-se que as ocorrências de períodos secos foram menores, principalmente para períodos secos longos (sete e dez dias). As ocorrências dos períodos secos aumentaram com o aumento do limite de precipitação adotado para dia seco. Para períodos secos de cinco dias as ocorrências variaram de 10 a 80%. Para sete dias variou de 0 a 45% e para dez dias entre 0 e 15%. Essas baixas probabilidades de ocorrer um período seco mais longo significam que houve quantidade satisfatória de água disponível no solo e que as culturas não foram prejudicadas, mesmo tendo chances de ocorrer períodos secos de cinco dias. A ocorrência de períodos secos de cinco dias na estação chuvosa não deve trazer prejuízos elevados aos agricultores da região, visto que as probabilidades não foram altas e que o período seco não foi longo.

As menores ocorrências de períodos secos ocorreram entre junho e julho, sendo os limites de precipitação considerados entre 0 e 2 mm. Para períodos secos de cinco e sete dias as ocorrências tiveram variação de 7 a 35% e de 0 a 12% de chances. Os períodos secos de dez dias não apresentaram variação significativa nesses meses. A partir de 3 mm de precipitação, as ocorrências de períodos secos foram superiores a 50% para cinco dias, 20% para sete dias e 5% para dez dias.

A Tabela 7 apresenta a ocorrência de período secos durante o ano de 2008 para o limite de 1 mm de precipitação. Foi observado que as maiores ocorrências de períodos secos foram observadas a partir do mês de setembro até a metade do mês de fevereiro. Entre esses meses, os períodos secos apresentaram comprimentos de diferentes quantidades de dias, ou seja, alguns foram períodos curtos e outros foram longos.

A partir do mês de março as ocorrências de períodos secos diminuíram até o mês de agosto. Entre os meses de maio a agosto houve poucas ocorrências de períodos secos, porém foram períodos secos de poucos dias (2 dias). O mês de novembro e dezembro foram os meses que apresentaram os períodos secos mais longos. Novembro apresentou um período seco que teve um total de 40 dias. Esse período seco começou no dia 15 de outubro e terminou no dia 23 de novembro. Dezembro apresentou 2 períodos secos longos: um com 14 dias, que teve início no dia 25 de novembro, e outro com 20 dias que teve toda a sua duração nesse mês.

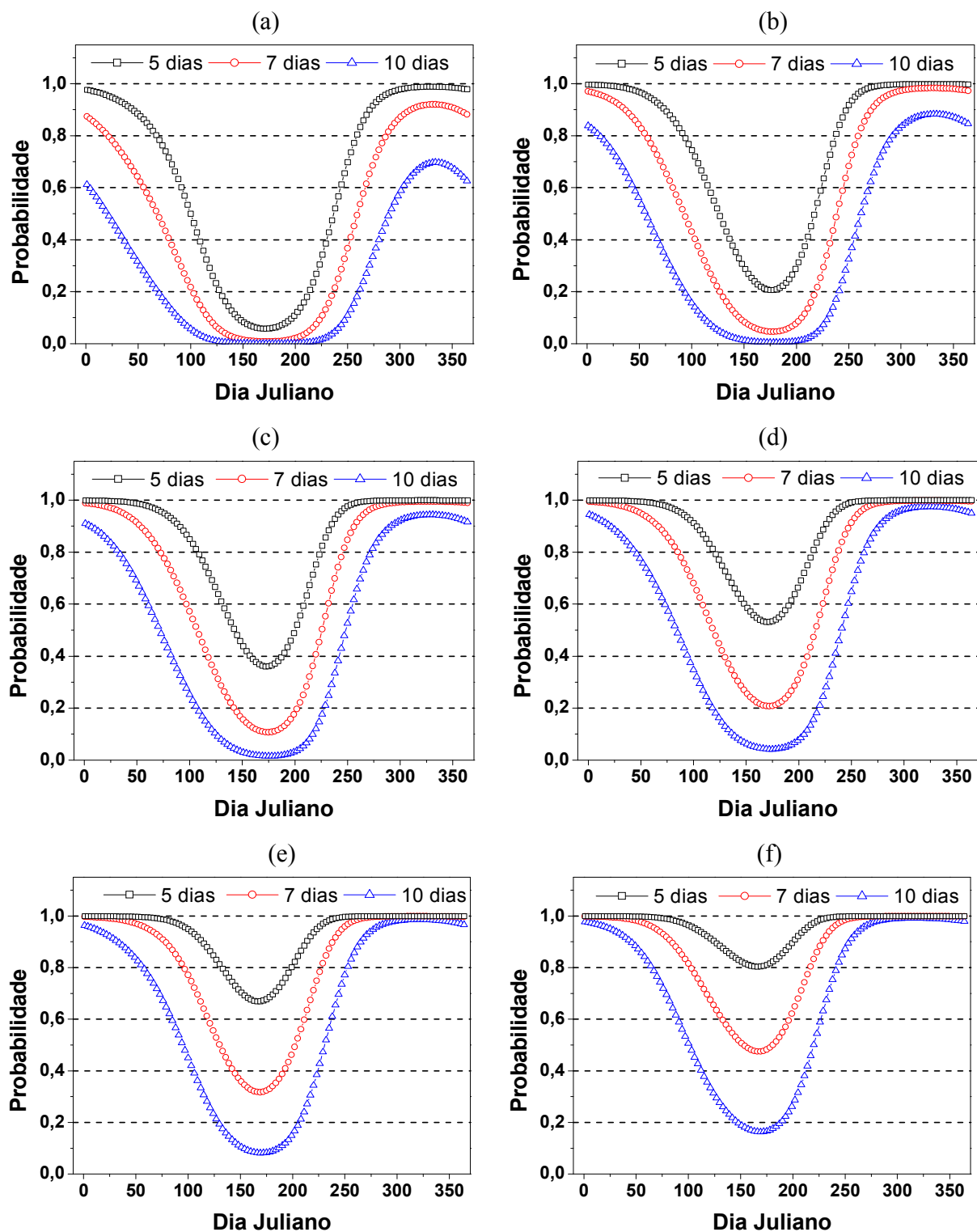


Figura 6. Probabilidade de ocorrência de períodos secos (≥ 5 dias, ≥ 7 dias, ≥ 10 dias), em grupos de três dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

Tabela 7. Ocorrência sequencial de dias secos no ano de 2008 para o limite de 1 mm de precipitação para a região de Rio Largo, Alagoas.

Dia Juliano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	3	3	3	1	0	0	0	1	0	2	18	7
2	4	4	0	0	1	0	0	0	0	3	19	8
3	5	5	1	1	2	0	0	0	0	0	20	9
4	6	6	2	2	0	0	0	0	0	1	21	10
5	7	7	3	3	0	0	0	1	1	2	22	11
6	8	8	4	0	1	0	0	0	2	3	23	12
7	9	9	5	1	2	1	0	0	3	4	24	13
8	10	10	0	0	0	0	0	0	4	0	25	14
9	0	11	1	1	0	0	0	0	5	0	26	0
10	1	12	2	2	0	0	0	1	0	0	27	0
11	2	13	0	3	0	1	0	2	0	0	28	0
12	3	14	1	4	0	2	0	0	1	1	29	1
13	0	15	0	5	0	0	0	0	2	0	30	2
14	0	16	1	6	1	0	1	0	3	0	31	3
15	0	0	2	7	2	1	2	1	4	1	32	4
16	1	0	0	8	0	0	0	0	5	2	33	5
17	2	0	0	9	0	0	0	0	6	3	34	6
18	3	1	0	0	0	0	0	0	7	4	35	7
19	4	2	0	0	0	0	0	0	8	5	36	8
20	5	0	0	0	1	0	0	0	9	6	37	9
21	6	1	0	0	0	1	0	0	10	7	38	10
22	7	2	0	0	0	0	0	0	11	8	39	11
23	8	3	0	1	0	0	1	0	12	9	40	12
24	0	4	0	2	0	0	0	0	13	10	0	13
25	1	5	0	3	0	0	0	0	0	11	1	14
26	2	6	0	4	0	1	0	0	1	12	2	15
27	3	0	1	5	0	0	0	0	2	13	3	16
28	0	1	2	0	0	0	0	0	3	14	4	17
29	0	2	0	1	0	0	1	1	0	15	5	18
30	1		0	0	0	1	0	2	1	16	6	19
31	2		0		0		0	3		17		20

4.4. Probabilidade de Ocorrência de Dias Secos e Chuvosos

As ocorrências de dias secos e chuvosos (Figura 7) mostraram que a região de Rio Largo possui maior número de dias secos entre setembro e março e maior número de dias chuvosos entre abril e agosto. A quantidade de dias chuvosos e secos que ocorreram na estação chuvosa e de cultivo, dependeu do limite de precipitação para os dias secos ou chuvosos. O número de dias chuvosos reduziu com o aumento do limite de precipitação pluvial considerado. As maiores ocorrências de dias chuvosos ocorreram entre abril a agosto, com limite de precipitação para dia seco de 0 mm (Figura 7a). A probabilidade de ocorrência de dias chuvosos, quando a condição do dia seco foi zero de precipitação, foi superior a 70% (Figura 9a), que representou em torno de 120 a 160 dias nos 36 anos da série (Figura 7a). Precipitação pluvial diária inferior a 1 mm não contribui para repor ou suprir as necessidades hídricas das plantas, pois essa quantidade de precipitação é normalmente transpirada pelas plantas ou pela superfície do solo (Nieuwolt, 1989). Precipitações pluviais entre 1 e 3 mm são praticamente perdidas por evapotranspiração, principalmente no período entre setembro e março, quando a demanda evaporativa da atmosfera supera esses valores. Entre 1 e 3 mm como limites de dias secos, as ocorrências de dias chuvosos permaneceram superiores aos dias secos na maioria dos dias do período entre abril e agosto (Figura 7b e 7c). A ocorrência de dias chuvosos para os limites de dias secos de 1 mm, 2 mm e 3 mm, foi superior a 120 dias (70%), 100 dias (60%) e 100 dias (60%), respectivamente. Porém, para o limite de 3 mm para dias secos, as ocorrências de dias chuvosos foram maiores entre julho e agosto. Entre 4 mm e 5 mm as ocorrências de dias chuvosos foram baixas. As ocorrências de dias chuvosos foram um pouco superiores a aproximadamente 80 dias e a probabilidade foi superior a 50% em apenas alguns dias.

O período entre setembro a março os dias secos aumentaram com o aumento do limite de precipitação. Para dias com zero de precipitação, a maioria dos dias ocorreu com totais superiores a 120 dias secos na série de 36 anos, o que correspondeu a uma probabilidade de dias chuvosos entre 30 e 40%. Quando se definiu dias secos com 1, 2 e 3 mm os totais de dias secos na série de 36 anos aumentaram, com valores superiores a 150 dias. Assim, como as ocorrências de dias secos aumentaram, houve diminuição na probabilidade de ocorrência de dias chuvosos. A porcentagem de dias

chuvosos na estação seca apresentou variação de 10 a 40% (Figura 9). E, quando se considerou dias secos até 4 e 5 mm, os totais de dias secos foram superiores. Cerca de 160 dias secos foram observados e houve apenas em torno de 10 a 20% de chances de ocorrer dias chuvosos.

A Figura 8 mostrou que a quantidade de dias com ocorrências de dias secos e chuvosos no dia anterior apresentou tendência análoga das ocorrências de dias secos e chuvosos (Figura 7). Na estação chuvosa também houve ocorrência de longas seqüências de dias chuvosos devido a elevada ocorrência de dias chuvosos e a baixa ocorrência de dias secos. A Tabela 8 mostrou que nos meses da estação chuvosa as ocorrências de dias secos a 1 mm para o ano de 2008 foram baixas, com máximo de oito dias secos em agosto. As quantidades ocorridas de dias secos para os outros meses da estação chuvosa foram de 20 dias (abril), 7 dias (maio), 7 dias (junho) e 4 dias (julho). Esses resultados mostraram que de todos os meses da estação chuvosa, abril foi o único que apresentou valores elevados de dias secos.

Julho foi o mês com maiores ocorrências de dias chuvosos dessa região (27 dias). Abril, maio, junho e agosto apresentaram um total de 10 dias, 24 dias, 23 dias e 23 dias chuvosos, respectivamente. A probabilidade de ocorrência de chuvas entre 0 e 5 mm em julho variou de 50 a 90% (Figura 9). No ano de 2008, julho apresentou um total de 27 dias chuvosos e apenas 4 dias secos, ou seja, a probabilidade de ocorrer dias chuvosos foi de 87%. A baixa ocorrência de dias secos confirma as ocorrências de longas séries de dias chuvosos.

O período que apresentou maiores ocorrências de dias secos começou em setembro e terminou em fevereiro. Os dias secos entre esses meses variaram de 22 dias secos (setembro) para 29 dias secos (novembro).

Entre todos os meses da estação seca, novembro foi o mês com maiores ocorrências de dias secos (Figura 7). As chances de ocorrer dias chuvosos entre 0 e 5 mm variaram de 5 a 30%. Isso significa que a probabilidade de ocorrência de dias secos variou de 70 a 95%. No ano de 2008, esse mês apresentou 29 dias secos e apenas 1 dia chuvoso, ou seja, aproximadamente 97% dos dias de novembro foram de dias secos. E com isso, as chances de ocorrer longas seqüências de dias secos foram elevadas.

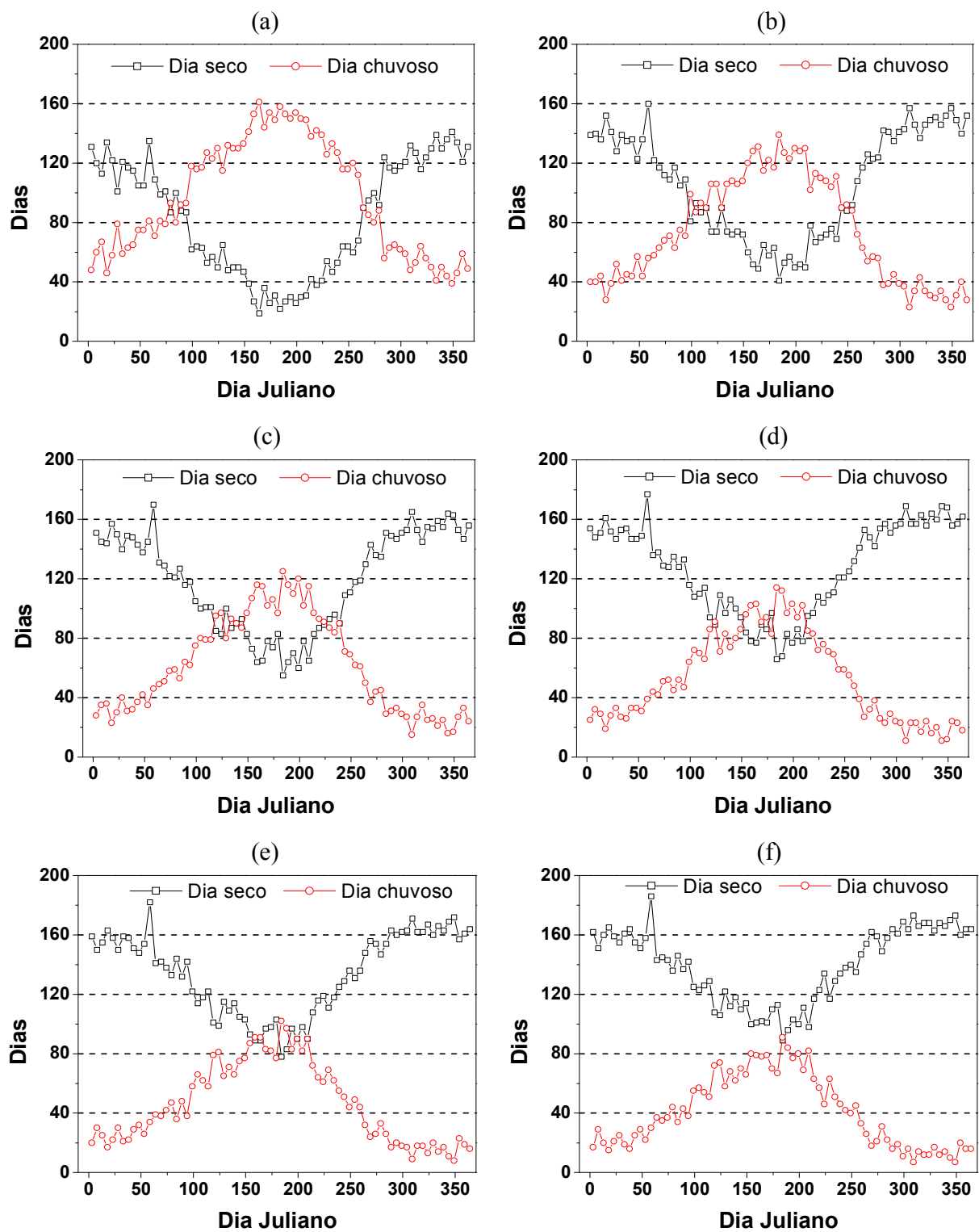


Figura 7. Totais de dias secos e chuvosos em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

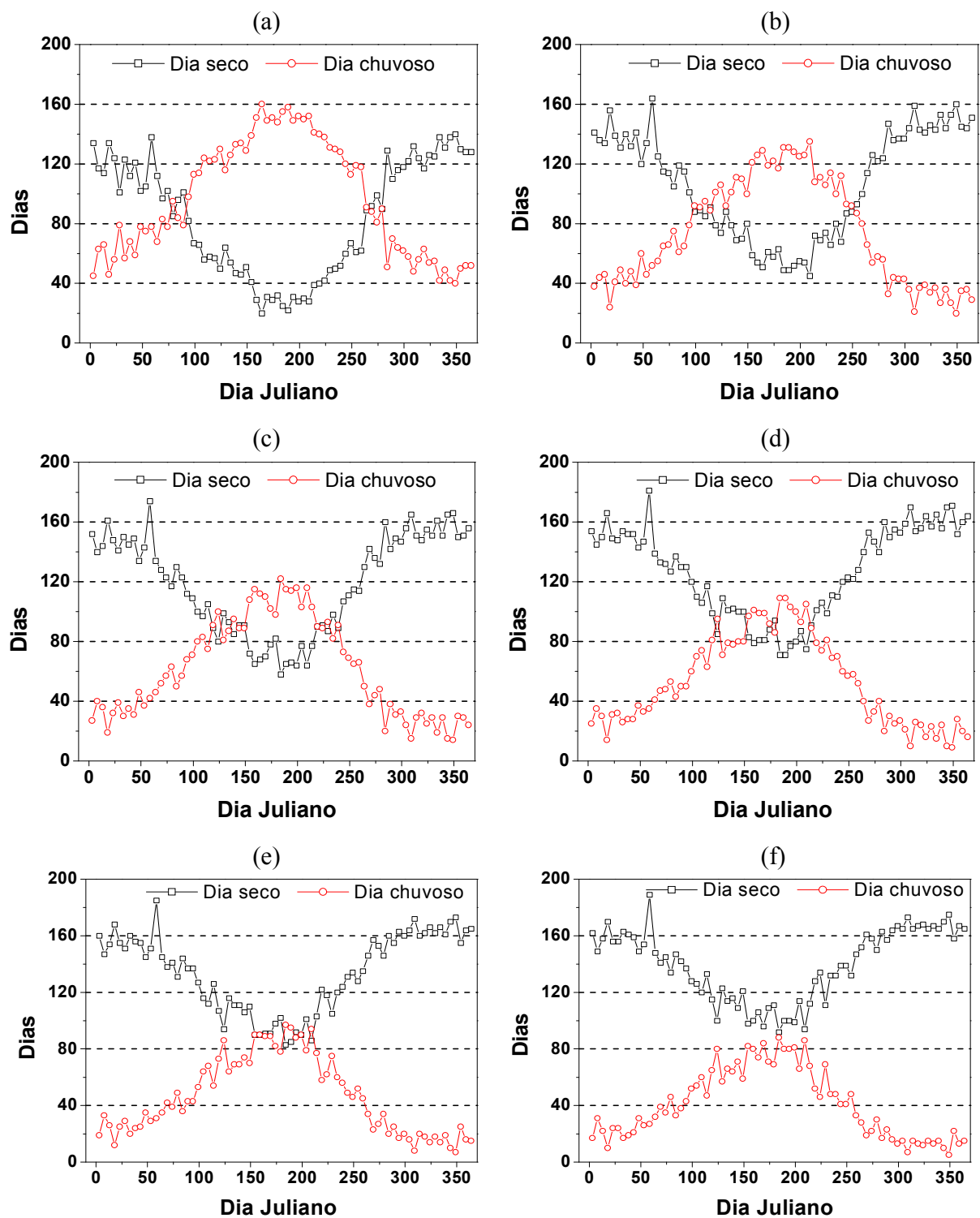


Figura 8. Totais de dias secos e chuvosos no dia anterior em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

Tabela 8. Total mensal de dias secos e chuvosos para o ano de 2008 para a região de Rio Largo - AL, considerando 1 mm como o valor limite de precipitação.

Mês	Dia seco	Dia chuvoso	Total
Jan	23	8	31
Fev	24	5	29
Mar	13	18	31
Abr	20	10	30
Mai	7	24	31
Jun	7	23	30
Jul	4	27	31
Ago	8	23	31
Set	22	8	30
Out	24	7	31
Nov	29	1	30
Dez	28	3	31

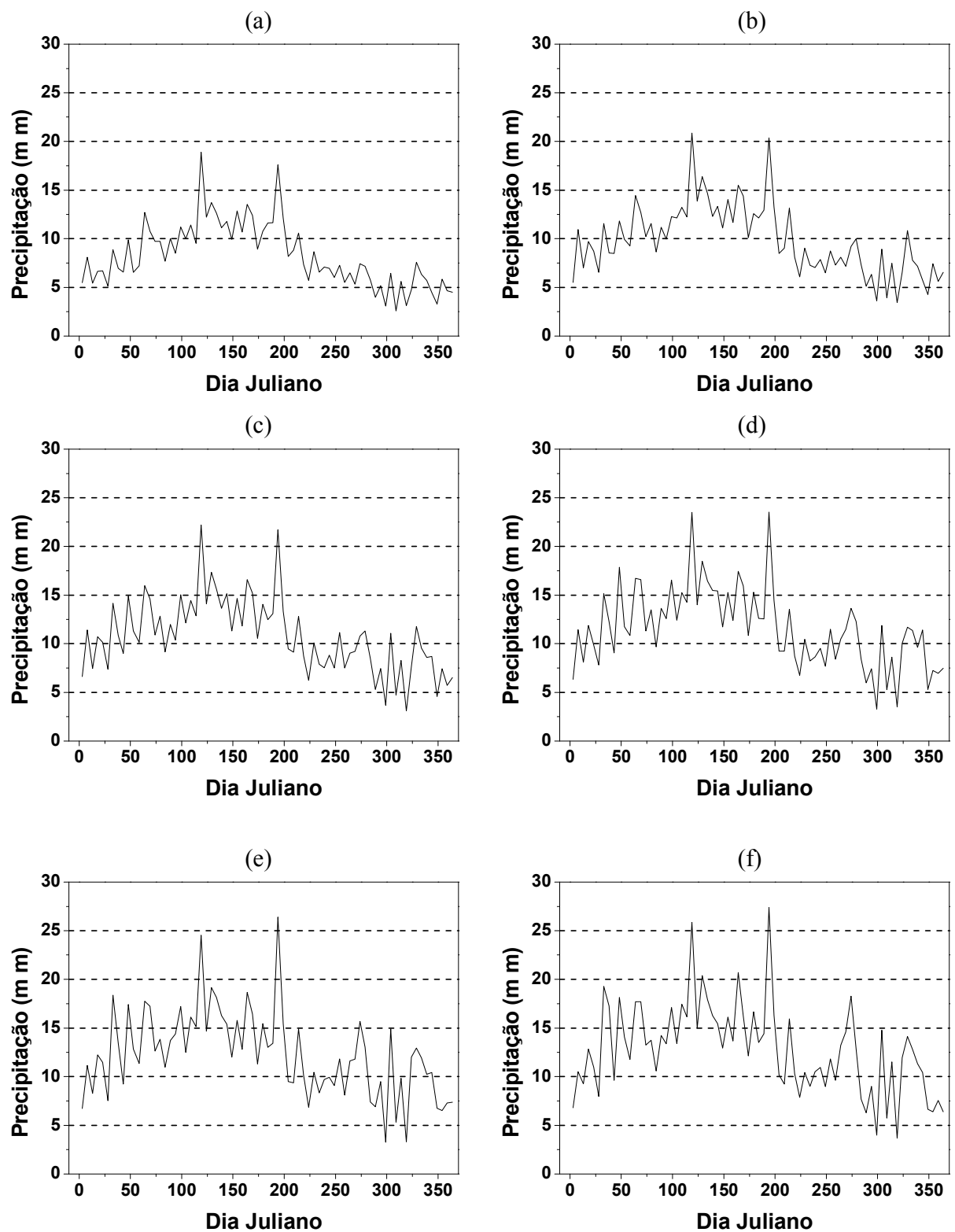


Figura 9. Probabilidade de dias chuvosos em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

4.5. Probabilidade Condicional de Dias Chuvosos

Nas análises de dias secos e chuvosos, a informação de que o dia anterior foi seco ou chuvoso também é importante, por que influencia na condição do dia atual ser seco ou chuvoso. As ocorrências de dias secos com o dia anterior seco foram maiores entre setembro e março e menores entre abril e agosto (Figura 10). Mas, as variações das ocorrências de dias secos com o dia anterior chuvoso foram baixas (Figura 11). No período entre setembro e março as ocorrências de um dia seco com o dia anterior seco apresentou valores elevados (60 a 175 dias) entre 0 e 5 mm. As chances de ocorrer um dia seco com o dia anterior chuvoso foram baixas (2 a 40 dias). No período entre abril e agosto os dias secos apresentaram valores baixos, tanto considerando o dia anterior seco ou chuvoso. Dias secos com o dia anterior seco tiveram variação de 7 a 80 dias entre 0 e 5 mm. E, dias secos com o dia anterior chuvoso tiveram variação de 10 a 40 dias. Como houve poucas ocorrências sequenciais de dias secos entre abril e agosto, as ocorrências de dias secos com o dia anterior seco foram elevadas. A região de Rio Largo apresenta maior probabilidade, no mês de julho, para ocorrências de período secos de 2 dias (Carvalho et al., 2009).

Na estação seca, o dia Juliano 58 (27 de fevereiro) apresentou valores elevados de dias secos com o dia anterior seco, que variaram de 100 a 170 dias entre 0 e 5 mm. Para 3 mm esse dia apresentou um total de aproximadamente 160 dias secos com o dia anterior seco, ou seja, para um total de 180 dias houve cerca de 20 dias secos com o dia anterior chuvoso. Para 5 mm esse dia apresentou um total próximo a 170 dias secos com o dia anterior seco e o total de dias secos com o dia anterior chuvoso foi de aproximadamente 10 dias.

Na estação chuvosa, o dia 189 apresentou valores baixos para dias secos com o dia anterior seco, com variação de 5 a 60 dias entre 0 e 5 mm. Para 3 mm, houve um total de 30 dias secos com o dia anterior seco e 30 dias secos com o dia anterior chuvoso. Como o total é de 180 dias, os outros dias foram chuvosos com o dia anterior seco ou com o dia anterior chuvoso.

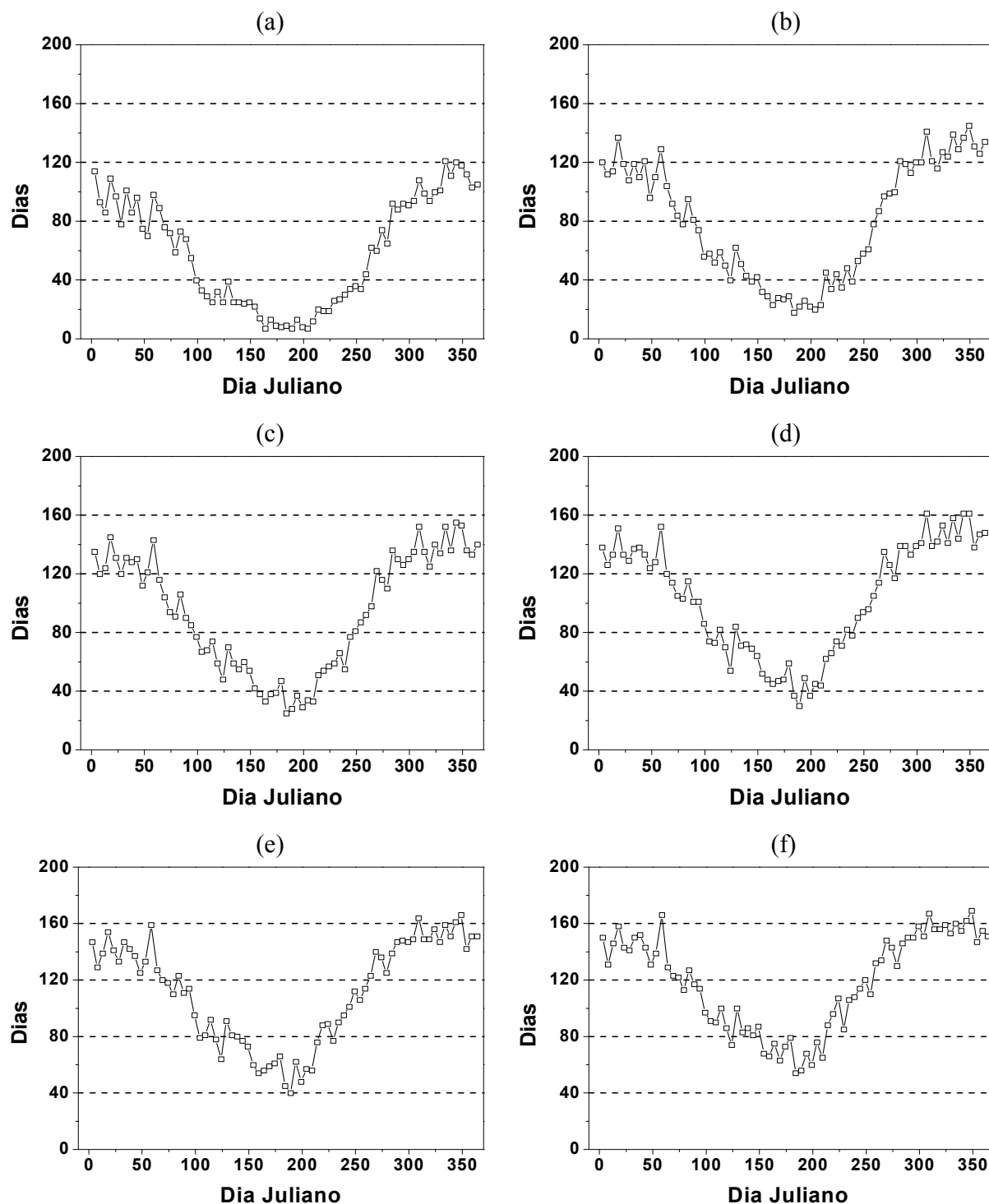


Figura 10. Total de dias secos com o dia anterior seco em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

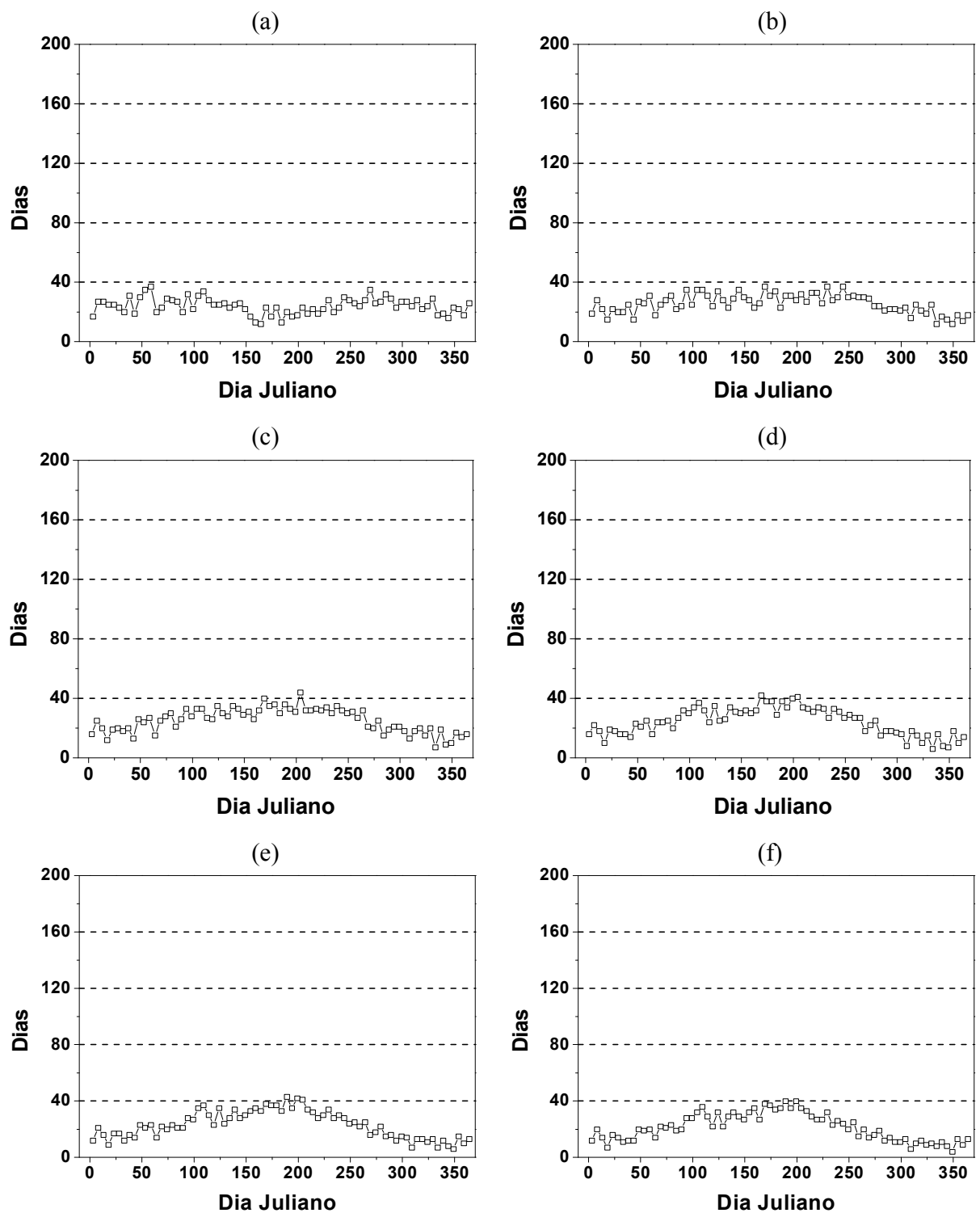


Figura 11. Total de dias secos com o dia anterior chuvoso em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

A distribuição dos totais de dias chuvosos apresentou grande variação para a condição de dia chuvoso, quando o dia anterior também foi chuvoso (Figura 12). Mas, a condição de dia chuvoso dado que o dia anterior foi seco apresentou pequenas variações diárias e totais baixos (Figura 14).

Dias chuvosos com o dia anterior chuvoso apresentou valores elevados na estação chuvosa (40 a 150 dias) entre 0 e 5 mm, o que correspondeu a uma probabilidade de 50 a 90% (Figura 13). Os meses entre junho e agosto apresentaram maiores ocorrências para um dia chuvoso com o dia anterior chuvoso.

O dia 164 apresentou cerca de 160 dias chuvosos com o dia anterior chuvoso, como esses valores para dias secos e chuvosos têm um total de 180 dias por causa da quantidade de anos utilizados e pela formação de grupos com cinco dias. Assim esse mesmo dias apresentou cerca de 20 dias chuvosos com o dia anterior seco

Entre setembro e março, os totais de dias chuvosos com o dia anterior chuvoso apresentaram valores baixos com variação de 0 a 60 dias (7 a 70%) entre 0 e 5 mm. As chances de ocorrer um dia chuvoso com o dia anterior seco, entre 0 e 5 mm, tiveram variação de 5 a 45 dias, o que correspondeu a uma probabilidade de 5 a 80% (Figura 15). A quantidade de dias chuvosos com o dia anterior seco foi baixa na estação chuvosa, por causa das poucas ocorrências de dias secos que ocorreu nessa época do ano. Já na estação seca, período que compreende os meses de setembro a março, houve pouca ocorrência de dias chuvosos.

Comparando as probabilidades ajustadas de ocorrência de dias chuvosos com o dia anterior seco ou chuvoso (Figura 16) notou-se que a diferença entre a ocorrência de um dia chuvoso com o dia anterior chuvoso e a ocorrência de dias chuvosos com o dia anterior seco foi maior no período entre setembro a março com cerca de 30% de diferença e menor no período entre abril e agosto com cerca de 20%, para todos os valores limites de precipitação pluvial utilizados. Portanto, os meses com maiores ocorrências de dias chuvosos têm maior probabilidade de apresentar maiores ocorrências de um dia chuvoso com o dia anterior chuvoso (30 a 90%) entre 0 e 5 mm, mas houve chances de 7 a 63% de ocorrer dias chuvosos com o dia anterior seco.

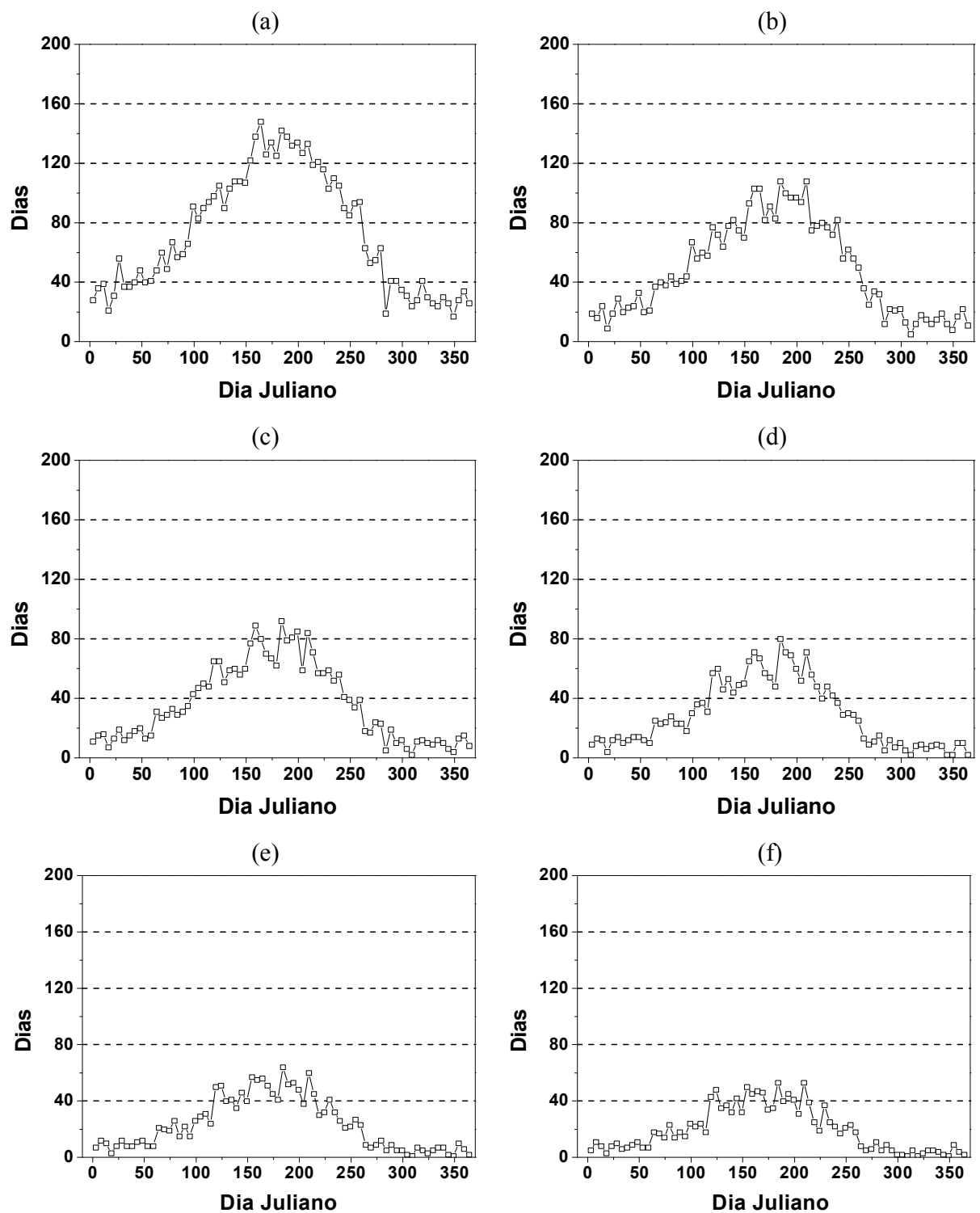


Figura 12. Total de dias chuvosos com o dia anterior chuvoso em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

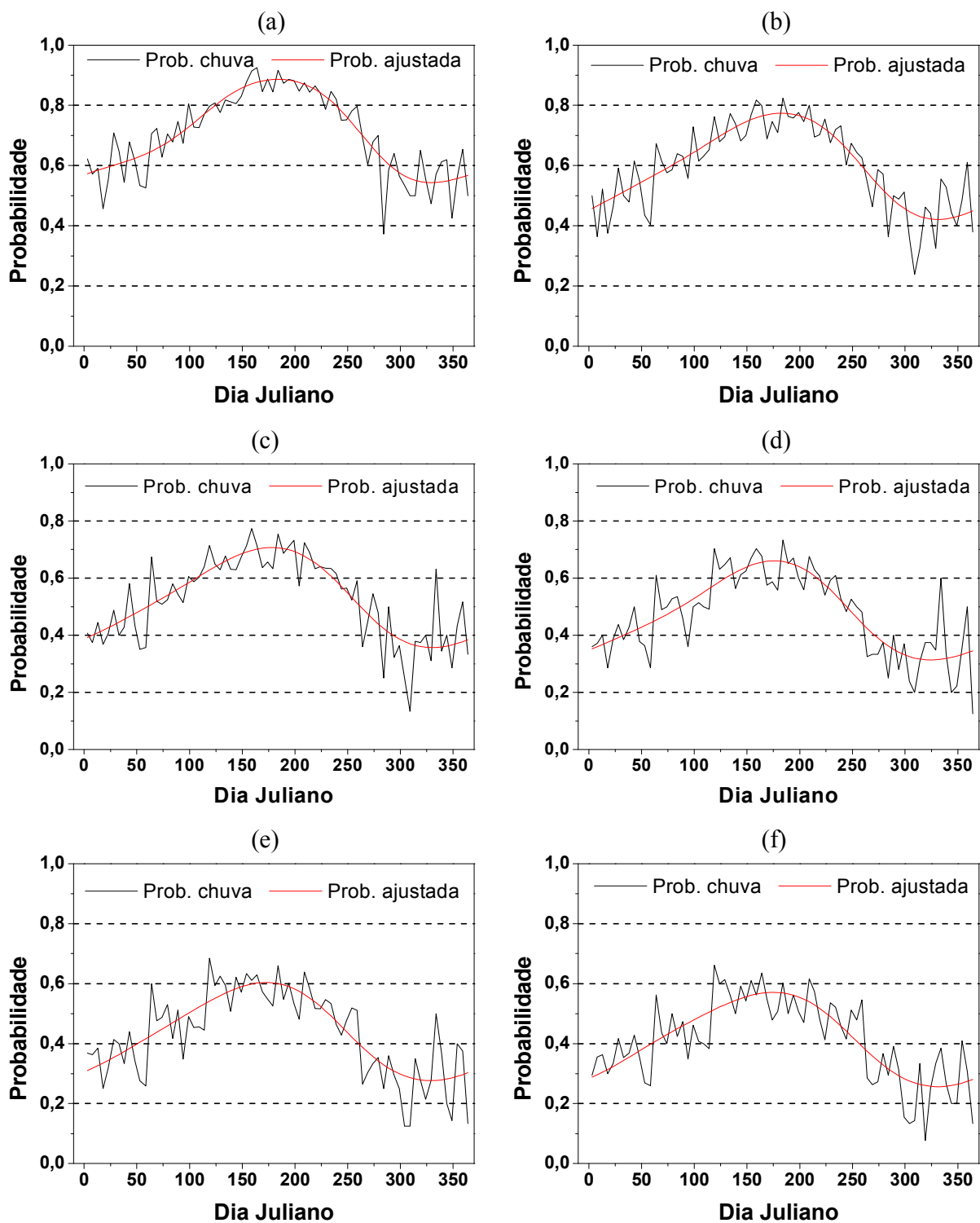


Figura 13. Probabilidade observada e ajustada da ocorrência de um dia ser chuvoso com o dia anterior chuvoso em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

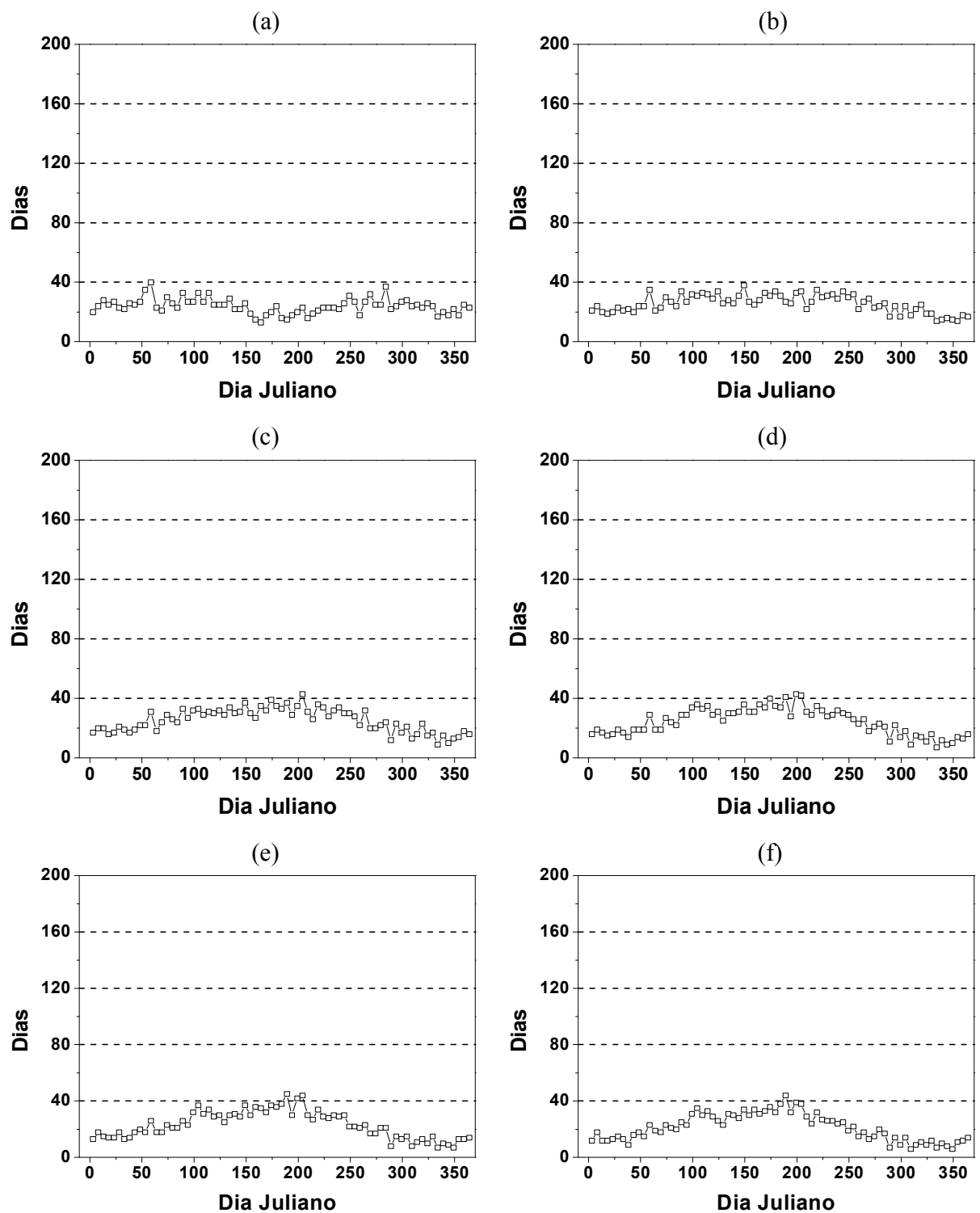


Figura 14. Total de dias chuvosos com o dia anterior seco em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

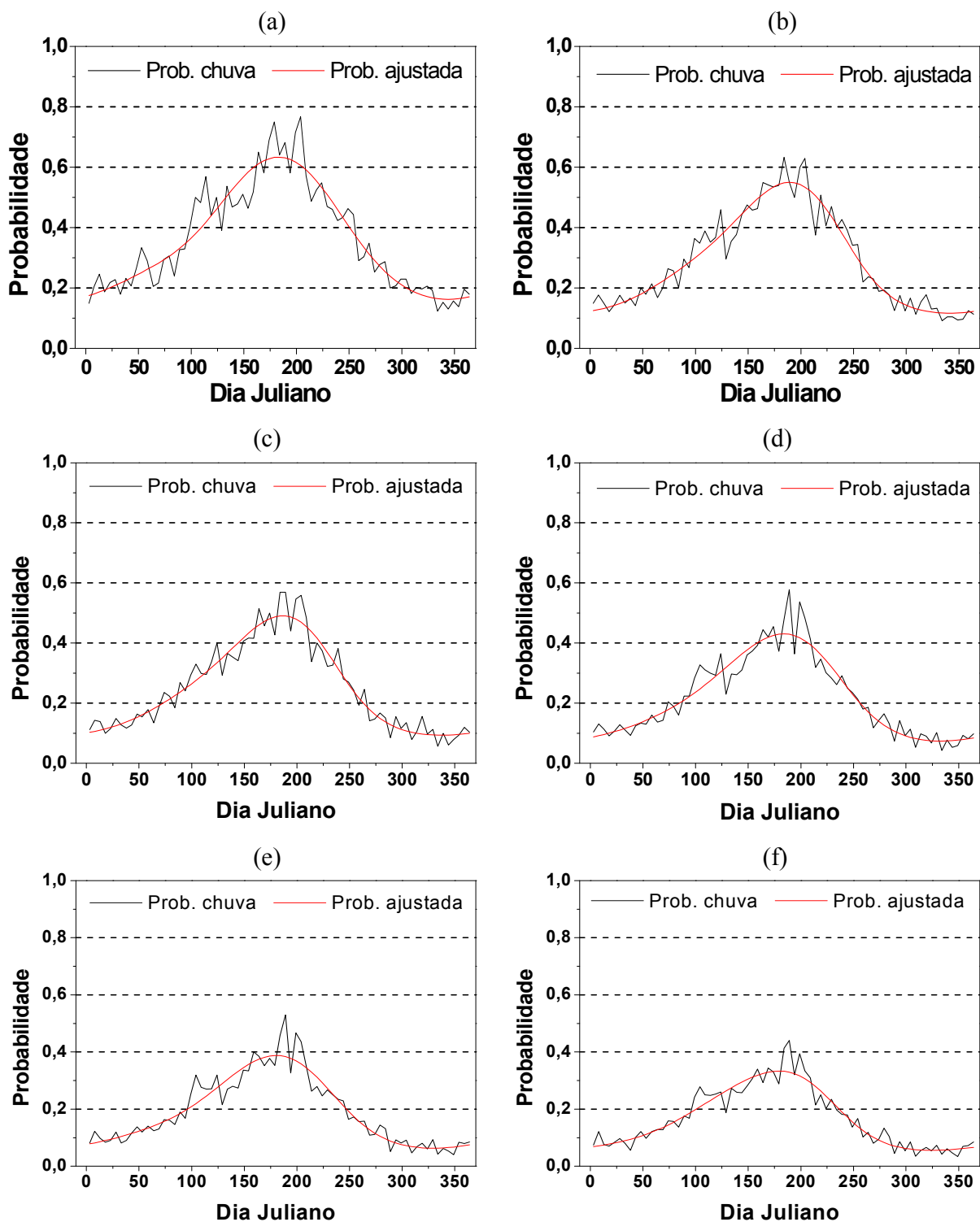


Figura 15. Probabilidade observada e ajustada da ocorrência de um dia ser chuvoso com o dia anterior seco em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

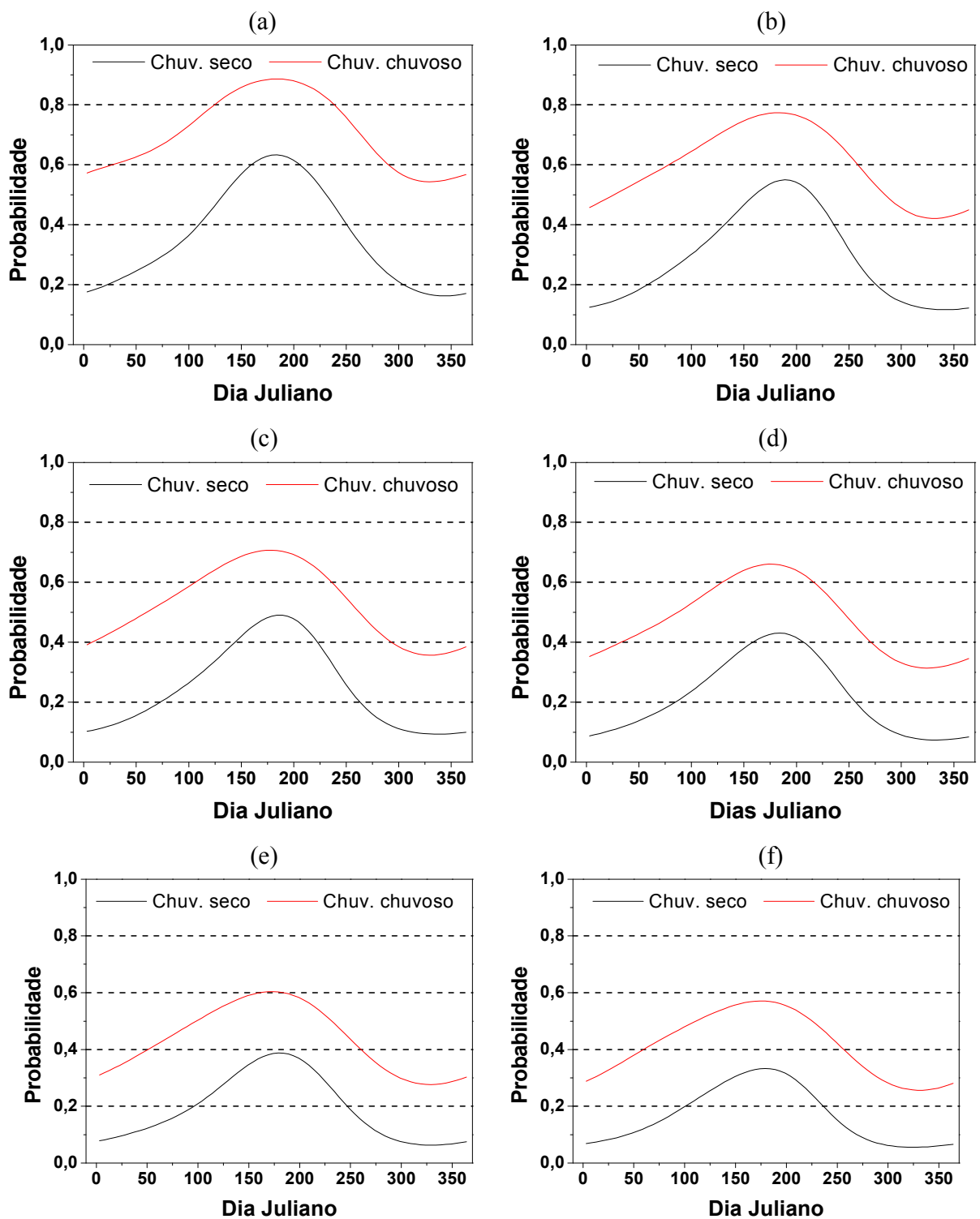


Figura 16. Probabilidade condicional de dias chuvosos em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

Analisando os dias secos e chuvosos, com o dia anterior seco ou chuvoso, para o ano de 2008, com limite de precipitação de 1 mm para dias secos (Tabela 9), notou-se que a partir de setembro os dias chuvosos apresentaram baixos valores. Novembro foi o mês com maior ocorrência de dias secos, com 29 dias, e houve apenas um dia chuvoso. Desses 29 dias secos, 28 tiveram a ocorrência de um dia seco no dia anterior. Isso indica que houve uma sequência longa de dias secos, ou seja, a maioria dos dias do mês de novembro não tiveram precipitação superior a 1 mm. Houve apenas um dia no qual foi registrado o dia chuvoso. Mas esse dia chuvoso apresentou um dia seco no dia anterior.

Julho apresentou maiores quantidades de dias chuvosos com 27 dias, e desses, 23 apresentaram um dia chuvoso no dia anterior. Como a ocorrência de dias chuvosos foi alta e os dias secos apresentaram valores baixos, houve uma sequência longa de dias com precipitação superior a 1 mm. Em apenas 4 dias foi registrado ocorrência de dias secos, porém desses apenas um dia apresentou um dia seco no dia anterior. Os outros 3 dias secos tiveram dias chuvosos no dia anterior. A Tabela 8 também mostrou que no ano de 2008 a quantidade de precipitação que ocorreu em dias chuvosos com o dia anterior seco foi baixa entre os meses de setembro e março. Os 4 dias tiveram apenas 13,4 mm de precipitação, porém a quantidade de precipitação para dias chuvosos com um dia chuvoso no dia anterior foi menor com 7,6 mm em 3 dias. Isso indica que no período com maiores ocorrências de dias secos, principalmente entre os meses de janeiro e fevereiro, mesmo que haja uma sequência de dias chuvosos a quantidade de precipitação total desses dias chuvosos foi baixa. Dias chuvosos com um dia seco no dia anterior tiveram maior quantidade de precipitação.

No período de abril a agosto, dias chuvosos com um dia chuvoso no dia anterior possuíram um volume de água precipitada alta. Mas, dias secos com dias chuvosos no dia anterior também apresentaram altas quantidades de precipitação. Maio apresentou maior quantidade de precipitação para esse ano com 347,2 mm para dias chuvosos dado que o dia anterior foi chuvoso e 54,4 mm para dias chuvosos dado que o dia anterior foi seco. Julho também apresentou altos valores de precipitação com 301,9 mm para dias chuvosos dado que o dia anterior foi chuvoso e 36,5 mm para dias chuvosos dado que o dia anterior foi seco.

Tabela 9. Total condicional de dias secos e chuvosos pela aplicação da cadeia de Markov de 1° ordem a 1 mm de precipitação pluvial para o ano de 2008 para a região de Rio largo - AL.

Mês	Seco/seco	Seco/chuvoso	Chuvoso/seco	Chuvoso/chuvoso	Tot. Chuv. seco	Tot. Chuv. chuvoso
Jan	20	4	4	3	13,4	7,6
Fev	21	3	3	2	68,6	1
Mar	8	5	6	12	87,7	136,6
Abr	14	6	6	4	60,7	29,2
Mai	3	4	4	20	54,4	347,2
Jun	1	6	5	18	36,1	97,1
Jul	1	3	4	23	36,5	301,9
Ago	3	5	4	19	20,5	189,3
Set	18	4	4	4	15,5	49
Out	21	3	3	4	9,3	27,4
Nov	28	1	1	0	1	0
Dez	27	1	1	2	1	5,5

4.6. Quantidade de Precipitação em Dias Chuvosos

A distribuição anual da quantidade média de precipitação (Figura 17) mostrou-se variável. As quantidades de precipitação aumentaram com o aumento do valor limite de precipitação pluvial com cerca de 1 a 2 mm entre cada valor limite. A média de precipitação pluvial obteve maiores valores nos dias nos quais foram observados maiores ocorrências de dias chuvosos (abril - agosto). Nesses dias os valores médios de precipitação pluvial variaram de 10 a 20 mm. Os dias 119 (28 de abril) e 194 (12 de julho) merecem destaque especial, pois apresentaram valores médios de precipitação pluvial elevados. Em 28 de abril a quantidade média de precipitação pluvial variou de 19 a 27 mm entre 0 e 5 mm. E em 12 de julho a variação foi de 18 a 28 mm.

No período com maiores ocorrência de dias secos, os valores médios de precipitação pluvial tiveram, na maioria dos dias, variação de 5 a 10 mm. Mas, apresentou variação de 3 a 20 mm entre 0 e 5 mm. A distribuição anual da quantidade média de precipitação apresentou variação de 3 a 28 mm entre 0 e 5 mm.

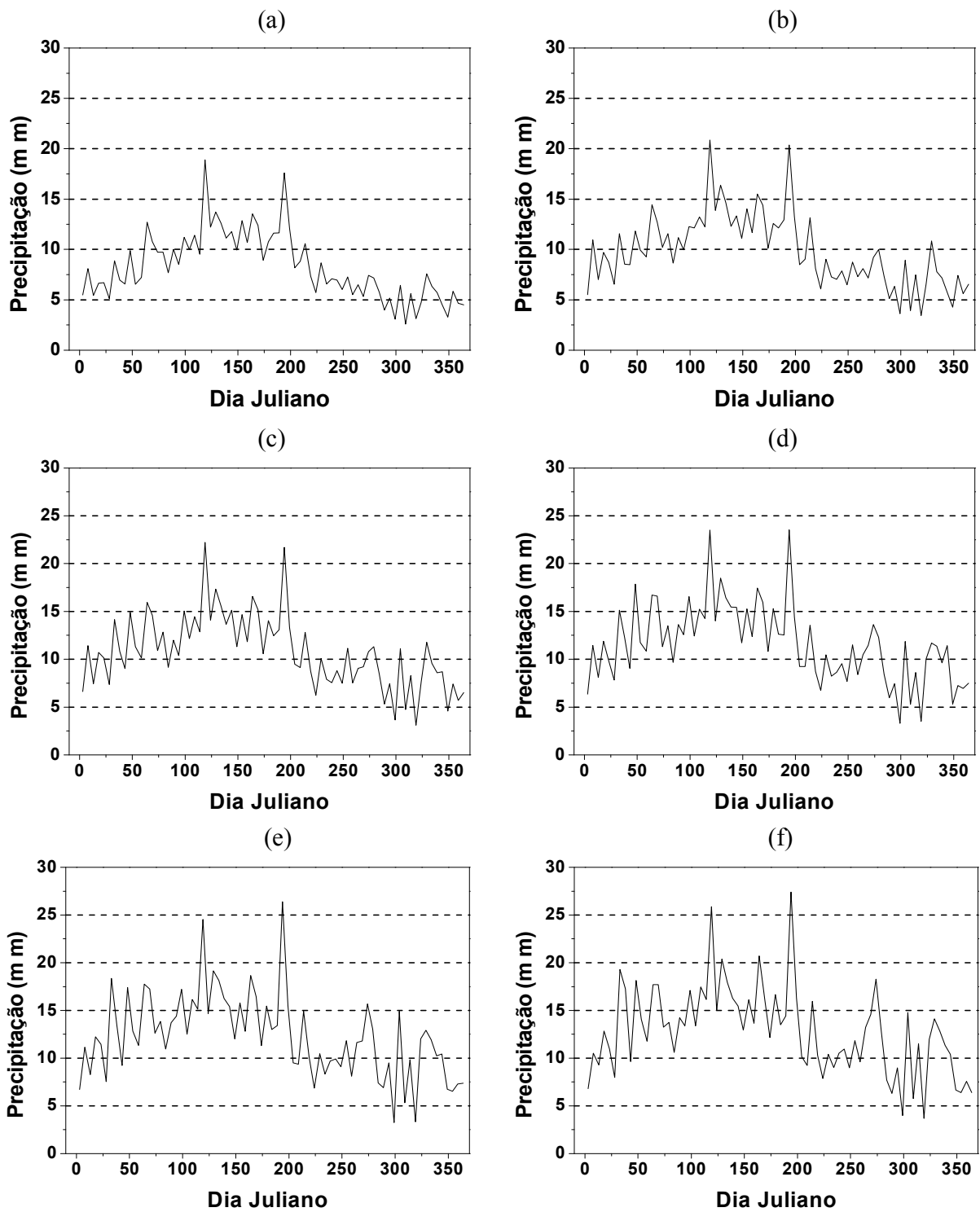


Figura 17. Média de chuva por dia chuvoso (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

A quantidade de precipitação que ocorre em um dia chuvoso também está relacionado com a ocorrência de um dia seco ou chuvoso no dia anterior. As distribuições da quantidade média de precipitação pluvial do dia chuvoso com o dia anterior chuvoso (Figura 18) e do dia chuvoso com o dia anterior seco (Figura 19) mostraram que as maiores quantidades de precipitação ocorreram em dias chuvosos dado que o dia anterior foi chuvoso. As médias de precipitação pluvial apresentaram variação de 3 a 47 mm durante o ano para dias chuvosos com o dia anterior chuvoso. Dias chuvosos com o dia anterior seco apresentaram uma variação na quantidade média de precipitação diária de 2 a 24 mm. A quantidade média de precipitação diária de um dia chuvoso com o dia anterior chuvoso foi maior que a do dia chuvoso. Isso pode estar relacionado a atuação de um sistema de grande escala na região. Esses resultados mostraram que dias chuvosos, dado que o dia anterior foi chuvoso, possuem uma quantidade média de precipitação diária maior do que dias chuvosos com um dia seco no dia anterior. Entre abril e agosto, a quantidade média para a maioria dos dias ficou compreendida entre 10 e 20 mm (entre 0 e 5 mm) para dias chuvosos com um dia chuvoso no dia anterior. E para dias chuvosos com o dia anterior seco a quantidade média de precipitação variou de 5 a 15 mm na maioria dos dias. Os dias 28 de abril e 12 de julho, que apresentaram alta quantidade média de precipitação para um dia chuvoso, também possuíram elevada quantidade média de precipitação para dias chuvosos com um dia chuvoso no dia anterior. Ficou claro que as ocorrências de dias chuvosos dado que o dia anterior foi chuvoso aumentaram a quantidade média de precipitação em uma região. Entre os meses de setembro a março, a quantidade média de precipitação diária variou na maioria dos dias de 5 a 20 mm para dias chuvosos com um dia chuvoso no dia anterior entre 0 e 5 mm. E para dias chuvosos com o dia anterior seco a variação foi de 2 a 15 mm. As médias ajustadas da quantidade média de precipitação pluvial diária (Figura 20) mostraram que a diferença da quantidade média de precipitação entre o dia chuvoso com um dia chuvoso no dia anterior e o dia chuvoso com um dia seco no dia anterior foi mais acentuada entre abril e agosto com variação de 5 a 10 mm entre todos os limites de precipitação (0 e 5 mm). Entre setembro e março também foi registrado uma diferença significativa da quantidade de precipitação entre os dias chuvosos (seco e chuvoso no dia anterior) com variação máxima de 3 a 6 mm. Mas, a diferença na quantidade média de precipitação diária em dias chuvosos foi menor entre janeiro e março com variação de 1 a 2 mm.

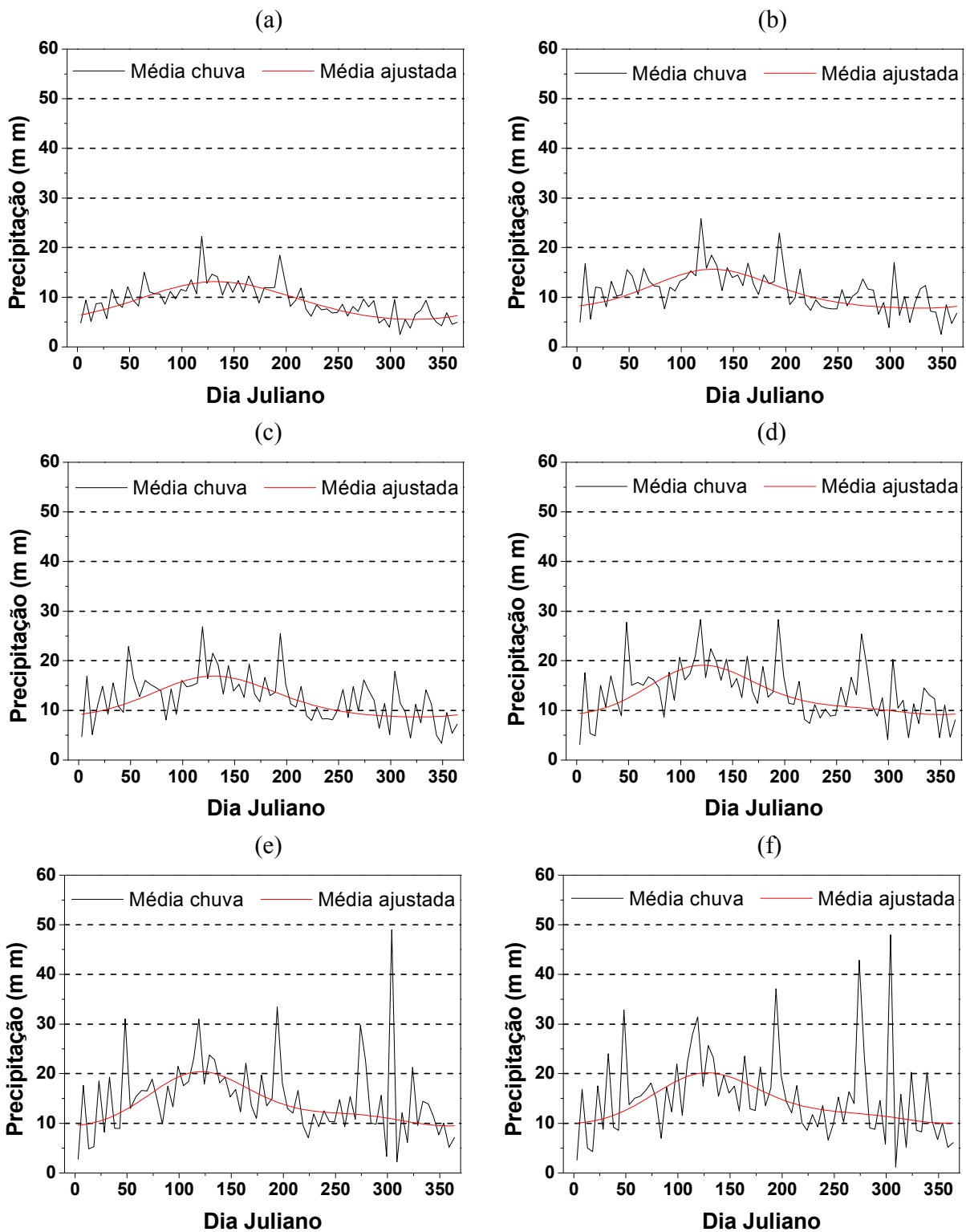


Figura 18. Quantidade média observada e ajustada de precipitação do dia chuvoso seguido por outro dia chuvoso (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

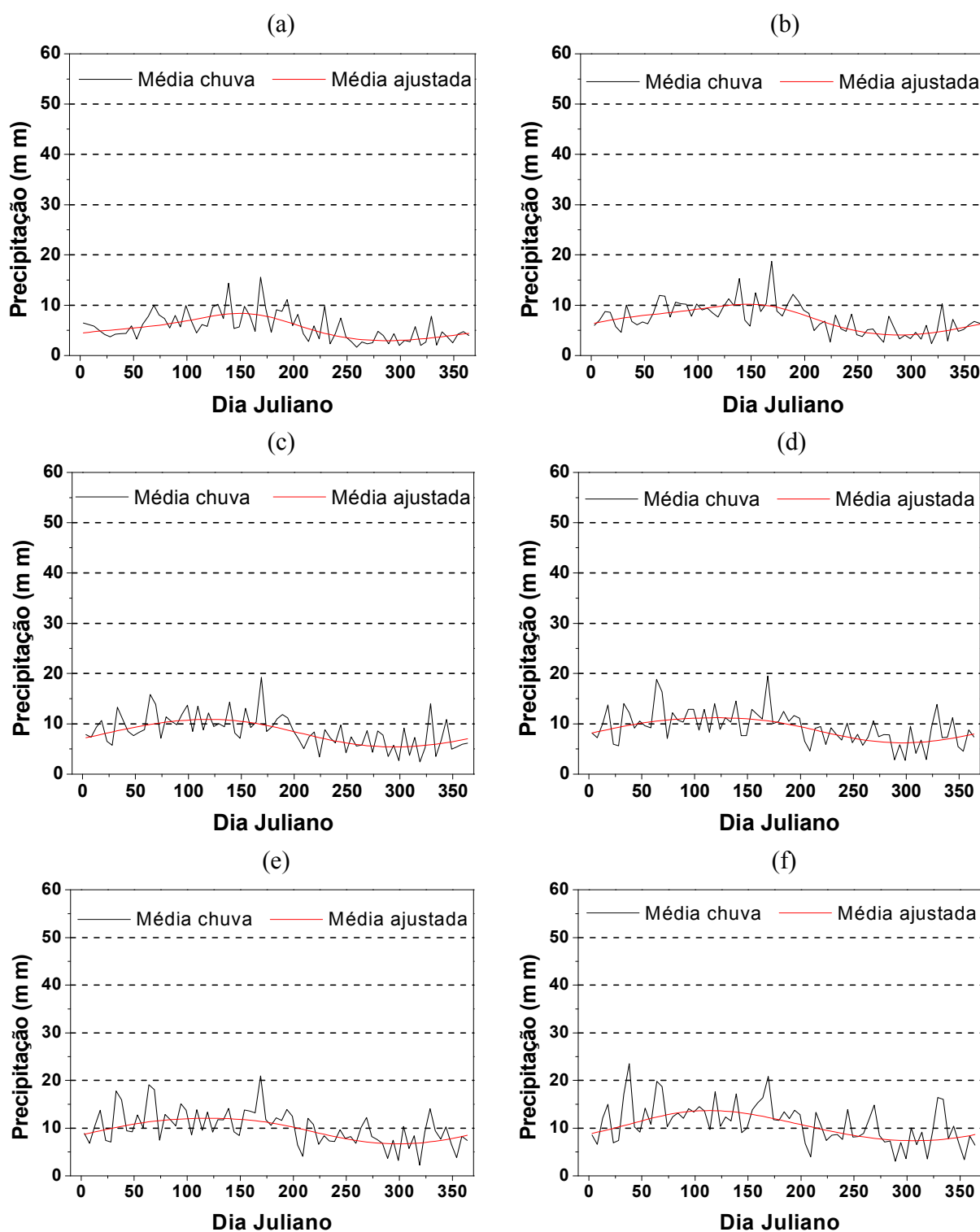


Figura 19. Quantidade média observada e ajustada de precipitação do dia chuvoso seguido por um dia seco (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

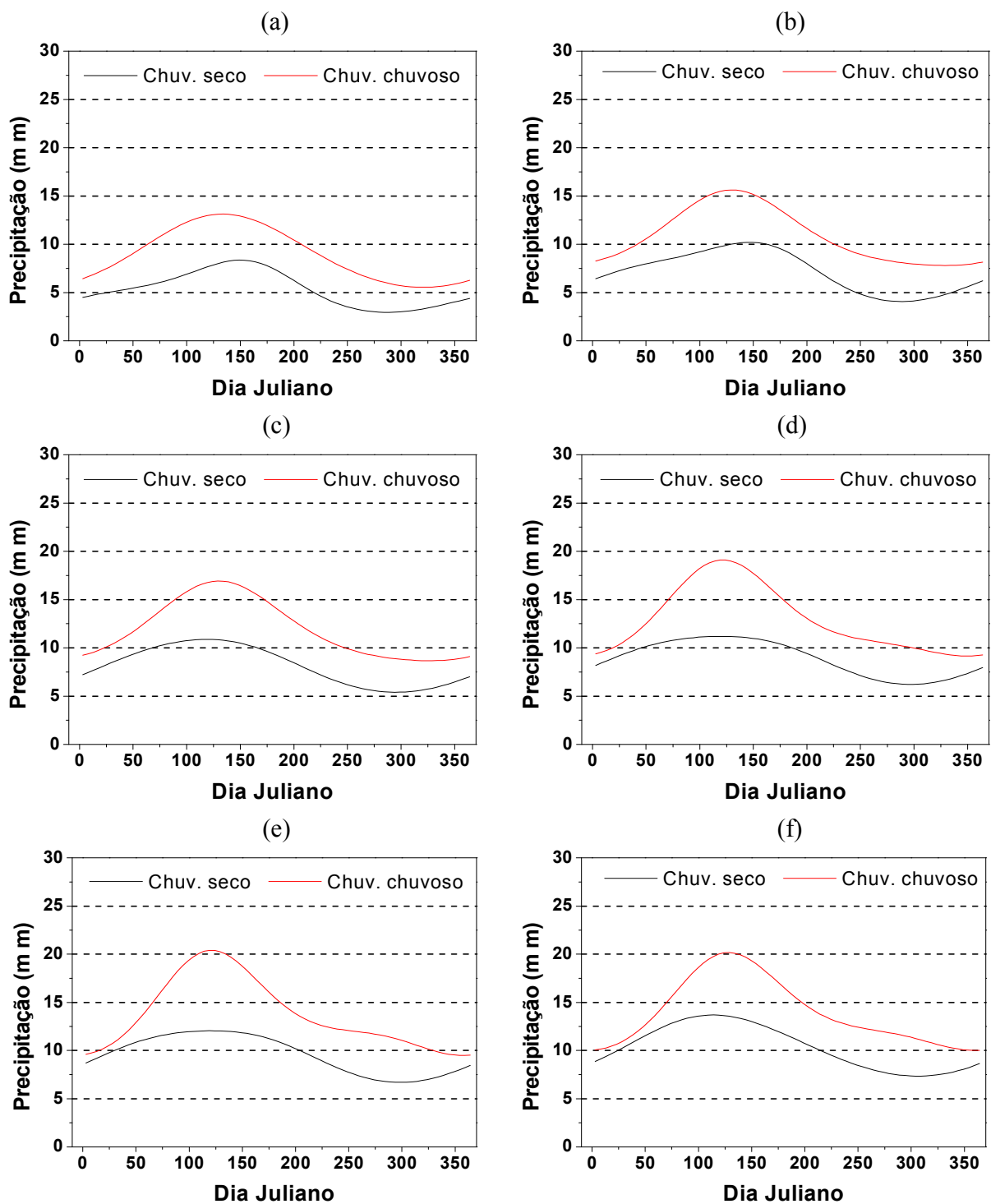


Figura 20. Médias ajustadas da quantidade de precipitação para dia chuvoso seguido por outro dia chuvoso e dia chuvoso seguido por um dia seco (mm) em grupos de cinco dias no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

Na Figura 21, o total acumulado de precipitação em uma semana foi superior em meses nos quais a ocorrência de dias chuvosos foi mais acentuada. A 20% de probabilidade o total de precipitação semanal variou de 18 a 33 mm (0 e 5 mm). Para 50 e 80%, o total variou de 40 a 60 mm e 85 a 107 mm, respectivamente. Entre setembro e março, a 20% de probabilidade, o total de precipitação semanal variou de 0 a 10 mm. Para 50 e 80% de probabilidade o total variou de 3 a 55 mm e 14 a 86 mm, respectivamente.

Entre setembro e março, a quantidade total de precipitação pluvial semanal foi baixa. A 20% de probabilidade, o total de precipitação apresentou valores próximos de zero na maioria dos dias, para todos os limites de precipitação. Para 4 e 5 mm como limite de precipitação, todos os dias da estação seca tiveram total de precipitação pluvial igual a zero. A 50 a 80% de probabilidade, os totais foram de 0 a 20 mm e de 8 a 60 mm.

Entre os meses da estação seca, o período entre novembro e dezembro apresentou um total acumulado de precipitação semanal baixo. Isso pode ser explicado pela grande quantidade de dias secos que ocorreu e pela baixa quantidade de precipitação pluvial diária. A 20% de probabilidade o total de precipitação, em um período de sete dias, apresentou zero de precipitação (0 a 5 mm). Para 50 e 80%, o total de precipitação acumulada variou de 0 a 5 mm e 9 a 19 mm, respectivamente.

Após o dia 60 (1 de março) houve aumento significativo no total de precipitação, que foi mais acentuado a 80% de probabilidade. Esse aumento no total de precipitação está relacionado com o início da estação chuvosa e de cultivo, que já foi discutido anteriormente. O período de sete dias, no qual ocorreu o início da estação chuvosa, apresentou uma variação na quantidade total de precipitação em um período de sete dias de 0 a 3 mm a 20% de probabilidade. A 50% de probabilidade o total de precipitação semanal foi de 10 a 20 mm e a 80% de probabilidade o total de precipitação foi de 35 a 50 mm, considerando todos os limites de precipitação adotados para dias secos.

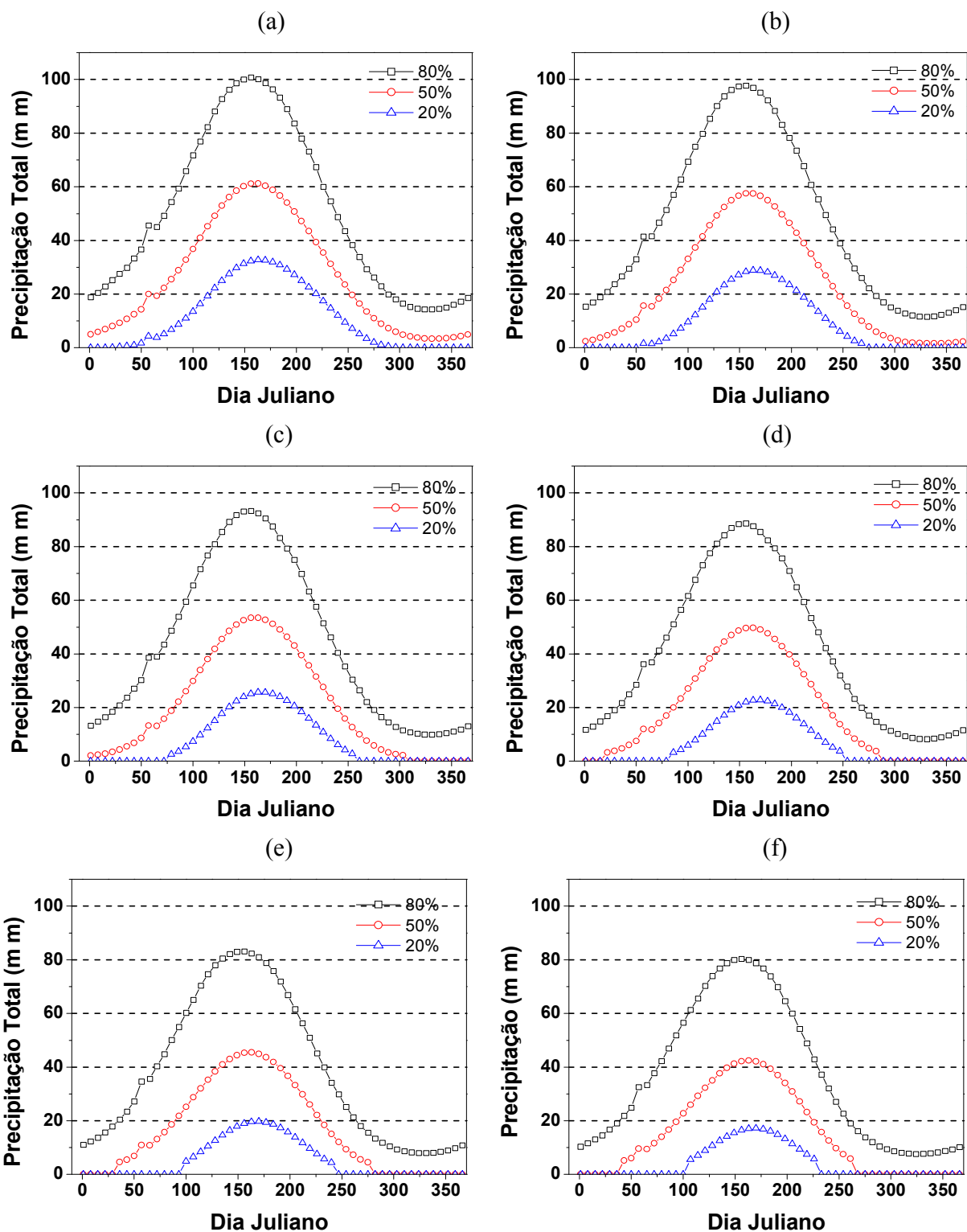


Figura 21. Probabilidade semanal de totais de chuva (mm) no período de 1973 – 2008, Rio Largo – AL, considerando dias sem precipitação (a), 1 mm (b), 2 mm (c), 3 mm (d), 4 mm (e) e 5 mm (f), como limites de precipitação pluvial de dias secos.

5. CONCLUSÕES

Baseado nos resultados pode-se concluir:

- O método direto apresentou resultados satisfatórios na determinação da estação chuvosa e de cultivo (início, fim e comprimento).
- Para analisar o início da estação chuvosa e de cultivo, o método do início potencial apresentou bons resultados, porém o início de sucesso é o mais recomendado para o início das chuvas.
- A estação chuvosa na região de Rio Largo, Alagoas inicia-se a 80% de probabilidade em 07 de abril e terminou em 24 de outubro, compreendendo um período de 221 dias.
- As ocorrências de eventos de ENOS influenciaram o início da estação chuvosa e de cultivo. Ocorrências de El Niño retardaram o início da estação chuvosa e de cultivo, enquanto as ocorrências de La Niña anteciparam o início da estação chuvosa e de cultivo.
- Os períodos secos maiores ou iguais a cinco dias são os de maior ocorrência em todos os anos.

- Na estação chuvosa houve maiores ocorrências de períodos secos de cinco dias. Para períodos secos mais longos as chances de ocorrências são baixas ou praticamente nulas.
- Ocorrências de eventos de El Niño intensificaram as ocorrências de períodos secos e, no entanto, as ocorrências de La Niña reduziram as ocorrências de períodos secos.
- Novembro foi o mês com maiores ocorrências de dias secos da região estudada.
- Os dias chuvosos com a ocorrência de um dia chuvoso no dia anterior tiveram maiores chances de ocorrência comparados com os dias chuvosos com a ocorrência de um dia seco no dia anterior.
- As quantidades médias de precipitação em um dia chuvoso aumentou com o aumento do valor limite adotado. Porém, a cada 1 mm de diferença a variação foi baixa.
- Dias chuvosos com ocorrência de outro dia chuvoso possuiu valores médios de precipitação maiores quando comparado com o dia chuvoso antecedido por um dia seco.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, J. O. R. “Um estudo da estrutura das perturbações sinóticas no Nordeste do Brasil”. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP, Brasil, p. 55. 1976.

ARRUDA, H. V. de; PINTO, H. S. An Alternative Model for Dry Spell Probability Analysis. **Monthly Weather Review**, Boston, USA, v. 108, n. 6, p. 823-825, 1980.

ASSAD, E. D.; MASUTOMO, R.; SANO, E. E. ; CASTRO, L. H.; SILVA, F. M. Veranico na região dos cerrados: Freqüência e probabilidade de ocorrência.. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

AZEVEDO, P. V.; LEITÃO, M. M. V. B. R. Aplicação de Processos de Cadeia de Markov às Precipitações Diárias no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo-SP, v. 5, n. 1, p. 389-402, 1990.

BERLATO, M. A. As Condições de Precipitação Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os Impactos das Estiagens na Produção Agrícola. In: **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ UFRGS. p.11-23, 1992.

BERLATO, M. A.; Farenzena, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-Br, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO/ Secretaria de Agricultura. p. 95. (Boletim Técnico, 7). 1981.

BRAGA, H. J.; VILLA NOVA, N. A. caracterização de seca agronômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral sul de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 3. Campinas, SP, **Anais...**Campinas, p. 283-309. 1983.

BUISSHAND, T. A. **Stochastic Modelling of Daily Rainfall Sequences**. Wageningen, Veenman and Zonen. p. 211. 1977.

BURMAN, R. D.; NIXON, P. R.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O. Water requirements. In: JENSEN, M.E. (Ed.) **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE. p.189-232. (Monograph, 3). 1983.

CARDIM, A. H. **Caracterização da estação de cultivo em Alagoas: análise temporal e espacial**. Dissertação (Mestrado Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas – AL, p. 51-65, 2003.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORFIRIO, A. C. S.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; SANTOS, M. A.; WANDERLEY, H. S. Probabilidade de Ocorrência de Períodos Secos para a Região de Rio Largo, Alagoas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XVI, Belo Horizonte-MG, **Anais....(CD-Rom)**, 2009.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.4, n.1, p. 46-55, 1980.

CHANG, J. **Climate and Agriculture; an ecological survey**. Chicago: Aldine. p. 30. 1968.

CPTEC/INPE. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml e http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml. Acessado em Mar.2009.

CRUZ, V. B.; SOUZA, S. M. T.; NUNES, G. S. S. Recursos hídricos para a agricultura dos cerrados. In: **Simpósio sobre o Cerrado**, 5, 1979, Brasília. Cerrado: uso e manejo. Brasília: Editeria/CNPq/ Planaltina: EMBRAPA-CPAC. p. 233-260. 1979.

CUNHA, G. R. da; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS. p. 85-97. 1992.

FARMER, G.; WIGLEY, T. M. L. **Climatic Trends for Tropical Africa**. Climatic Research Unit, University of East Anglia, p. 136. 1985.

FIETZ, C. R.; FRIZZONE, F. A.; FOLEGATTI, M. V. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, MS. **Irriga (Botucatu)**, Botucatu, v.3, n.1, p. 16-22, 1998.

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, A. S.; LIBARDI, V. C. M. Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: **Congresso Chileno de Engenharia Agrícola**, 2., Chillán, 1997.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul (ENOS) sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.127-132, 1997.

FREITAS, E. D.; GRIMM, A. M. Determinação de probabilidades de ocorrências de veranicos no Estado do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10. Brasília. **Anais...**, Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, CD-ROM, 1998.

KELLER FILHO, T.; ZULLO JUNIOR, J.; LIMA, P. R. S. R. Análise da Transição entre Dias Secos e Chuvosos Usando Cadeias de Markov de Terceira Ordem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1341-1349, 2006.

KOUSKY, V. E. "Diurnal rainfall variation on Northeast Brazil" **Mon. Wea. Rew** 108, p. 488- 498. 1980.

MOLION, L. C. B. **Aquecimento global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico**. Climanalise, CPTEC/INPE, agosto, 2005.

MORAIS, A. R.; BOTELHO, V. A. V. A.; CARVALHO, L. G.; MUNIZ, J. A.; LAGE, G. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição Gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p. 305-310. 2001.

MORSE, B. Foreword. **Drought and Hunger in Africa**. M. Glantz, Ed., Cambridge University Press, xiii-xx. 1997.

MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; GONÇALVES, ANDRADE, A. C.; FRIZZONE, J. A. Variabilidade espacial dos percentis 75 da precipitação pluvial anual para o Estado do Piauí. **Irriga (Botucatu)**, Botucatu, v. 11. n. 2. p. 178-187. 2006.

NIEUWOLT, S. Estimating the agricultural risks of tropical rainfall. **Agricultural and Forest Meteorology**, 45: p. 251-263, 1989.

PEREIRA, A. R.; PEDRAS, J. F.; VILA NOVA, N. A.; CURY, D. M. Consumo de água e coeficiente de cultura da batata (*Solanum tuberosum* L. cv. Itararé) em plantas de inverno no município de Botucatu, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p. 59-62, 1994.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ. p. 183. 1997.

ROSE, C. W.; STERN, W. R. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as a function of depth and time. **Australian Journal of Soil Research**, v. 5, p.11-19, 1967.

RIEHL, H. **Climate and Weather in the tropics**. McGraw-Hill, New York, p. 108-114. 1979.

SERRA, A. B. The general circulation over South América” **Bull. Ame. Meteorol. Soc.**, 22, p. 173-179. 1941.

SILVA, M. A. V.; PINTO, J. M.; SILVA, I. O.; SOARES NETO, P.; ALMEIDA JUNIOR, J. C. Estudos dos períodos secos dentro do semestre chuvoso para o cerrado baiano. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10., Piracicaba, **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Meteorologia / ESALQ. p. 131-133. 1997.

SILVEIRA, V. P.; ASSIS, S. V. Ocorrência de períodos secos na cidade de Pelotas, Rs. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Rio de Janeiro, RJ, **Anais...**2000.

SIVAKUMAR, M. V. K. Predicting rainy season potential from the onset of rains in the Sahelian and Sudanian Climatic zones of West Africa. **Agricultural and Forest Meteorology**. 42, p. 295-305. 1988.

SIVAKUMAR, M.V.K. Empirical analysis of drought spells for agricultural applications in West Africa. **Journal of Climate**. 5. p. 532-539. 1992.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. Análise da Precipitação Pluvial e Temperatura do Ar na Região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL. Período 1972 – 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n.1, p. 131 – 141, 2004.

STERN, R. D.; DENNETT, M. D.; DALE, I. C. Analysing rainfall measurements to give agronomically useful results. I. Direct Methods. **Exp. Agric.**, v. 18, p. 223–236. 1982a.

STERN, R. D.; DENNETT, M. D.; DALE, I. C. Analysing rainfall measurements to give agronomically useful results. II. Modelling approach. **Exp. Agric.**, v. 18, p. 237–253. 1982b.

STERN, R. D.; RIJKS, D.; DALE, I.; KNOCK, J. **Instat Climatic Guide**. P. 325. Oct. 2005.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1). 1955.

VASCONCELLOS, S. L. B.; ANDRÉ, R. G. B.; PERECIN, D. Probabilidade de ocorrência de dias secos para a região de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 321-325, 2003.

VIANA, T. V. A.; ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; AZEVEDO, B. M.; CRISÓSTOMO JUNIOR, R. R. Análise estocástica de ocorrência de períodos secos e chuvosos para o município de Cedro - CE. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11. Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia. CD-ROM. 2000.

VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V.; ANDRADE JUNIOR, A. S. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos, em Pentecoste, CE. **Irriga (Botucatu)**, Botucatu, v. 7, n. 03, p. 226-229, 2002.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. "Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean", **J. Meteor. Soc. Japan**, 55, p. 203-207. 1977.

WIKIPÉDIA. Mapa de Alagoas, Município de Rio Largo. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Alagoas_Municip_RioLargo.svg. Acessado em Dez. 2009.

7. APÊNDICE

TABELA 1. Distribuição da quantidade de precipitação diária e dias sem precipitação para o ano de 2008.

day X39;cod 0												
Daily data for: 2008												
Mon	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

Day.	-----											
1	--	--	--	--	3.0	8.4	14.0	--	10.0	--	--	--
2	--	--	2.0	8.2	--	21.4	5.6	10.0	13.5	--	--	--
3	--	--	--	--	--	6.0	17.0	17.2	11.5	6.0	--	--
4	--	--	--	--	27.8	5.3	6.0	7.5	22.0	1.0	--	--
5	--	--	--	--	7.2	8.0	2.0	--	--	--	--	--
6	--	--	--	33.0	--	7.0	54.0	4.0	--	--	--	--
7	--	--	--	0.8	--	--	2.0	5.0	0.5	--	--	--
8	--	--	4.2	2.2	9.0	1.5	14.5	5.0	--	1.5	--	--
9	7.5	--	--	--	89.6	4.4	27.0	5.0	--	9.0	--	2.0
10	--	--	0.4	--	30.8	3.2	11.0	0.4	3.0	12.0	--	3.0
11	0.3	--	2.7	--	31.6	0.4	19.0	--	6.0	8.2	--	4.5
12	--	--	--	--	10.8	--	11.0	3.5	--	1.0	--	--
13	2.2	--	10.0	--	6.2	15.6	5.5	8.0	--	4.8	--	--
14	3.6	--	--	--	1.0	3.5	--	3.0	--	2.2	--	1.0
15	3.0	29.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	0.4	1.8	15.0	0.6	194.0	11.5	19.0	7.0	--	0.4	--	--
17	--	1.2	14.2	--	41.0	5.0	14.0	71.2	--	--	--	--
18	--	--	11.0	3.6	9.8	3.0	83.0	4.5	--	--	1.0	--
19	--	--	39.0	9.0	11.5	11.2	14.3	4.2	--	--	--	--
20	--	20.0	17.8	3.8	--	2.8	2.0	9.5	--	--	--	--
21	--	--	5.6	15.8	2.2	1.0	5.0	3.0	0.6	1.0	--	--
22	--	--	8.0	4.6	1.2	2.0	9.0	6.7	--	--	--	--
23	--	--	13.2	--	5.9	5.0	--	1.4	--	--	--	--
24	5.2	--	15.0	--	1.8	6.8	3.0	4.6	--	1.0	2.0	--
25	--	--	18.4	--	9.2	10.9	1.5	2.0	3.0	--	--	--
26	--	--	2.0	--	64.0	--	2.7	2.0	--	--	--	--
27	--	21.8	--	--	16.0	10.5	4.8	39.5	--	--	--	--
28	2.5	0.4	--	17.6	8.0	2.0	12.0	9.0	--	--	--	--
29	4.0	0.5	59.8	--	13.8	1.2	--	--	3.5	--	--	--
30	--	--	1.6	2.1	2.0	--	4.5	--	--	--	--	--
31	--	--	2.8	--	3.8	--	2.0	--	--	--	--	--

TABELA 2. Distribuição de Períodos secos para o ano de 2008.

Daily data for: X41												
Mon	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Day.	-----											
1	3	3	3	1	--	--	--	1	--	2	18	7
2	4	4	--	--	1	--	--	--	--	3	19	8
3	5	5	1	1	2	--	--	--	--	--	20	9
4	6	6	2	2	--	--	--	--	--	1	21	10
5	7	7	3	3	--	--	--	1	1	2	22	11
6	8	8	4	--	1	--	--	--	2	3	23	12
7	9	9	5	1	2	1	--	--	3	4	24	13
8	10	10	--	--	--	--	--	--	4	--	25	14
9	--	11	1	1	--	--	--	--	5	--	26	--
10	1	12	2	2	--	--	--	1	--	--	27	--
11	2	13	--	3	--	1	--	2	--	--	28	--
12	3	14	1	4	--	2	--	--	1	1	29	1
13	--	15	--	5	--	--	--	--	2	--	30	2
14	--	16	1	6	1	--	1	--	3	--	31	3
15	--	--	2	7	2	1	2	1	4	1	32	4
16	1	--	--	8	--	--	--	--	5	2	33	5
17	2	--	--	9	--	--	--	--	6	3	34	6
18	3	1	--	--	--	--	--	--	7	4	35	7
19	4	2	--	--	--	--	--	--	8	5	36	8
20	5	--	--	--	1	--	--	--	9	6	37	9
21	6	1	--	--	--	1	--	--	10	7	38	10
22	7	2	--	--	--	--	--	--	11	8	39	11
23	8	3	--	1	--	--	1	--	12	9	40	12
24	--	4	--	2	--	--	--	--	13	10	--	13
25	1	5	--	3	--	--	--	--	--	11	1	14
26	2	6	--	4	--	1	--	--	1	12	2	15
27	3	--	1	5	--	--	--	--	2	13	3	16
28	--	1	2	--	--	--	--	--	3	14	4	17
29	--	2	--	1	--	--	1	1	--	15	5	18
30	1		--	--	--	1	--	2	1	16	6	19
31	2		--		--		--	3		17		20
Maximum											(Overall: 40)	
	10	16	5	9	2	2	2	3	13	17	40	20

TABELA 3. Representação dos Dias Julianos.

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1	32	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
2	2	33	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
3	3	34	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
4	4	35	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
5	5	36	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
6	6	37	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
7	7	38	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
8	8	39	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
9	9	40	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
10	10	41	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
11	11	42	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
12	12	43	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
13	13	44	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
14	14	45	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
15	15	46	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
16	16	47	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
17	17	48	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
18	18	49	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
19	19	50	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
20	20	51	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
21	21	52	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
22	22	53	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
23	23	54	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
24	24	55	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
25	25	56	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
26	26	57	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
27	27	58	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
28	28	59	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
29	29	60	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
30	30	-	90	121	151	182	212	243	274	304	335	365
31	31	-	91	-	152	-	213	244	-	305	-	366