



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

SIDNEY FIGUEIREDO DE ABREU

**CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA DE BRASÍLIA – DF**

CAMPINA GRANDE - PB

JUNHO/2013

SIDNEY FIGUEIREDO DE ABREU

CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA DE BRASÍLIA – DF

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para a obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Área de concentração:
Climatologia estatística

Orientador:
Francisco de Assis Salviano de Sousa

CAMPINA GRANDE - PB

JUNHO/2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A162c Abreu, Sidney Figueiredo de.
Características climatológicas da precipitação pluviométrica
diária de Brasília - DF / Sidney Figueiredo de Abreu. – Campina
Grande, 2013.
92 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos
Naturais, 2013.

"Orientação: Prof. Dr. Francisco de Assis Salviano de Sousa".
Referências.

1. Distribuição Log-Normal. 2. Diagrama Box-plot.
3. Período de Retorno. I. Sousa, Francisco de Assis Salviano de.
II. Título.

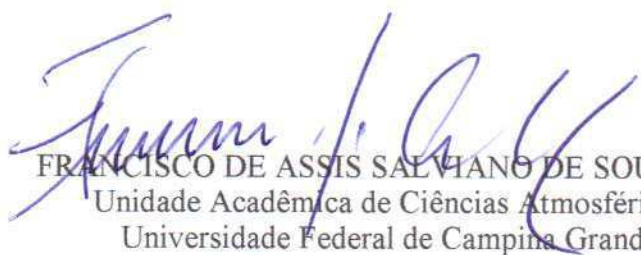
CDU 551.577.2(043)


SIDNEY FIGUEIREDO DE ABREU

CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA DE BRASÍLIA – DF

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/06/2013

BANCA EXAMINADORA


FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUSA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande


Dr. KLEBER RENATO DA PAIXÃO ATAÍDE
Instituto Nacional de Meteorologia

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus e posteriormente aos meus pais, Serafim e Rosa pelo Dom da vida e pelo apoio e incentivo que sempre me deram.

À minha esposa Tatiana e aos meus filhos Sávio e Saulo pelo o amor e paciência que foram essenciais para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar meus caminhos e me sustentar nos momentos mais difíceis durante essa jornada.

Ao Professor Doutor Francisco de Assis Salviano Sousa, meu orientador, pela paciência e dedicação que teve durante a orientação prestada, a qual ajudou a ampliar meus conhecimentos na Ciência Meteorológica.

À colega Doutora em meteorologia Tatiane Felinto Barbosa por contribuir de forma importante e enriquecedora os resultados obtidos nessa pesquisa.

Ao meteorologista Francisco de Assis Diniz pela troca de ideias que me ajudou a organizar este trabalho.

Ao colega de Seção Carlos Becker pelo auxílio computacional.

À minha família, em especial, minha esposa Tatiana, aos meus filhos Sávio e Saulo e a minha afilhada Chiara Natália pelo apoio, incentivo, compreensão e paciência durante o curso dessa pesquisa.

Aos Professores do Departamento de Ciências Atmosféricas da UFCG, pela excelente dedicação durante o curso proporcionando me manter atualizado no meio acadêmico e científico no que se refere à meteorologia.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET pela disponibilização do banco de dados utilizado para esse estudo; e pelo convênio firmado com a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG dando a oportunidade de ser realizada a Pós-Graduação.

À Divanete Rocha da Cruz, secretária da Coordenação de Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da UFCG, pela competência e profissionalismo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente ajudaram na elaboração desse documento, minha profunda gratidão.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| LISTA DE FIGURAS | i |
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS | x |
| RESUMO | xi |
| ABSTRACT | xii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. OBJETIVOS | 3 |
| 1.1.1. Objetivo geral | 3 |
| 1.1.2. Objetivo específico | 3 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE APLICADA A DADOS DE PRECIPITAÇÃO..... | 4 |
| 2.2. DIAGRAMA BOX-PLOT APLICADO À PRECIPITAÇÃO..... | 8 |
| 2.3. PRINCIPAIS SISTEMAS METEOROLÓGICOS QUE ATUAM NO CENTRO-OESTE DO BRASIL | 8 |
| 2.3.1. Sistema Frontal | 8 |
| 2.3.2. Zona de Convergência do Atlântico Sul | 9 |
| 2.3.3. Sistemas convectivos de mesoescala | 10 |
| 2.3.4. Alta da Bolívia | 11 |
| 2.3.5. Convecção isolada | 11 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 13 |
| 3.1. ÁREA DE ESTUDO | 13 |
| 3.2. DADOS..... | 15 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.3. | MÉTODOS | 16 |
| 3.3.1. | Apresentação dos dados diários..... | 16 |
| 3.3.2. | Função Log-Normal | 16 |
| 3.3.3. | Contribuição e ocorrência da precipitação em cada sub-amostras | 19 |
| 3.3.4. | Características atmosféricas associadas às chuvas diárias. | 20 |
| 3.3.5. | Diagrama <i>Box-Plot</i> | 22 |
| 3.3.6. | Relação entre a variável reduzida de Gumbel e a magnitude de um evento máximo 23 | |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 25 |
| 4.1. | ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DO DF..... | 25 |
| 4.2. | ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS E DINÂMICAS DA ATMOSFERA SOBRE O DF DURANTE OS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO... 48 | |
| 4.3. | ANÁLISE DO DIAGRAMA BOX-PLOT DA PRECIPITAÇÃO DE 1 A 7 DIAS DE BRASÍLIA | 75 |
| 4.4. | ESTIMATIVA DOS LIMIARES MÁXIMOS DE PRECIPITAÇÃO EM BRASÍLIA PARA PERÍODO DE RETORNO FIXO | 80 |
| 5. | CONCLUSÃO | 84 |
| 6. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 86 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa do Distrito Federal e regiões Administrativas. | 14 |
| Figura 2 - Regime da precipitação mensal de Brasília, média climatológica de 1981 a 2010. | 15 |
| Figura 3 - a) Função Distribuição Log-Normal teórica e b) Distribuição acumulada teórica. | 18 |
| Figura 4 - Ilustração esquemática do diagrama Box-Plot para as vazões médias anuais do Rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba – Período 1938-1999..... | 23 |
| Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. a) Janeiro e b) Fevereiro..... | 26 |
| Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. c) Março, d) Abril e e) Maio. | 27 |
| Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. f) Junho, g) Julho e h) Agosto..... | 28 |
| Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. i) Setembro, j) Outubro e l) Novembro. | 29 |
| Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. m) Dezembro..... | 30 |
| Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: a) Janeiro e b) Fevereiro..... | 30 |
| Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: c) Março, d) Abril e e) Maio. | 31 |
| Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: f) Junho, g) Julho e h) Agosto..... | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: i) Setembro, j) Outubro e l) Novembro..... | 33 |
| Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: m) Dezembro..... | 34 |
| Figura 7 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária referente às sub-amostras de chuva: a) 1 dia de chuva e b) 2 dias de chuva. | 36 |
| Figura 7 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária referente às sub-amostras de chuva: c) 3 dias de chuva, d) 4 dias de chuva e e) 5 dias de chuva. | 37 |
| Figura 7 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária referente às sub-amostras de chuva: f) 6 dias de chuva e g) 7 dias de chuva. | 38 |
| Figura 8 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica das sub-amostras: a) 1 dia de chuva, b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva..... | 39 |
| Figura 8 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica das sub-amostras: d) 4 dias de chuva, e) 5 dias de chuva e f) 6 dias de chuva. | 40 |
| Figura 8 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica das sub-amostras: g) 7 dias de chuva..... | 41 |
| Figura 9 - Variação temporal da chuva diária em Brasília: a) 1 dia de chuva e b) 2 dias de chuva..... | 42 |
| Figura 9 - Variação temporal da chuva diária em Brasília: c) 3 dias de chuva, d) 4 dias de chuva e e) 5 dias de chuva. | 43 |
| Figura 9 - Variação temporal da chuva diária em Brasília: f) 6 dias de chuva e g) 7 dias de chuva..... | 44 |
| Figura 10 - Variação temporal da contribuição da chuva diária e ocorrência dos eventos: a) 1 dia de chuva, b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva. | 46 |
| Figura 10 - Variação temporal da contribuição da chuva diária e ocorrência dos eventos: d) 4 dias de chuva, e) 5 dias de chuva e f) 6 dias de chuva. | 47 |

| | |
|---|----|
| Figura 10 - Variação temporal da contribuição da chuva diária e ocorrência dos eventos: g) 7 dias de chuva. | 48 |
| Figura 11 - Chuva de 1 dia para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura (°C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m ² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde. | 50 |
| Figura 12 – Chuva de 2 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura (°C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m ² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... | 51 |
| Figura 13 – Chuva de 3 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura (°C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m ² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... | 52 |
| Figura 14 – Chuva de 4 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura (°C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m ² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 | |

(contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 53

Figura 15 – Chuva de 5 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 54

Figura 16 – Chuva de 6 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 55

Figura 17 – Chuva de 7 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 56

Figura 18 – Chuva de 1 dia para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K

acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 59

Figura 19 – Chuva de 2 dias para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 60

Figura 20 – Chuva de 3 dias para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 61

Figura 21 – Chuva de 4 dias para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 62

Figura 22 – Chuva de 1 dia para Jul-Ago-Set: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K

acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde. 64

Figura 23 – Chuva de 2 dias para Jul-Ago-Set: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde. 65

Figura 24 – Chuva de 3 dias para Jul-Ago-Set: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde. 66

Figura 25 – Chuva de 1 dia para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde. 68

Figura 26 – Chuva de 2 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42

(contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 69

Figura 27 – Chuva de 3 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 70

Figura 28 – Chuva de 4 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 71

Figura 29 – Chuva de 5 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... 72

Figura 30 – Chuva de 6 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42

| | |
|--|----|
| (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... | 73 |
| Figura 31 – Chuva de 7 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m ² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde..... | 74 |
| Figura 32 – Diagrama <i>Box-Plot</i> da chuva de Brasília: a) 1 dia de chuva..... | 75 |
| Figura 32 – Diagrama <i>Box-Plot</i> da chuva de Brasília: b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva e d) 4 dias de chuva..... | 76 |
| Figura 32 – Diagrama <i>Box-Plot</i> da chuva de Brasília: e) 5 dias de chuva, f) 6 dias de chuva e g) 7 dias de chuva..... | 77 |
| Figura 33 - Curva dos valores da máxima precipitação esperada para diferentes períodos de retorno. a) 1 dia de chuva, b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva..... | 81 |
| Figura 33 - Curva dos valores da máxima precipitação esperada para diferentes períodos de retorno. d) 4 dias de chuva, e) 5 dias de chuva e f) 6 dias de chuva..... | 82 |
| Figura 33 - Curva dos valores da máxima precipitação esperada para diferentes períodos de retorno. g) 7 dias de chuva..... | 83 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Valores críticos para a estatística do teste de Komolgorov-Smirnov..... | 19 |
| Tabela 2 - Valores de <i>Dcalculado</i> e <i>Dtabelado</i> | 25 |
| Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência das três principais classes da precipitação diária em cada mês..... | 35 |
| Tabela 4 – Probabilidade de ocorrência das três principais classes da precipitação diária em cada sub-amostra. | 41 |
| Tabela 5 – Resumo das informações obtidas no diagrama <i>Box-plot</i> para as sub-amostras de chuva..... | 78 |
| Tabela 6 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 1 dia de chuva..... | 78 |
| Tabela 7 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 2 dias de chuva. | 79 |
| Tabela 8 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 3 dias de chuva. | 79 |
| Tabela 9 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 4 dias de chuva. | 79 |
| Tabela 10 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 6 dias de chuva. | 80 |
| Tabela 11 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 7 dias de chuva. | 80 |
| Tabela 12 - Precipitações máximas esperadas (mm) para diferentes períodos de retorno, e suas respectivas equações. | 83 |

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

SIGLAS:

DF – Distrito Federal

ES – Espírito Santo

MG – Minas Gerais

NW/SE – Noroeste/Sudeste

SP – São Paulo

UR – Umidade relativa

SÍMBOLOS:

°C – Graus Celsius

g/kg – Grama/quilograma

g/kg.s – Grama por quilograma segundo

hPa – Hectopascal

km – Quilometro

km² - Quilometro quadrado

m – Metros

m/s – Metros por segundo

mm – Milímetro

mm/h – Milímetro por hora

Pa/s – Pascal por segundo

W/m² - Watt por metro quadrado

% - Porcentagem

° - Graus

' - Minuto

RESUMO

Este trabalho objetiva detalhar climatologicamente a precipitação diária de Brasília no Distrito Federal. Essa variável foi ajustada à Distribuição Log-Normal permitindo identificar a probabilidade de ocorrência de cada classe teórica associada às suas respectivas magnitudes. A partir da série temporal de 1981 a 2010 foram classificados sub-amostras de 1 até 7 dias de chuva para verificar a contribuição e a maior ocorrência das chuvas ao longo dos meses. Também foram estabelecidos os valores limites dos eventos extremos de cada sub-amostra e verificada a estação do ano mais propícia à ocorrência desses extremos através do diagrama *Box-plot*. Considerando as precipitações máximas ocorridas em cada sub-amostra, foram estabelecidas, pela Distribuição de Gumbel, as chuvas máximas esperadas para os períodos de retorno 10, 30, 50 e 100 anos, bem como sugeridas as equações de regressão para cada caso.

Utilizando a técnica de campos compostos, foram analisadas sazonalmente as configurações médias da atmosfera associadas às sub-amostras de 1 a 7 dias de chuva dos seguintes parâmetros: vento em 850, 500 e 250 hPa, magnitude do vento em 250 hPa, anomalia de temperatura em 850 hPa, umidade relativa média na camada entre 850 e 500 hPa, divergência do vento em 250 hPa, radiação de onda longa (ROL), velocidade vertical (ω) em 500 hPa, divergência do fluxo de umidade em 850 hPa, índice K e Total Totals (TT). De acordo com as análises, os sistemas meteorológicos que podem estar associados a instabilidades dessas chuvas são: Alta da Bolívia (AB), Sistemas Frontais (SF) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Palavras-chave: Distribuição Log-Normal, diagrama Box-plot, período de retorno.

ABSTRACT

This work aims at detailing climatologically daily precipitation in Brasília, Distrito Federal. This variable was adjusted to Log-Normal distribution allowing to identify the occurrence probability of each theoretical class associated with the respective magnitudes. From the time series 1981 to 2010 were classified sub-samples from 1 to 7 days of rain to check the contribution and higher occurrence of rainfall over the months. It has also established the limits of extreme events of each sub-sample and verified the most favorable season for the occurrence of these extremes by Box-plot diagram. Considering the maximum precipitation occurring in each sub-sample, were established by the Gumbel distribution, the maximum expected rainfall for return periods 10, 30, 50 and 100 years, and suggested the regression equations for each case.

Using the composite fields technical were analyzed seasonally the settings average from atmosphere associated with the sub-samples of 1 to 7 days of rain for the following parameters: wind 850, 500 and 250 hPa, wind magnitude at 250 hPa, the temperature anomaly at 850 hPa, average relative humidity in the layer between 850 and 500 hPa, wind divergence at 250 hPa, longwave radiation (OLR), vertical velocity at 500 hPa, divergence of the moisture flux at 850 hPa, K index and Total Totals (TT). According to the analyzes, the meteorological systems that can be associated with these instabilities rains are Bolivian High, Frontal Systems, South Atlantic Convergence Zone.

Keywords: Log-Normal Distribution, Box-plot diagram, return period.

1. INTRODUÇÃO

As características atmosféricas de um determinado local são influenciadas pelas condições reinantes no lugar, resultantes da combinação de grandezas físicas denominadas elementos climáticos. Tais condições são chamadas de tempo meteorológico, popularmente chamadas de “condições do tempo” (AYOADE, 2002). O clima seria em síntese a generalização das diferentes condições de tempo prevalentes nesse lugar sendo considerado um número bem maior de dados, como a frequência dos fenômenos meteorológicos mais comuns no local, além das condições médias de tempo. Por outro lado, o tempo varia em um curto período de tempo, por exemplo, um dia. O clima, entretanto, varia de um local para outro, principalmente devido às variações da intensidade, quantidade e distribuição dos elementos climáticos, entre os quais, os mais simples de serem obtidos, e mais importantes, são a temperatura e a precipitação (PEREIRA et al, 2002).

A precipitação é amplamente reconhecida por muitos pesquisadores como a variável climatológica mais importante na região tropical, sendo a componente do ciclo hidrológico com influência significativa e direta na qualidade de vida e atividades dos seres humanos. Muitas dessas atividades estão diretamente ligadas ao seu regime, seja ele, diário, mensal ou anual.

Para dimensionar obras hidráulicas urbanas e rurais é necessário conhecer a magnitude da precipitação esperada, para que a estrutura planejada resista adequadamente. No caso de obras rurais, esse tipo de conhecimento é necessário para o planejamento de sistemas de terraceamento agrícola, drenagem em estradas e implantação de barragens para atenuação de cheias, entre outros. Portanto, os projetos hidráulicos e agrícolas são desenvolvidos levando-se em conta o custo mínimo, associado a um risco admissível de falha, requerendo a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude, como as máximas precipitações que podem ocorrer em certas localidades. Assim, as séries de máximos valores são empregadas para ajuste, segundo a lei probabilística que melhor descreva o processo, possibilitando extrapolações (VIEIRA et al., 1991).

Na agricultura a precipitação é responsável por grande parte do desenvolvimento agrário de uma região. Em regiões onde os recursos hídricos são mais escassos, a

contribuição de produtos para a rede alimentícia é mínima devido principalmente à falta de chuvas. A precipitação pluvial é a forma mais econômica e ambientalmente correta de uso da água na agricultura, pois não há necessidade de se importar água através de irrigação, além de manter em equilíbrio os recursos hídricos existentes em outras regiões, diminuindo conseqüentemente os custos de produção e preservar o meio ambiente. Conhecer de forma racional e antecipada as características da precipitação de um local ou região, e sua variação ao longo de um ciclo de cultivo, é de suma importância para se obter rendimentos satisfatórios, visto que essa variável meteorológica é um dos fatores determinantes para o sucesso da agricultura. Ribeiro e Lunardi (1997) enfatizaram a importância de se caracterizar a precipitação em um local para o planejamento de atividades agrícolas, sendo imprescindível também no dimensionamento de reservatórios de água, na elaboração de projetos de proteção e conservação de solos e em atividades de lazer e esportivas.

No controle de incêndios florestais deve-se considerar não somente a quantidade de chuva que cai, mas também sua distribuição estacional. Se a distribuição da chuva em um local é uniforme ao longo do ano, o potencial de ocorrência de incêndios é menor que numa localidade onde a estação chuvosa está concentrada em apenas alguns meses. Portanto, a distribuição dessa variável é importante para prever o período das queimadas. A variabilidade interanual também é relevante, pois o comportamento da precipitação de um ano para o outro pode ser muito diferente, intercalando anos secos, normais e chuvosos.

O estudo das distribuições de variáveis climáticas é uma ferramenta que permite compreender os fenômenos meteorológicos dominantes em uma região, determinando padrões de ocorrência dos mesmos ao longo do tempo, permitindo assim, fazer uma previsibilidade razoável do clima de um determinado local ou região, disponibilizando melhores informações na tomada de decisão em diversos setores das atividades humanas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Caracterizar a precipitação pluvial de Brasília/DF para fornecer informações climatológicas que possam subsidiar de forma mais consistente projetos agrícolas, hidrológicos, turismo, engenharia civil, defesa civil entre outros.

1.1.2. Objetivo específico

- Agrupar e ajustar a série temporal de 30 anos da precipitação diária para cada mês separadamente (janeiro a dezembro) a uma Função Densidade de Probabilidade (FDP).
- Separar a precipitação diária em sub-amostras de 1 dia com chuva, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias consecutivos de chuvas, agrupar e ajustar a uma FDP para verificar a probabilidade de ocorrência relacionada as classes teóricas.
- Verificar a contribuição percentual e a ocorrência das chuvas diárias para cada sub-amostra.
- Associar as chuva das sub-amostras aos principais sistemas meteorológicos atuantes.
- Identificar nas sub-amostras as anomalias (*outliers*) de precipitação e identificar o valor limite de cada caso.
- Obter para as sub-amostras a quantidade máxima da precipitação a ser igualada ou superada para os períodos de retorno (T_r) de 10, 30, 50 e 100 anos.

2. FUNDAMENTAÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem a finalidade de apresentar e analisar a revisão da literatura sobre o tema.

2.1. DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE APLICADA A DADOS DE PRECIPITAÇÃO

O uso de funções densidade de probabilidade está diretamente ligado à natureza dos dados a que elas se relacionam, onde algumas têm boa capacidade de estimação para pequeno número de dados, outras requerem grande série de observações. Devido ao número de parâmetros de sua equação, algumas podem assumir diferentes formas, enquadrando-se em um número maior de situações, ou seja, são mais flexíveis. Desde que respeitado o aspecto da representatividade dos dados, as estimativas dos seus parâmetros, para uma determinada região, podem ser estabelecidas como de uso geral, sem prejuízo da precisão na estimação da probabilidade (CATALUNHA et al., 2002).

De acordo com Villela e Matos (1975), dentre as distribuições de probabilidades, a Log-Normal tem-se ajustado bem à distribuição pluviométrica brasileira e possui maior facilidade operacional quando comparadas às demais distribuições. A função Log-Normal foi testada para modelar as quantidades diárias de chuva em localidades da Jordânia, Nigéria, Botswana e Sri Lanka, tendo obtido resultados satisfatórios, conforme Stern e Coe (1982). Rodrigues e Pruski (2001) e Longo et al. (2001) também utilizaram a referida distribuição ao analisar a precipitação provável em João Pinheiro em Minas Gerais e Cascavel no Paraná, respectivamente.

Sampaio et al. (1999), utilizando a distribuição Log-Normal a dois parâmetros para calcular a chuva provável para Lavras-MG, observaram que esta distribuição se adequou melhor ao período chuvoso e tem se mostrado adequada para descrever a distribuição das quantidades de chuva. O ajuste melhor para o período chuvoso está relacionado ao fato que no período seco existe um grande número de precipitação zero, dificultando o uso da Log-Normal.

O ajuste de modelos probabilísticos aos dados diários de chuva além de fornecer um resumo sucinto destes dados, representa uma técnica eficiente para a análise dessas informações. Cada distribuição de frequência apresenta uma certa forma, a qual pode ser aproximada via utilização de função densidade de probabilidade com os parâmetros

extraídos da amostra em estudo. A utilização ou não de uma distribuição reside na capacidade da mesma em estimar os dados observados, com base em seus parâmetros e essa capacidade é medida com a aplicação de testes de aderência (ALMEIDA, 1995).

Estudos de ajuste de distribuição densidade de probabilidade com dados diários em séries de dias semelhantes (por exemplo, apenas o dia 1 de cada mês, é muito raro na literatura especializada), apresentando uma lacuna nesse tipo de investigação, por sinal muito importante em estudos de rendimento de culturas agrícolas.

Cruz (2010) determinou as lâminas de precipitação provável para localidades selecionadas do Estado de Sergipe, realizando o ajuste de distribuição estatística para os dados mensais e anuais em cada local. Utilizou a distribuição de probabilidade Log-Normal com posição de plotagem pela fórmula de Blom (Lanna, 1993), que é a mais indicada para distribuições de probabilidade do tipo Normal e Log-Normal. Esta distribuição foi selecionada a partir da verificação do ajuste estatístico nas amostras por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (2012) ao nível de 5% de significância. Segundo Assis et al. (1996), os testes de aderência Qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Shapiro-Wilk, Cramer-von Mises, servem para comparar as probabilidades empíricas de uma variável com as probabilidades teóricas estimadas pela função de distribuição em teste, verificando se os valores da amostra podem ser provenientes de uma população com aquela distribuição teórica.

Hershfield e Kohler (1960) analisando os dados de milhares de estações pluviométricas nos Estados Unidos da América, concluíram que a distribuição de Gumbel foi a mais adequada para estimar as probabilidades de ocorrência de eventos extremos de precipitação de diversas durações. Vários autores têm utilizado a distribuição de Gumbel em estudos de precipitações máximas, seja para determinar a precipitação máxima provável ou o período de recorrência de chuvas máximas ou as curvas intensidade-duração-freqüência, destacando-se Leopoldo et al. (1984), Beltrame et al. (1991), Eltz et al. (1992), Vieira et al. (1994), Back (1996), Pinto (1999), Nobukuni (2000) entre outros.

Villela e Mattos (1975) verificaram em estudos hidrológicos a necessidade de conhecer as precipitações totais e máximas observadas nas séries e na previsão desses valores, baseados em níveis de probabilidade de ocorrência. Em projetos hidroagrícolas,

como a construção de terraços em nível, é comum o uso de tempo de retorno de 10 anos. A construção de terraços é uma das práticas agrícolas mais difundidas e utilizadas pelos agricultores, para o controle da erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO 1985; WADT, 2003). Com base na teoria da probabilidade dos valores extremos sugerida por Gumbel, Moreti et al. (2003), estudando terraceamento em nível para São Manuel, São Paulo, obtiveram precipitações esperadas de 63,4 mm; 98,4 mm; 115,0 mm; 130,8 mm; 151,4 mm; e 166,9 mm para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, respectivamente.

Ao estudar a bacia do Rio Paraíba, Araújo et al. (2008) ajustaram as chuvas intensas à Distribuição de Gumbel, como foi proposto por Osbon et al. (1980) que descreveram a Gumbel como sendo adequada aos valores máximos anuais de chuva. Neste estudo de Araújo et al. (2008), foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para averiguar a adequação dos dados utilizados à distribuição de probabilidade. Os resultados indicaram que a distribuição de probabilidade é adequada, pois o teste indicou valores entre 0,12 e 0,18 coerentes com o tamanho da amostra de dados (N=33) e nível de significância de 10%. Nessa mesma bacia verificaram a contribuição das chuvas intensas de 1, 2, 3, 4 e 5 dias (sendo que a partir do segundo dia foi considerado o somatório de 2, 3, 4 e 5 dias consecutivos de maior valor na série) onde as maiores contribuições das chuvas intensas ocorreram no mês de janeiro, fevereiro, março e abril, variando de 77,1 a 88,6%, sendo que as maiores ocorrências foram nos meses de janeiro e março (ARAÚJO et al. 2005).

Sansigolo (2008) verificou que a distribuição de Gumbel foi a que melhor se ajustou as precipitações diárias máximas anuais de Piracicaba onde foi utilizado intervalo de confiança de 95%. Os valores encontrados para os testes do Qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov, foram, respectivamente, 0,07 e 3,3, muito inferiores aos valores críticos a 95% de probabilidade (0,89 e 12,6).

Mesquita, Griebeler e Oliveira (2009), espacializaram valores máximos de precipitação diária esperada para períodos de retorno de 5, 10, 15, 20 e 25 anos, nas regiões central e sudeste de Goiás, estabelecendo para cada estação as equações de ajustes. Os autores verificaram que a diferença entre os valores extremos de precipitações máximas, para diferentes estações pluviométricas, para um mesmo período de retorno na área estudada, ultrapassou 50% da menor intensidade. Constatou

que as regiões noroeste e sudeste apresentaram lâminas máximas de precipitação esperadas maiores, enquanto que a região central e leste apresentaram lâminas máximas de precipitação esperadas menores, para um mesmo valor de período de retorno. No entanto, para período de retorno de 10 anos, observou que a faixa de 130 mm a 140 mm predominou em quase toda a área, enquanto que para o período de retorno de 25 anos a maior parte da área estudada oscilou entre 160 mm a 170 mm.

Nemichandrappa, Balakrishnan e Senthilvel (2010) analisaram os valores máximos diários de chuva da cidade de Raichur, na Índia e constataram que a distribuição de Gumbel foi a que melhor se ajustou aos dados padronizados, sendo obtida uma variância mínima de 29,38. Nesta análise foram estimadas as máximas precipitações diárias prováveis de 233,9 mm, 207,6 mm, 181,1 mm, 145,4 mm e 117,5 mm para os períodos de retorno de 100, 50, 25, 10 e 5 anos, respectivamente. Estes valores mostram que em Raichur tem-se chuvas intensas possivelmente devido as monções.

A distribuição de Gumbel foi também utilizada por Zainudini et al. (2011) para determinar a máxima intensidade da precipitação nas províncias do Irã (Sistan e Balochistan) durante 15, 30, 60 minutos, e 3, 6 e 12 horas para os períodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Foram obtidas as equações de regressão para cada duração de chuva correlacionando a variável reduzida de Gumbel e a intensidade da precipitação em milímetros por hora. As tendências mostraram que a intensidade da chuva geralmente diminui com o aumento da duração. No entanto, Zainudini et al. (2011) descrevem que para pequenas durações e menores períodos de retorno parecem mais confiáveis.

Souza et al. (2012) utilizaram o modelo da distribuição de Gumbel para o cálculo anual das precipitações máximas diárias de 74 postos pluviométricos do Estado do Pará realizando a estimativa das chuvas máximas para períodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100, 1.000 e 10.000 anos. A maioria das estações (51,4%) apresentou intensidade de precipitação entre 90 e 110 mm/h, para uma duração de chuva de 30 minutos e um tempo de retorno de 15 anos. Pode-se perceber uma concentração das maiores precipitações na região próxima ao litoral do nordeste paraense e no sudeste da Ilha do Marajó.

2.2. DIAGRAMA BOX-PLOT APLICADO À PRECIPITAÇÃO

O diagrama *Box-Plot* permite visualizar alguns aspectos da distribuição dos dados como a posição, variabilidade, assimetria e valores extremos considerados atípicos. Lima et. al., (2008), utilizaram este diagrama para identificar os valores discrepantes de precipitação (*outliers*) no município de Alegre-ES, em que tais precipitações ocorreram nos meses de janeiro (468 mm em 1962; 569,7 mm em 1979 e 508,8 mm em 1985); fevereiro (363,1 mm em 1948; 348,5 mm em 1949 e 468,5 mm em 1952); março (507,4 mm em 1960 e 391,1 mm em 1991); abril (291,0 mm em 1977; 279,6 mm em 1980 e 249,7 mm em 1993); junho (85,1 mm em 1989 e 120,6 mm em 1969); agosto (131,6 mm em 1986 e 114,5 mm em 1992) e outubro (311,8 mm em 1949).

Galvani e Luchiarri (2012, p.) apresentam para os dados de precipitação registrados em Piracicaba/SP, na série histórica de 1917 a 1994, o uso *Box-Plot* na determinação de períodos os limites numéricos daqueles anos considerados com regime pluviométrico normal, seco ou úmido, além daqueles considerados super úmidos e super secos. Ainda segundo esses autores “Esta mesma técnica pode ser utilizada para outras localidades bastando apenas determinar os novos intervalos interquartílicos que representará a real idade pluviométrica daquela localidade”.

2.3. PRINCIPAIS SISTEMAS METEOROLÓGICOS QUE ATUAM NO CENTRO-OESTE DO BRASIL

Dentre os principais sistemas meteorológicos que atuam na região Centro-Oeste do Brasil destacam-se os citados a seguir.

2.3.1. Sistema Frontal (SF)

Uma frente é quando duas massas de ar de diferentes regiões de origem e, portanto com diferentes características, aproximam-se, formam uma zona de transição chamada zona frontal, caracterizada pelos elevados gradientes horizontais de temperatura e umidade (KOUSKY; ELIAS, 1982). Em geral, elas se movem de oeste para leste em direção as baixas latitudes, mas o seu movimento pode ser alterado por características geográficas como montanhas e grandes superfícies de água especialmente nos níveis mais baixos da atmosfera. As frentes são constituídas por nuvens de todos os tipos e, frequentemente, por precipitação.

A Frente Polar Atlântica, resultado do choque entre os sistemas tropicais e polares, se forma com mais força durante o inverno, devido neste período apresentar maiores condições para ocorrência de frontogênese, devido à intensificação do gradiente meridional de temperatura, no entanto, pode ser detectada durante todo o ano.

No Brasil Central, as chuvas frontais são mais expressivas na primavera-verão (estação chuvosa), quando superfície e atmosfera encontram-se úmidas e aquecidas. No inverno (estação seca), a Frente Polar Atlântica encontra dificuldades para atingir a região devido ao estabelecimento da Alta Subtropical no interior do continente. Quando consegue vencer a barreira anticiclônica, produz pequenos volumes de precipitação. Segundo Nimer (1979), isso se deve a pouca quantidade de umidade disponível nessa época, tanto na atmosfera dominada pelos sistemas tropicais, quanto pelos polares. Porém, deve-se ressaltar que esta diminuição da precipitação é observada em toda região Centro-Oeste, Sudeste e o Estado do Paraná devido, principalmente a redução do escoamento de umidade da região Amazônica.

2.3.2. Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

Climatologicamente a ZCAS pode ser identificada, na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (Kousky, 1988), sendo observada sobre o continente sul-americano durante os meses de verão (FIGUEROA, 1997). Embora tais características sejam observadas em todos os verões, importantes variações ocorrem na organização espacial, na intensidade das chuvas e na circulação. Essas variações muitas vezes são responsáveis pela ocorrência de eventos severos, alagamentos e deslizamentos de terra. Por outro lado, a ausência ou a supressão das chuvas e a descaracterização desse sistema podem representar longos períodos de seca ou má distribuição das chuvas sobre grandes regiões do território brasileiro.

Segundo Quadro (1994), a ZCAS pode ser caracterizada por sua estacionaridade por, pelo menos quatro dias, provocando assim, a alteração no regime de chuvas das regiões afetadas. A formação deste sistema meteorológico é observada, em média, duas a três vezes por ano (SATYAMURTY et al., 1998). Vários autores mostraram que a intensificação da ZCAS está relacionada com outros sistemas meteorológicos, tais como os sistemas frontais, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e a Alta da Bolívia (AB).

2.3.3. Sistemas convectivos de mesoescala (SCM)

Os SCM, que são constituídos por um aglomerado de nuvens convectivas e que apresentam área com precipitação contínua que pode ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva, possuem formas variadas (HOUZE, 1993). Os SCM podem ser classificados como Linhas de Instabilidade, Complexos Convectivos de Mesoescala e Sistema Convectivo de Mesoescala.

2.3.3.1. Linhas de instabilidade (LI)

É um conjunto de células convectivas com forte atividade, possuindo mais de 100 km ao longo de seu eixo principal.

As LI (ou, genericamente, bandas de precipitação) consistem de, basicamente, um conjunto de cumulonimbus alinhados que se deslocam de maneira uniforme, mantendo certa identidade durante seu tempo de vida, que varia entre poucas horas até um dia (SILVA DIAS, 1987).

Durante a primavera e o verão na região Centro-Oeste as chuvas, acompanhadas de trovoadas, são trazidas de noroeste para sudeste pelas linhas de instabilidade tropical, de origem amazônica, caracterizando como um clima de monções (MAROUELLI, 2003).

2.3.3.2. Complexo convectivo de mesoescala (CCM)

Os CCM's devem apresentar, em média, uma cobertura de nuvens com temperaturas no infravermelho menores que -32°C e com área de 100.000 km^2 (com diâmetros em torno de 300 a 400 km) e o centro deve apresentar uma temperatura interna menor que -52°C e área de 50.000 km^2 .

Os CCM's são conjuntos de cumulonimbus cobertos por densa camada de cirrus que podem ser facilmente identificados em imagens de satélite como sendo sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com um crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 horas (SILVA DIAS, 1987). Os CCM's têm sido identificados em diversas épocas do ano na América do Sul, especialmente durante o verão e primavera.

Segundo Maddox (1980), o ciclo de vida dos CCM's pode ser dividido em quatro etapas: formação, desenvolvimento, maturação e dissipação. Durante a etapa de

formação, ele se apresenta como um grupo de células isoladas distribuídas de forma aleatória. Em seu desenvolvimento, essas células isoladas crescem e se fundem, gerando uma região de precipitação com diversos núcleos de precipitação intensa interligados por regiões de precipitação mais fraca. Na maturação, se observa uma grande região de precipitação convectiva relacionadas às células mais antigas que persistem enquanto existirem células novas. Na dissipação, a formação de novas células diminui, e o sistema se torna uma grande região de precipitação do tipo estratiforme, enfraquecendo-se, restando apenas algumas células convectivas tênues.

2.3.4. Alta da Bolívia (AB)

Durante o verão no Hemisfério Sul, forte atividade convectiva e intensa precipitação ocorrem sobre a região tropical da América do Sul. Vários estudos observacionais mostram que, associada com esta região de nuvens cumulus e precipitação intensa, existe uma circulação anticiclônica nos altos níveis da troposfera (~250hPa). Esta circulação é denominada de Alta da Bolívia (KRUELS et al., 1975; SADLER, 1975; VIRJI, 1981). Alguns estudos observacionais e outros numéricos sugerem que a intensa atividade convectiva e a consequente liberação de calor latente fornecem o mecanismo necessário para manter a circulação anticiclônica em altos níveis (GUTMAN; SCHWERDTFEGGER, 1965; SILVA DIAS et al., 1983; DE MARIA, 1985; GANDU; GEISLER, 1990). Esse sistema contribui com as chuvas que ocorrem principalmente nas regiões Norte, parte do Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. Em geral, a manutenção da AB está associada ao aquecimento continental, a liberação de calor latente e ao escoamento de baixos níveis.

2.3.5. Convecção isolada (CI)

A convecção causada pela radiação solar ocorre devido ao maior aquecimento do ar próximo à superfície que em níveis superiores, e pelo aquecimento desigual de porções da superfície terrestre. Desta forma, durante o processo de aquecimento diurno da superfície, uma parcela de ar que se encontra imediatamente sobre uma região torna-se mais aquecida do que a parte que se localiza sobre regiões vizinhas, menos secas. Como a parcela de ar mais aquecido torna-se menos densa que o ar superior, ela sobe para níveis mais elevados. Ao subir, o ar fica, normalmente na Troposfera, sujeito a menores temperaturas, e em consequência disso ocorre a condensação do vapor d'água,

ou o regresso a níveis mais baixos, em virtude de ter se tornado mais frio e, portanto, mais denso que o ar de regiões vizinhas.

Considerando o princípio mencionado, a CI geralmente se forma à tarde sem orientação aparente e pode estar, ou não, associada a algum sistema de grande escala; surge e se dissipa, geralmente, próximo ao local de formação. São células convectivas ordinárias sem deslocamento aparente ou de deslocamento muito lento, e sem região preferencial para formação, sobre o continente. Eventos de CI ocorrem preferencialmente entre 13h30 e 18h30 de acordo com o ciclo do aquecimento diurno. Estas células ocorrem em sua grande maioria no interior do continente, seu deslocamento, quando observado, é de oeste para leste na maior parte das vezes. Podem dar origem, na fase de decaimento, a áreas de precipitação estratiformes mais extensas do que as células na fase madura de desenvolvimento (FARIAS, 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O Distrito Federal possui uma área de 5.783 km² e está localizado dentro dos limites do Estado de Goiás limitado pelas latitudes de 15° 30' / 16° 03'S e pelas longitudes de 47° 18' / 48° 17'W, tendo como ponto mais elevado a Colina do Rodeador a 1.349 m, em Brazlândia localizada a 43km a Noroeste do Plano Piloto (parte central da cidade). A cidade de Brasília encontra-se numa altitude média de 1.100 m na latitude de 15°50'S e longitude 47°42'W (Figura 1) no chamado Planalto Central, cujo relevo em sua maior parte é plano predominando a vegetação de cerrado.

O clima de uma determinada região pode ser entendido como as condições atmosféricas médias que atuam sobre a região. Uma das ferramentas mais utilizadas para analisar e definir os climas de diferentes regiões basea-se nos Sistemas de Classificação Climática-SCC (ROLIM et al., 2007). De acordo com este SCC e de forma geral, a região centro-oeste do Brasil está compreendida em duas zonas climáticas: uma de clima equatorial quente e úmido (bastante chuvoso), predominante no norte do Mato Grosso – divisa com Rondônia e Pará; e a outra, que caracteriza grande parte da região, é a de clima tropical típico. Neste tipo de clima, duas estações são bem definidas: uma chuvosa (outubro a abril) e a outra seca (maio a setembro).

A temperatura média compensada anual em Brasília é de 18,3 °C em julho podendo chegar a 21,7 °C em setembro. A temperatura máxima pode chegar a 28,3 °C em setembro, com mínima em torno de 12,9 °C em julho. A umidade relativa do ar em média varia de 49 a 79% ao longo do ano, podendo atingir 20% ou menos durante o período de inverno. A Figura 2 mostra que a estação chuvosa ocorre de outubro a abril, contribuindo com 92,0% (1.540,6 mm) do total anual. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que no trimestre mais seco (junho a agosto) a precipitação representa somente 2,0% (33,5 mm) do total anual (Normal Climatológica - 1961 a 1990).

Regiões Administrativas do Distrito Federal

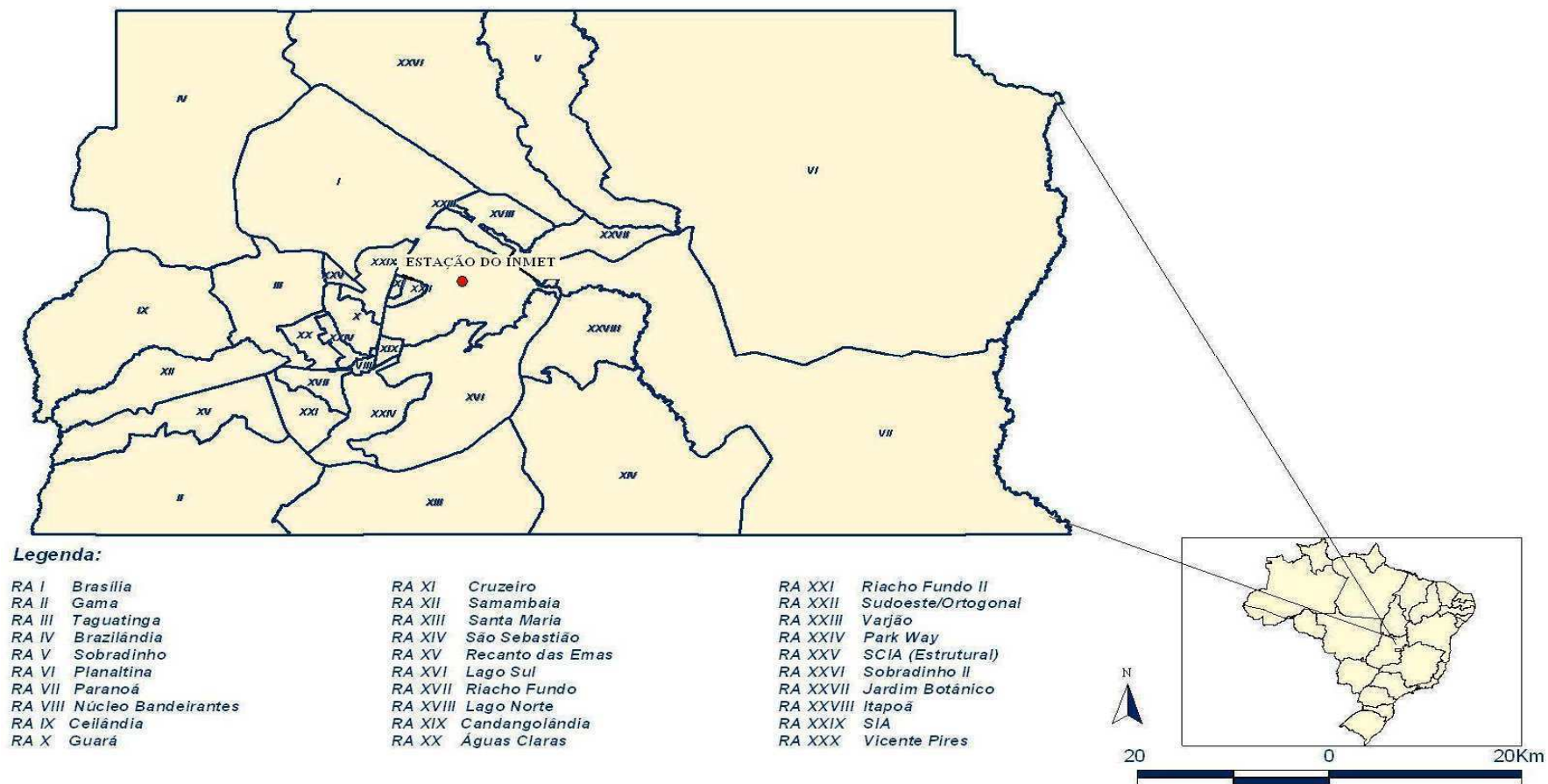


Figura 1 - Mapa do Distrito Federal e regiões Administrativas. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2012.

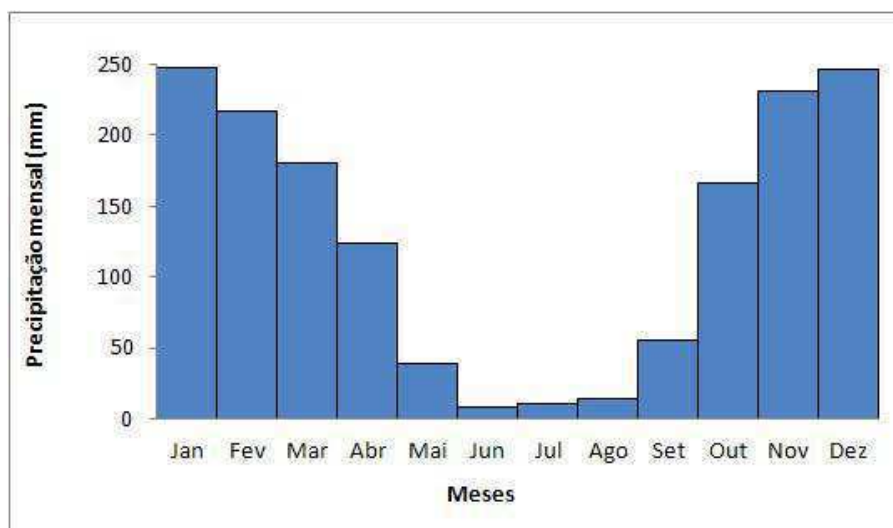


Figura 2 - Regime da precipitação mensal de Brasília, média climatológica de 1981 a 2010.

3.2. DADOS

Neste trabalho, foi utilizada a série temporal da precipitação diária da estação climatológica principal de Brasília/DF para o período de 1981 a 2010 (30 anos de dados), onde o período selecionado apresentou poucas falhas de medição, não comprometendo nos resultados obtidos neste estudo. Esses dados foram cedidos pelo INMET.

As condições meteorológicas de grande escala associadas aos eventos de chuva em Brasília foram apresentadas fazendo-se uso das reanálises do National Centers for Environmental Prediction e do National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) para o período de 1981 a 2010. Estes dados são diários e apresentam resolução espacial de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ de latitude e longitude. Os parâmetros meteorológicos analisados são: (i) Temperatura em 850 hPa, (ii) Componentes zonal e meridional do vento em 850, 500 e 250 hPa, (iii) Umidade relativa do ar em 850 e 500 hPa, (iv) Velocidade vertical em 500 hPa e (v) Radiação de onda longa (ROL).

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Apresentação dos dados diários

A série diária foi organizada para cada mês separando todos os casos de chuva ocorrido em janeiro, fevereiro, março, e assim sucessivamente até o mês de dezembro.

Os dados de 1 dia de chuva, e de 2 a 7 dias consecutivos de chuva isolados (sem chuva no dia anterior e posterior), denominados de sub-amostras, foram organizados da seguinte forma:

- a) A soma em mm de cada caso com 1 dia de chuva – sub-amostra 1
- b) A soma em mm de cada caso com 2 dias consecutivos de chuva – sub-amostra 2
- c) A soma em mm de cada caso com 3 dias consecutivos de chuva – sub-amostra 3
- d) A soma em mm de cada caso com 4 dias consecutivos de chuva – sub-amostra 4
- e) A soma em mm de cada caso com 5 dias consecutivos de chuva – sub-amostra 5
- f) A soma em mm de cada caso com 6 dias consecutivos de chuva – sub-amostra 6
- g) A soma em mm de cada caso com 7 dias consecutivos de chuva – sub-amostra 7

3.3.2. Função Log-Normal

A série diária de cada mês e as sub-amostras mencionadas acima foram agrupadas em classes teóricas e modelada a FDP Log-Normal que melhor se ajustou.

Conforme Villela e Matos (1975), e admitindo que a variável X tenha distribuição Log-Normal, ou seja, que $Y=\ln(X)$ tenha distribuição normal com média α e variância β^2 .

Tem-se, $X \rightarrow \ln(\alpha, \beta^2) \forall 0 \leq X \leq \infty$

Em que α é o parâmetro de escala ($\alpha > 0$) e β o parâmetro de forma ($\beta > 0$).

A função densidade de probabilidade (assimétrica e positiva) de X é expressa por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \alpha)^2}{2\beta^2}\right) \quad (1)$$

Em que α é a média e β^2 a variância, dados por:

$$\alpha = \exp\left(\alpha + \frac{1}{2}\beta^2\right) \quad (2)$$

$$\beta^2 = e^{2\alpha} \cdot e^{\beta^2} \cdot (e^{\beta^2} - 1) \quad (3)$$

Se X tem distribuição Log-Normal com parâmetros α e β^2 , então $\ln(x)$ tem distribuição normal com parâmetros μ , σ^2 , ou seja:

$$X \rightarrow \ln(\alpha, \beta^2) \quad \forall 0 \leq X \leq \infty \quad \Leftrightarrow \quad \ln(x) \rightarrow (\mu, \sigma^2)$$

Transformação: $Y_i = \ln(X_i)$

$$z_i = \frac{(y_i - \alpha)}{\beta} \quad (4)$$

Em que z_i é a forma padronizada da variável y_i .

Aplicando logaritmo aos dados observados tem-se:

$$z_i = \frac{(\ln(x_i) - \mu_y)}{\sigma_y} \quad (5)$$

Em que z_i é a variável reduzida, x_i o limite superior de cada classe teórica, μ_y a média e σ_y o desvio padrão.

A média foi calculada pela equação:

$$\mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{nc} f_i \cdot h_i \quad (6)$$

Em que n é o tamanho da amostra, f_i a frequência absoluta de cada classe, sendo $h_i = \ln(x_i)$, onde x_i é o limite superior da classe.

O desvio padrão foi calculado pela equação:

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_y^2} \quad (7)$$

σ_y^2 é a variância dada por:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{nc} f_i (h_i - \mu_y)^2 \quad (8)$$

Assim a função Log-Normal pode ser definida como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (10)$$

Considerando $\mu = 0$ e diferentes valores de σ pode-se verificar que esses parâmetros determinam a natureza da cauda da distribuição Log-Normal (Figura 3a) e da distribuição acumulada (Figura 3b).

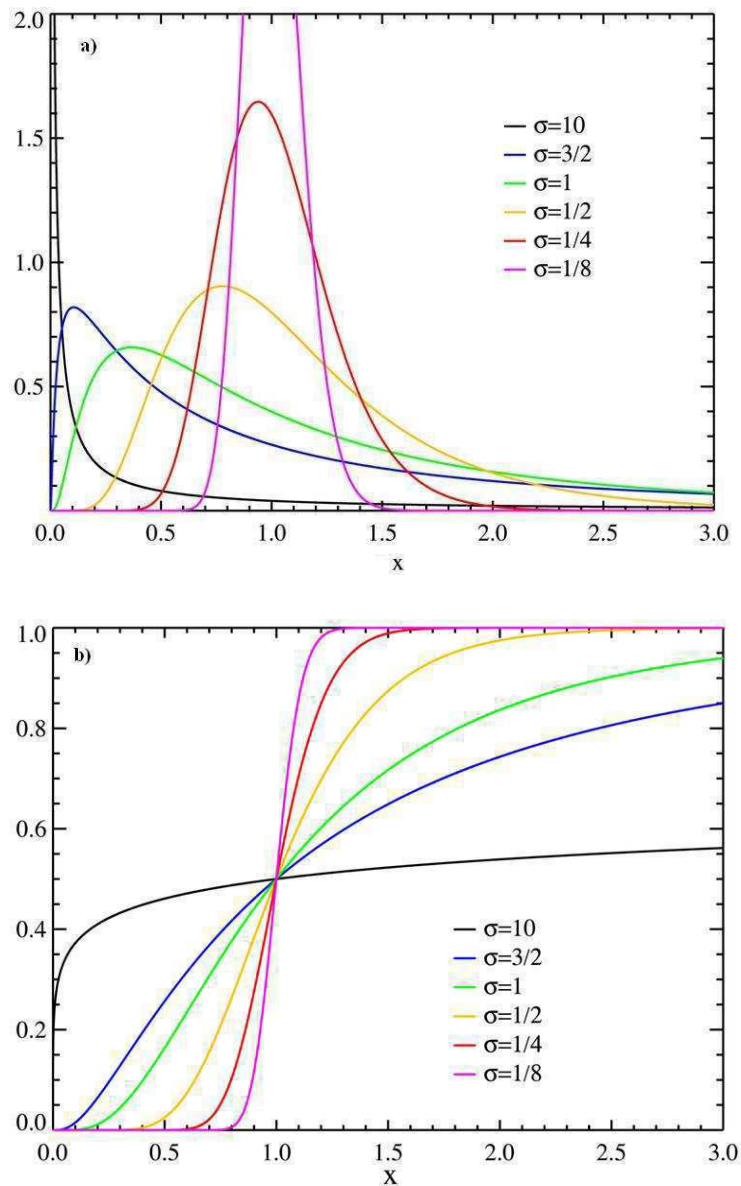


Figura 3 - a) Função Distribuição Log-Normal teórica e b) Distribuição acumulada teórica. Fonte: Arpino, 2011.

3.3.2.1. Teste Kolmogorov–Smirnov

De acordo com Assis et al. (1996), o teste Kolmogorov–Smirnov é um teste de aderência onde a estatística tem como base medir a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas. Se ao nível de significância α , o valor calculado de $D_{calculado}$ for maior ou igual ao valor crítico $D_{tabelado}$, a distribuição teórica é rejeitada. Neste caso, o nível de significância foi de 5% com base na Tabela 1.

$$D_{m\acute{a}x} = m\acute{a}x|F'(x) - F(x)| \quad (11)$$

Em que $F'(x)$ é a probabilidade teórica acumulada e $F(x)$ a probabilidade empírica.

Tabela 1 - Valores críticos para a estatística do teste de Komolgorov-Smirnov. (Fonte: Pinto et. al. (1976)).

| N | α | | | |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
| 5 | 0,45 | 0,51 | 0,56 | 0,67 |
| 10 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,49 |
| 15 | 0,27 | 0,30 | 0,34 | 0,40 |
| 20 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,36 |
| 25 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 |
| 30 | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,29 |
| 35 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,27 |
| 40 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 |
| 50 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |
| $N > 50$ | $\frac{1,07}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,22}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,36}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,63}{\sqrt{N}}$ |

3.3.3. Contribuição e ocorrência da precipitação em cada sub-amostras

A contribuição percentual e as ocorrências da precipitação foram obtidas pelas seguintes equações:

$$\text{Contribuição} = \frac{\text{Total (mm)}_{\text{mês}}}{\text{Total (mm)}_{\text{sub-amostra}}} \times 100 \quad (12)$$

Em que o $\text{Total (mm)}_{\text{mês}}$ se refere a precipitação observada no referido mês (janeiro, fevereiro, ..., dezembro) e $\text{Total (mm)}_{\text{sub-amostra}}$ é a soma de todas as chuvas da referida sub-amostra (1 dia, 2 dias, ..., 7 dias de chuva).

$$\text{Ocorrências} = \frac{\text{Total de ocorrências}_{\text{mês}}}{\text{Total de ocorrências}_{\text{sub-amostra}}} \times 100 \quad (13)$$

Em que o $\text{Total de ocorrências}_{\text{mês}}$ se refere ao total de casos observado no referido mês (janeiro, fevereiro, ..., dezembro) e $\text{Total de ocorrências}_{\text{sub-amostra}}$ é a soma de todos os casos da referida sub-amostra (1 dia, 2 dias, ..., 7 dias de chuva).

3.3.4. Características atmosféricas associadas às chuvas diárias.

Utilizou-se a técnica dos compostos para verificar o comportamento médio da atmosfera associados às sub-amostras de chuva de 1 a 7 dias em Brasília, levando-se em consideração a sazonalidade para cada caso estudado. Essa técnica identifica os padrões médios e as principais características que estão associadas a um determinado fenômeno atmosférico (LIMA et al., 2010). As sub-amostras de chuva foram separados para os trimestres de: Jan-Fev-Mar (verão), Abr-Maio-Jun, (outono), Jul-Ago-Set (inverno) e Out-Nov-Dez (primavera). Inicialmente foi calculado a média parcial de cada sub-amostra ($n = 1, 2, \dots, 7$) sendo agrupados em um único evento da seguinte maneira:

$$\phi_{P_n} = \left(\sum_{i=1}^n \phi \right) \frac{1}{n} \quad (14)$$

Em que ϕ_{P_n} é a média dos dias consecutivos de chuva, n o número dia de chuva ($n = 1, 2, 3, \dots, 7$) e ϕ a variável generalizada.

Partindo do resultado obtido anteriormente foram calculados os campos compostos de acordo com a equação:

$$\phi_c = \left(\sum_{i=1}^k \phi_{P_n} \right) \frac{1}{k} \quad (15)$$

Em que ϕ_c é o composto de uma variável generalizada, k é o número de casos identificados para cada evento de chuva e ϕ_{P_n} é a média parcial dos dias consecutivos de chuva da variável em análise.

Os campos compostos foram determinados para os seguintes parâmetros: vento em 850, 500 e 250 hPa, magnitude do vento em 250 hPa, anomalia de temperatura em 850 hPa, umidade relativa média na camada entre 850 e 500 hPa, divergência do vento em 250 hPa, ROL, velocidade vertical em 500 hPa, divergência do fluxo de umidade específica em 850 hPa, índice K e Total Totals (TT).

A Anomalia de temperatura em 850 hPa foi determinada pela diferença entre o composto da temperatura (T_c) e a temperatura média climatológica (\bar{T}).

A umidade relativa média na camada entre 850 e 500 hPa foi calculado pela equação:

$$\overline{UR}_{850/500} = \left(\frac{UR_{850} + UR_{500}}{2} \right) \quad (16)$$

Em que UR_{850} e UR_{500} representam a umidade relativa nos níveis de 850 e 500 hPa, respectivamente.

A Divergência do vento ($\nabla \cdot \vec{V}$) em 250 hPa foi calculada pela equação:

$$\nabla \cdot \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (17)$$

Em que os termos $\frac{\partial u}{\partial x}$ e $\frac{\partial v}{\partial y}$ representam divergência horizontal do vento.

O Índice K é determinado pela seguinte forma:

$$K = (T_{850} + T_{d_{850}}) - (T_{700} - T_{d_{700}}) - T_{500} \quad (18)$$

Em que T_{850} , T_{700} e T_{500} representam a temperatura da atmosfera nos níveis de 850, 700 e 500 hPa, respectivamente. Enquanto que $T_{d_{850}}$ e $T_{d_{700}}$ representam as temperaturas do ponto de orvalho (T_d) em 850 e 700 hPa, respectivamente. Este índice indica o potencial para tempestades baseando-se na taxa vertical de variação da temperatura, no conteúdo de umidade na baixa troposfera e na extensão da camada úmida.

O Índice TT dado pela soma de dois índices de estabilidade (MILLER, 1972): o Vertical Totals, dado pelo lapse rate entre os níveis de 850 e 500 hPa, e Cross Totals, dado pela diferença do nível de umidade em 850 hPa e a temperatura em 500 hPa. Assim, temos que:

$$TT = (T_{850} + T_{d_{850}}) - 2T_{500} \quad (19)$$

A divergência do fluxo de umidade específica foi calculada pela equação:

$$\nabla \cdot \vec{V}q = \frac{q\partial u}{\partial x} + \frac{q\partial v}{\partial y} \quad (20)$$

Em que $\frac{q\partial u}{\partial x}$ e $\frac{q\partial v}{\partial y}$ representam a divergência horizontal do fluxo de umidade específica.

3.3.5. Diagrama *Box-Plot*

Consiste em um retângulo definido pelo primeiro (Q_1) e pelo terceiro quartil (Q_3), contendo a mediana em seu interior também conhecida como 2º quartil (Q_2). A mediana é uma medida de localização do centro da distribuição de n elementos, definida do seguinte modo: ordenados os elementos da amostra, a mediana é o valor, que a divide ao meio, isto é, 50% dos elementos da amostra são menores ou iguais à mediana e os outros 50% são maiores ou iguais à mediana (RAIMUNDO, 2008).

Para cálculo do 1º quartil (Q_1), 2º quartil (Q_2) ou mediana e 3º quartil (Q_3) os dados foram dispostos em ordem crescente, evidenciando o número de ordem i de cada elemento y_i da série assim ordenada. Para cada elemento y_i a ordem quantílica p_i é dado por:

$$P_i = i/(N + 1) \quad (21)$$

Finalmente, para o cálculo do quantil $Q(p)$ foi utilizada a seguinte equação:

$$Q(p) = y_i + \left\{ \frac{[p-p_i]}{[p_{i+1}-p_i]} \right\} \cdot [y_{i+1} - y_i] \quad (22)$$

Os quartis, Q_1 , Q_2 e Q_3 dividem o conjunto de dados de modo que 25% dos dados encontram-se abaixo de Q_1 ; 25% entre Q_1 e Q_2 ; 25% entre Q_2 e Q_3 e 25% acima de Q_3 . De acordo com Triola (2005), um *outlier* ou um valor discrepante é um valor que se localiza muito distante de quase todos os outros valores, ou seja, é um valor extremo superior ao limite superior (L_s) ou inferior ao limite inferior (L_i).

A distância a partir da qual considera-se um valor como discrepante é aquela que supera $1,5 \cdot AIQ$. De maneira geral, são considerados *outliers* todos os valores inferiores

($L_i = Q_1 - 1,5 \cdot AIQ$) ou os superiores a ($L_s = Q_3 + 1,5 \cdot AIQ$), onde AIQ é conhecido como amplitude interquartil dado pela diferença $Q_3 - Q_1$, tal como ilustrado na Figura 4.

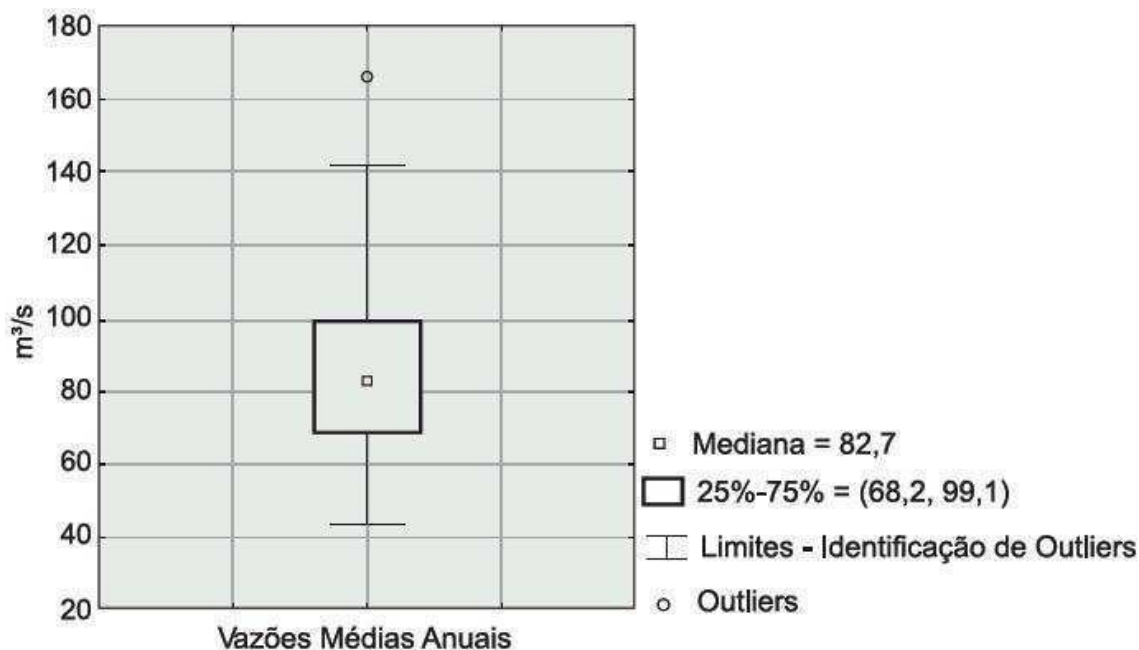


Figura 4 - Ilustração esquemática do diagrama Box-Plot para as vazões médias anuais do Rio Paraopeba em Ponte Nova do Paraopeba – Período 1938-1999. Fonte: CPRM, 2007.

3.3.6. Relação entre a variável reduzida de Gumbel e a magnitude de um evento máximo

Separadas as máximas precipitações ocorridas em cada ano das sub-amostras mencionadas anteriormente, foi obtida a magnitude da precipitação máxima para os períodos de retorno de 10, 30, 50 e 100 anos através da relação entre a variável reduzida de Gumbel e a magnitude de um evento máximo (CHOW, 1964), expressa pela fórmula a seguir:

$$y_{T_r} = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \quad (23)$$

Em que y_{T_r} é a variável reduzida de Gumbel e T_r o período de retorno.

Encontrado y_{Tr} , a magnitude da precipitação máxima a ser igualada ou superada foi obtida pela seguinte equação:

$$y_{Tr} = \frac{x_i - \bar{x} + 0,45 \cdot \sigma}{0,7797 \cdot \sigma} \quad (24)$$

Em que x_i é a precipitação máxima, \bar{x} a média da amostra e σ o desvio padrão.

A média da amostra \bar{x} foi calculada pela equação:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{nc} x_i \quad (25)$$

E o desvio padrão da amostra (σ) obtida por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{nc} (x_i - \bar{x})^2} \quad (26)$$

Em que N é o tamanho da amostra

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO DO DF

A Tabela 2 mostra os valores obtidos do teste de Kolmogorov-Smirnov utilizados para averiguar a adequação da série diária da precipitação a FDP Log-Normal, conforme proposto por Villela e Matos (1975). Pode-se notar que em todos os casos o $D_{calculado}$ foi menor que o $D_{tabelado}$ para um nível de significância de 5%.

Tabela 2 - Valores de $D_{calculado}$ e $D_{tabelado}$

| Precipitação | $D_{calculado}$ | $D_{tabelado}$ |
|----------------------|-----------------|----------------|
| Jan | 0,0568 | 0,0608 |
| Fev | 0,0468 | 0,0664 |
| Mar | 0,0558 | 0,0654 |
| Abr | 0,0687 | 0,0883 |
| Mai | 0,1067 | 0,1426 |
| Jun | 0,1135 | 0,3120 |
| Jul | 0,1245 | 0,3400 |
| Ago | 0,0801 | 0,1687 |
| Set | 0,0911 | 0,1188 |
| Out | 0,0699 | 0,0758 |
| Nov | 0,0593 | 0,0609 |
| Dez | 0,0478 | 0,0582 |
| 01 dia de chuva | 0,0618 | 0,0733 |
| 02 dias consecutivos | 0,0416 | 0,0842 |
| 3 dias consecutivos | 0,0477 | 0,1114 |
| 4 dias consecutivos | 0,0436 | 0,1334 |
| 5 dias consecutivos | 0,0409 | 0,1603 |
| 6 dias consecutivos | 0,0564 | 0,1963 |
| 7 dias consecutivos | 0,0768 | 0,2404 |

De acordo com a Figura 5, pode-se verificar que em cada mês do ano, a distribuição da precipitação diária mostrou uma configuração similar, onde a primeira classe teórica, com seus intervalos de magnitude respectivos, apresentou maior probabilidade de ocorrência em relação às demais. Na estação chuvosa (outubro a abril) a maior probabilidade de ocorrência observada foi 61,8% (1,0 a 12,5mm) no mês de

janeiro, e a menor de 51,6% (1,0 a 12,0mm) em março. Já nos meses de estiagem (maio a setembro) a maior probabilidade de ocorrência da primeira classe foi de 62,5% (1,0 a 12,0mm) em julho e a menor de 41,3% (1,0 a 4,5mm) em junho. As probabilidades acumuladas teórica e empírica da precipitação diária em Brasília estão apresentadas na Figura 6. As magnitudes das chuvas diárias em Brasília referente às três primeiras classes teóricas (Tabela 3) mostraram uma probabilidade de ocorrência oscilando entre 97,1% (janeiro) e 82,2% (junho).

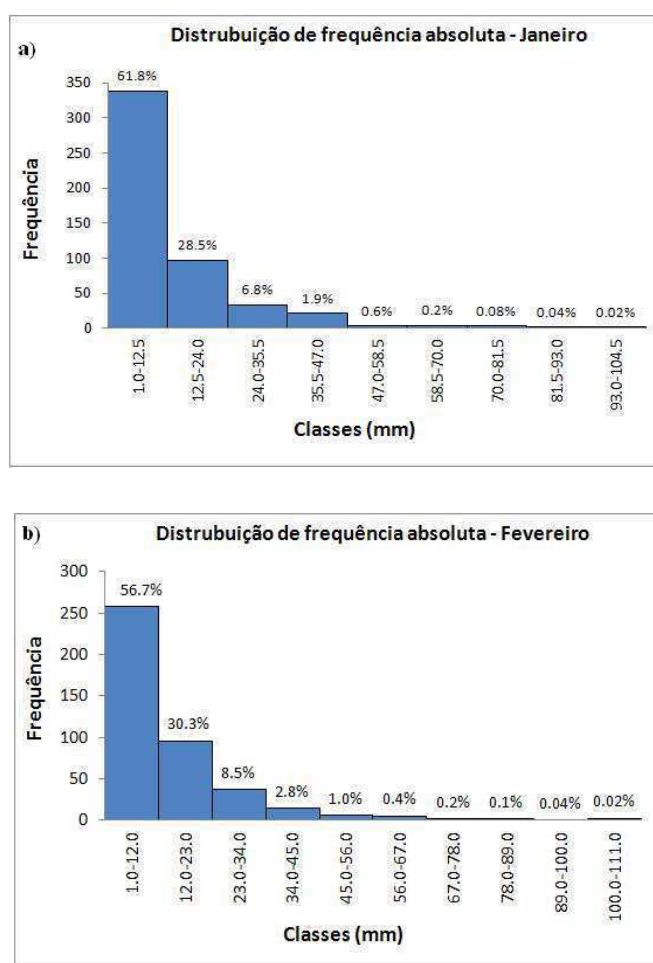


Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. a) Janeiro e b) Fevereiro.

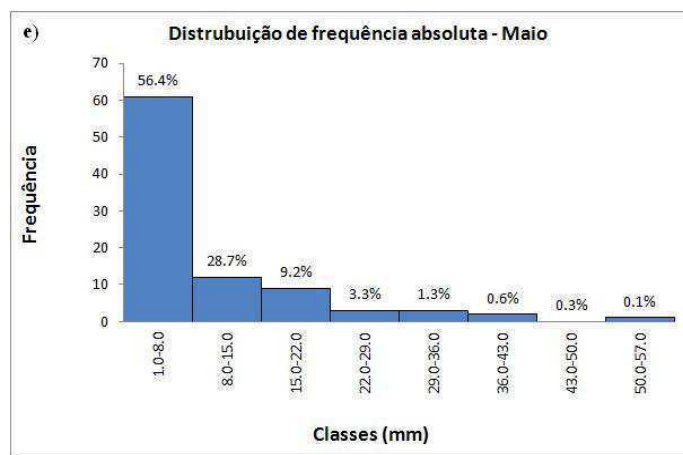
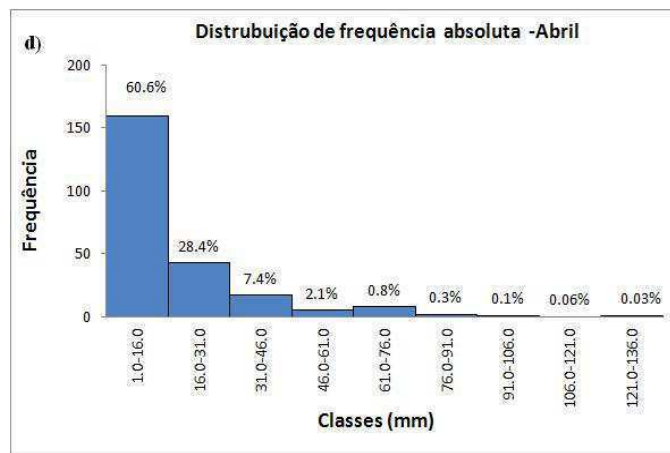
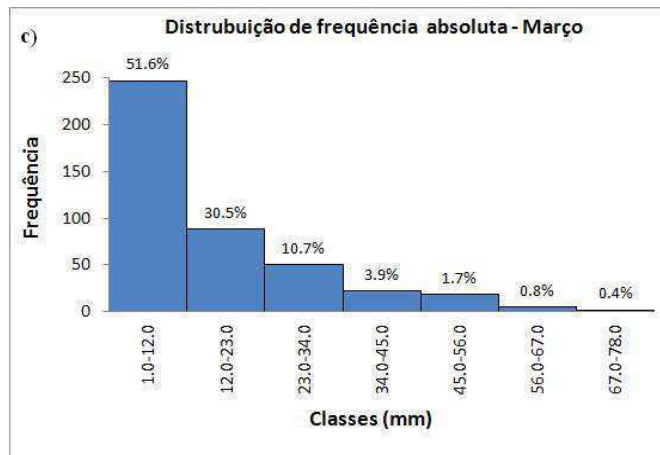


Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. c) Março, d) Abril e e) Maio.

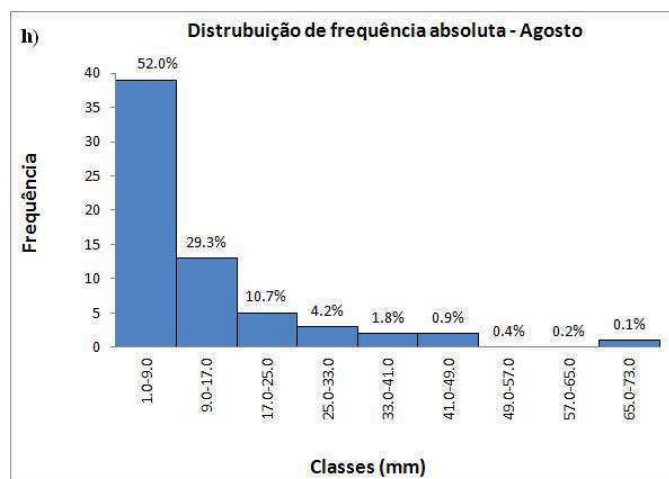
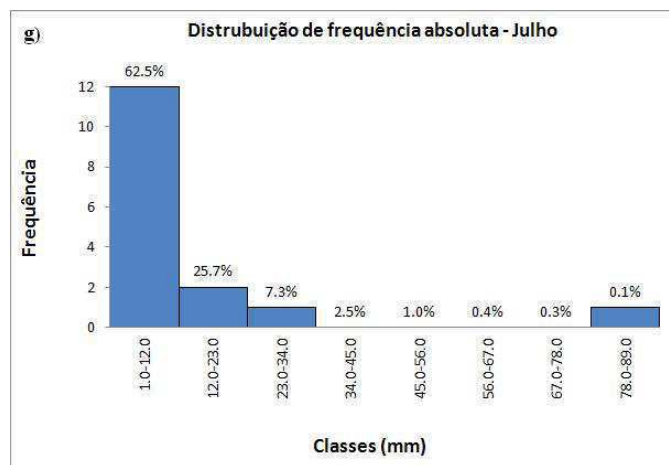
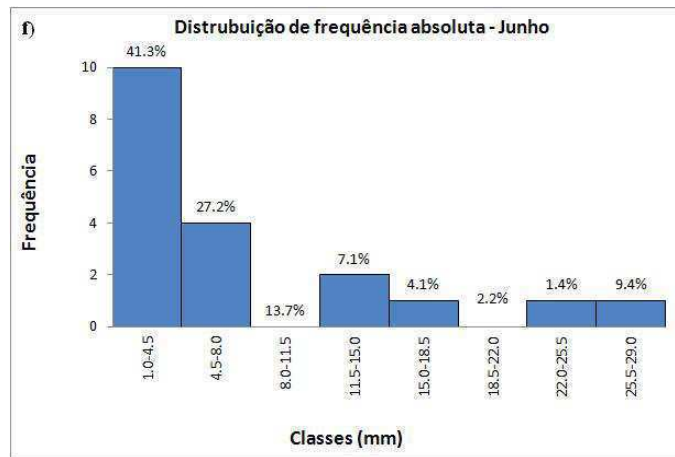


Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. f) Junho, g) Julho e h) Agosto.

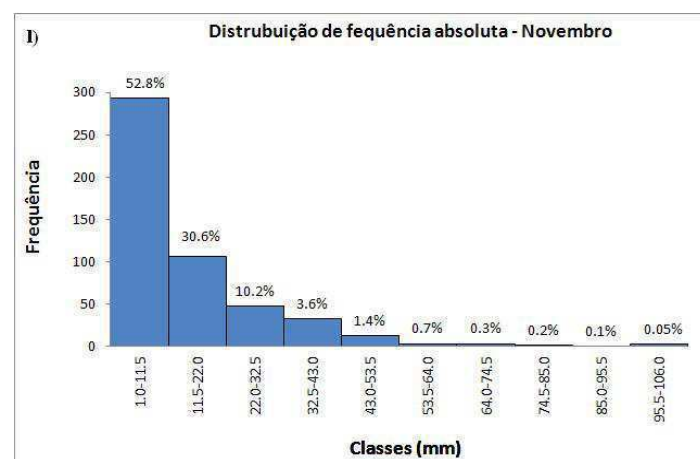
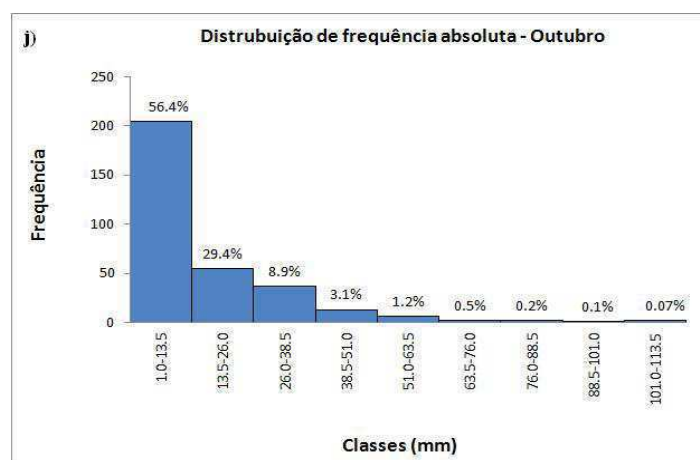
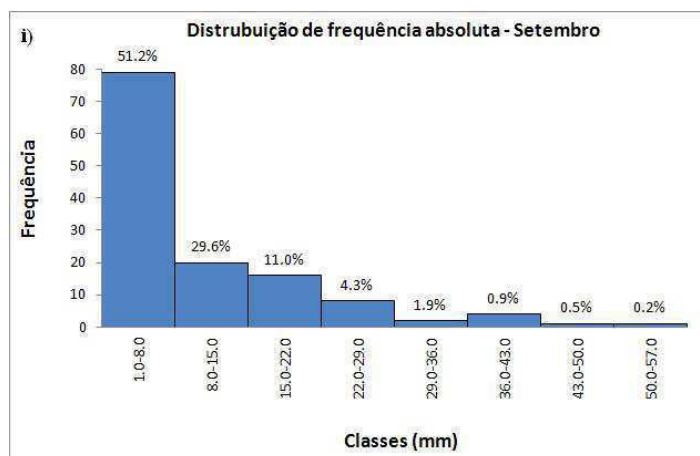


Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. i) Setembro, j) Outubro e l) Novembro.

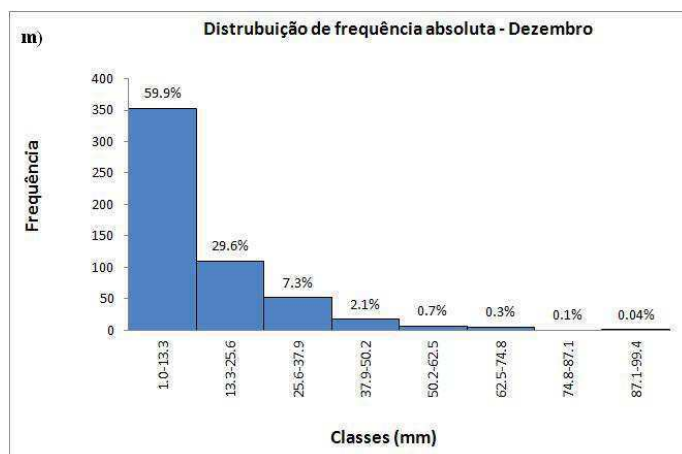


Figura 5 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária. m) Dezembro.

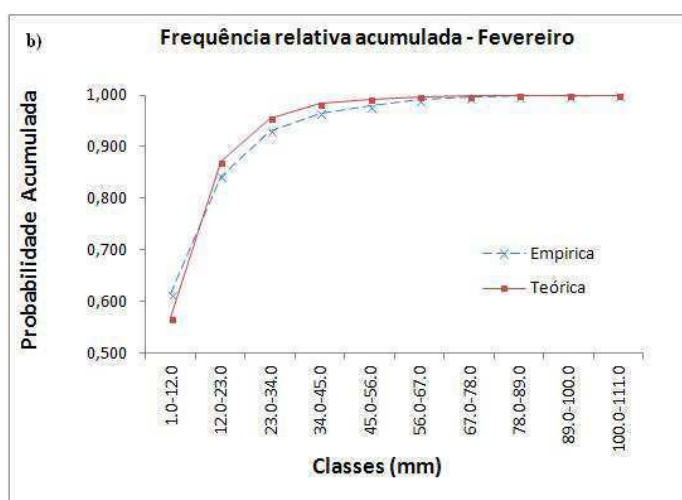
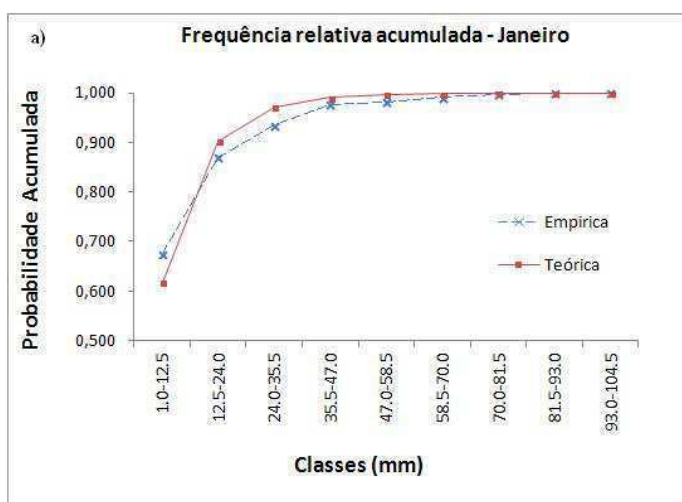


Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: a) Janeiro e b) Fevereiro.

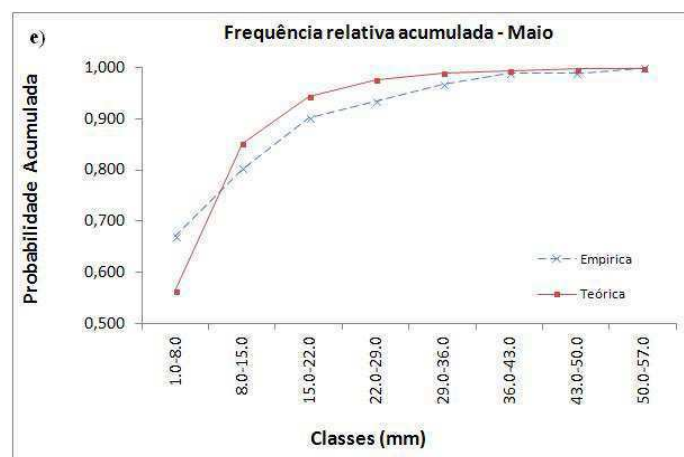
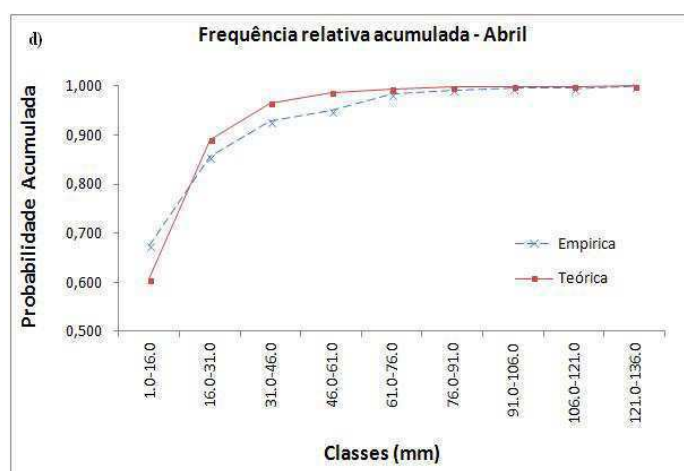
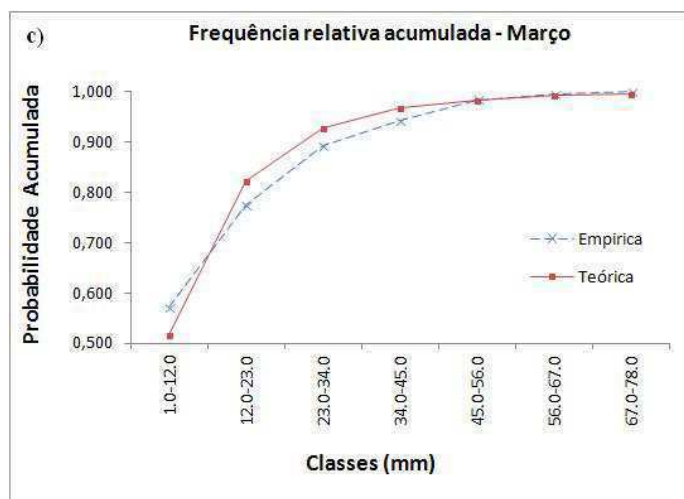


Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: c) Março, d) Abril e e) Maio.

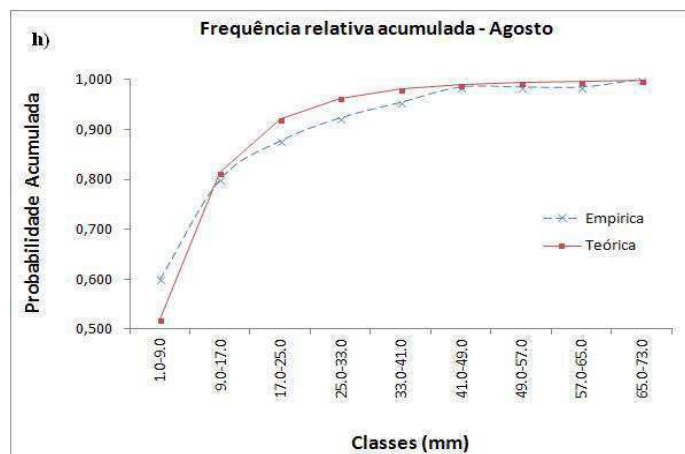
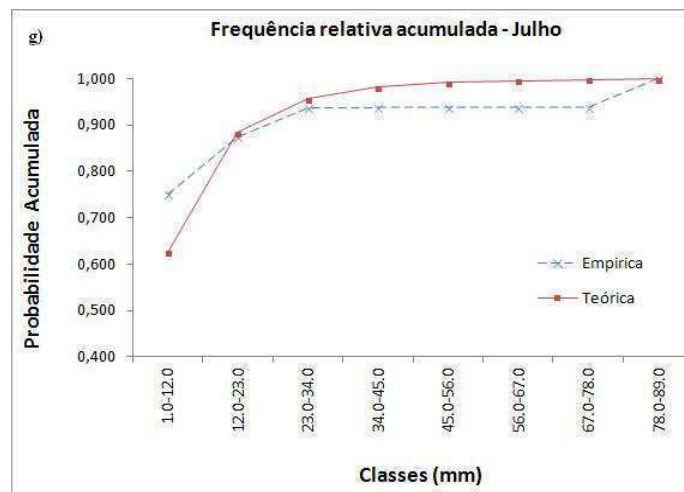
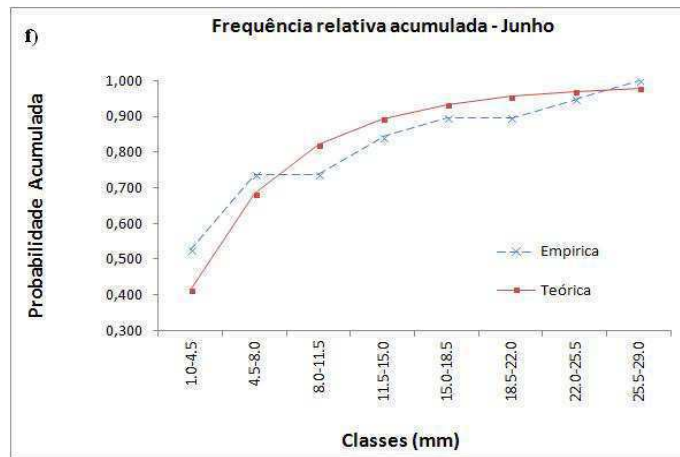


Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: f) Junho, g) Julho e h) Agosto.

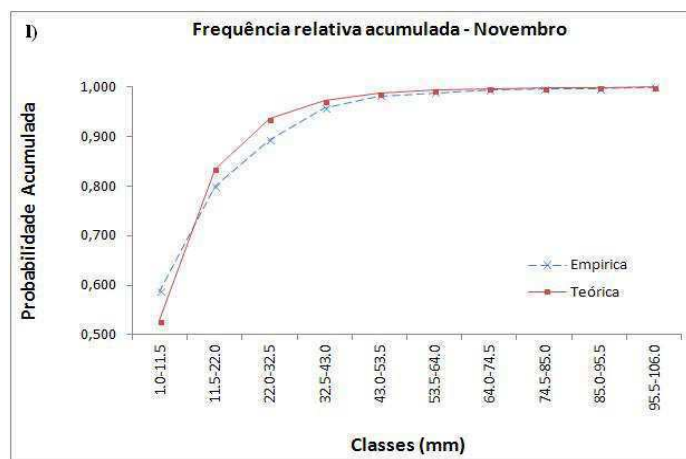
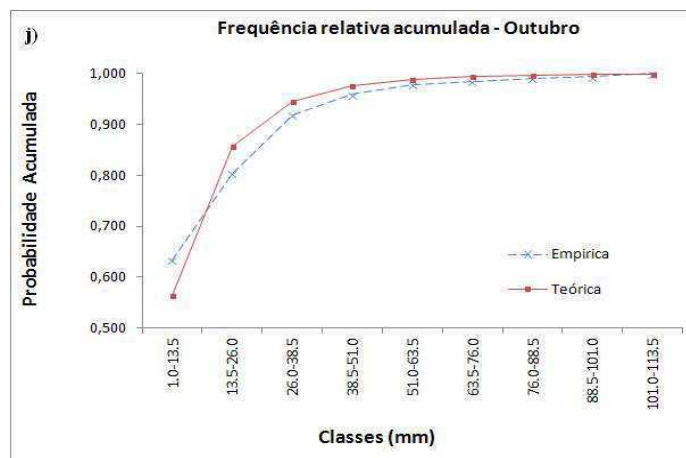
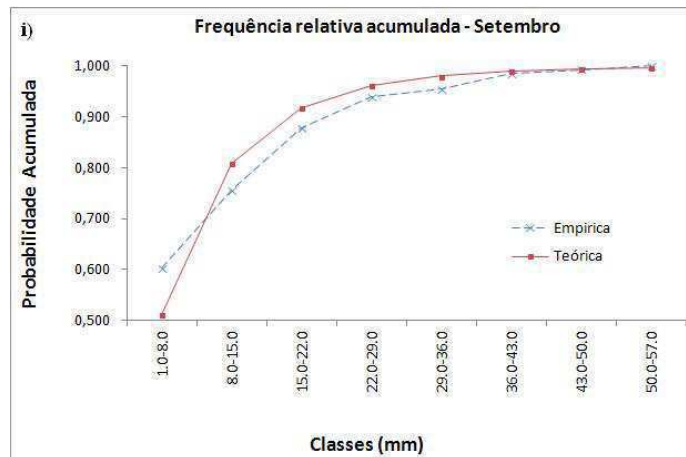


Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: i) Setembro, j) Outubro e l) Novembro.

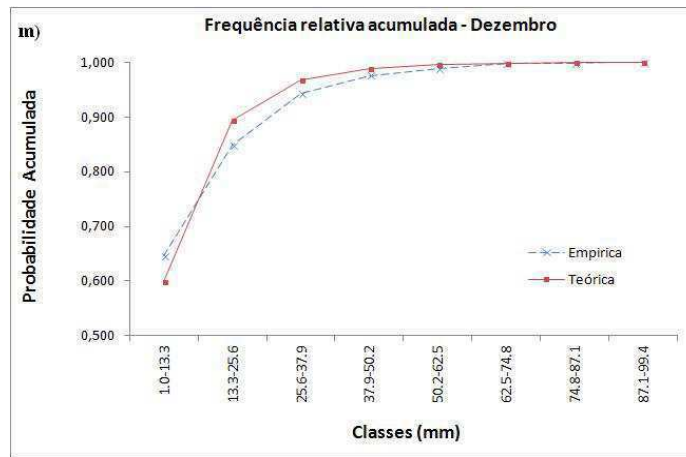


Figura 6 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica da precipitação diária: m) Dezembro.

Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência das três principais classes da precipitação diária em cada mês.

| Mês | Classe (mm) | Probabilidade (%) | Total (%) |
|-----|---------------|-------------------|-----------|
| Jan | [1,0 - 12,5[| 61,8 | 97,1 |
| | [12,5 - 24,0[| 28,5 | |
| | [24,0 - 35,5[| 6,8 | |
| Fev | [1,0 - 12,0[| 56,7 | 95,5 |
| | [12,0 - 23,0[| 30,3 | |
| | [23,0 - 34,0[| 8,5 | |
| Mar | [1,0 - 12,0[| 51,6 | 92,8 |
| | [12,0 - 23,0[| 30,5 | |
| | [23,0 - 34,0[| 10,7 | |
| Abr | [1,0 - 16,0[| 60,6 | 96,4 |
| | [16,0 - 31,0[| 28,4 | |
| | [31,0 - 46,0[| 7,4 | |
| Mai | [1,0 - 8,0[| 56,4 | 94,3 |
| | [8,0 - 15,0[| 28,7 | |
| | [15,0 - 22,0[| 9,2 | |
| Jun | [1,0 - 4,5[| 41,3 | 82,2 |
| | [4,5 - 8,0[| 27,2 | |
| | [8,0 - 11,5[| 13,7 | |
| Jul | [1,0 - 12,0[| 62,2 | 95,2 |
| | [12,0 - 23,0[| 25,7 | |
| | [23,0 - 34,0[| 7,3 | |
| Ago | [1,0 - 9,0[| 52,0 | 92,0 |
| | [9,0 - 17,0[| 29,3 | |
| | [17,0 - 25,0[| 10,7 | |
| Set | [1,0 - 8,0[| 51,2 | 91,8 |
| | [8,0 - 15,0[| 29,6 | |
| | [15,0 - 22,0[| 11,0 | |
| Out | [1,0 - 13,5[| 56,4 | 94,7 |
| | [13,5 - 26,0[| 29,4 | |
| | [26,0 - 38,5[| 8,9 | |
| Nov | [1,0 - 11,5[| 52,8 | 93,6 |
| | [11,5 - 22,0[| 30,6 | |
| | [22,0 - 32,5[| 10,2 | |
| Dez | [1,0 - 13,3[| 59,9 | 96,8 |
| | [13,3 - 25,6[| 29,6 | |
| | [25,6 - 37,9[| 7,3 | |

A Figura 7 mostrou que a distribuição de frequência das sub-amostras de 1 dia de chuva e de 2 a 4 dias consecutivos de chuva foram similares. A primeira classe apresentou a maior probabilidade de ocorrência nos casos de 1 dia de chuva (50,8%), 2 e 4 dias consecutivos com 31,9% e 39,7%, respectivamente. Já a distribuição de frequência de 5 a 7 dias consecutivos de chuva se apresentaram de forma diferente em relação às demais sub-amostras. A maior probabilidade de ocorrência para 5 e 6 dias consecutivo de chuva ocorreu na segunda classe sendo 31,6% e 29,8%. Para 7 dias de chuva a probabilidade de ocorrência foi 24,4% na terceira classe. As probabilidades acumuladas teórica e empírica da precipitação da sub-amostras estão apresentadas na Figura 8. A probabilidade de ocorrência das três primeiras classes teóricas (Tabela 4) referentes às sub-amostras oscilaram entre 92,4% (1 dia de chuva) e 63,7% (7 dias consecutivo).

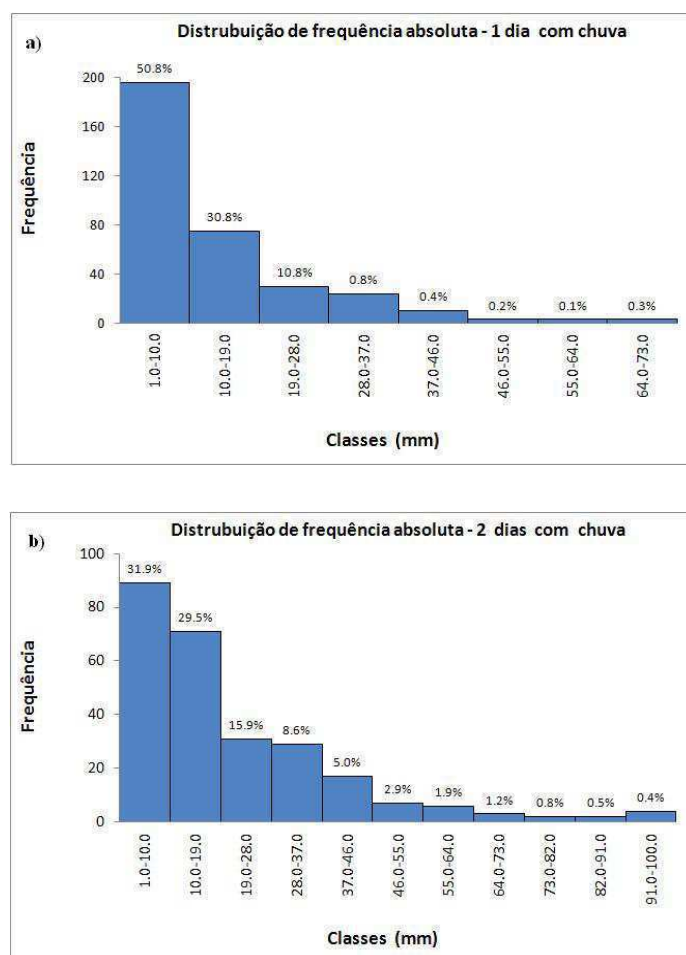


Figura 7 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária referente às sub-amostras de chuva: a) 1 dia de chuva e b) 2 dias de chuva.

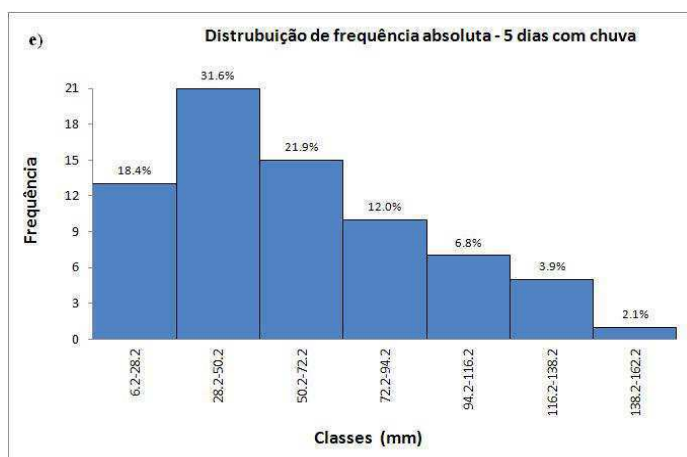
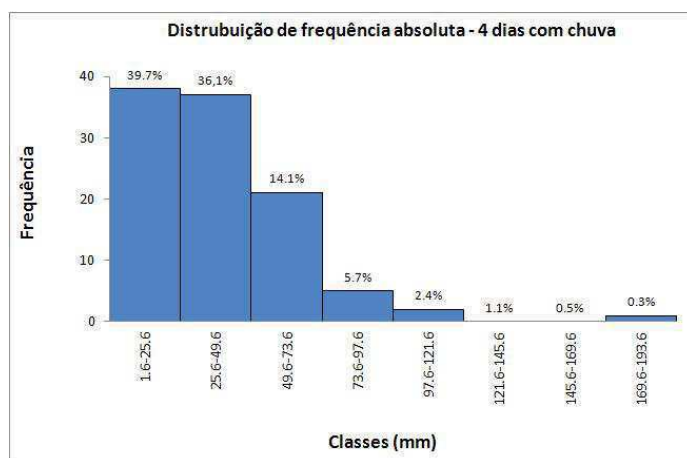
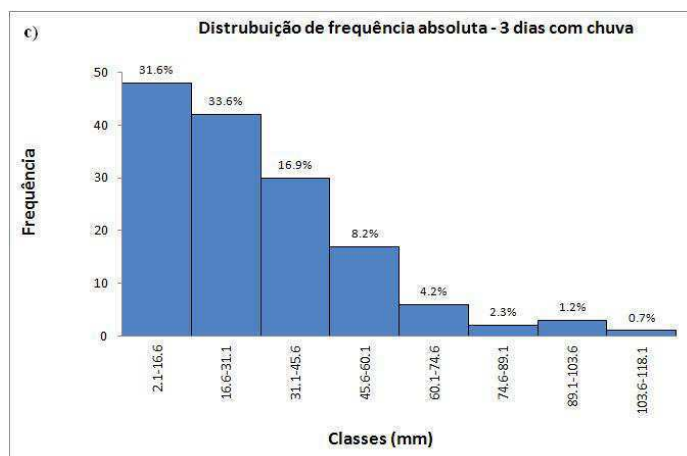


Figura 7 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária referente às sub-amostras de chuva: c) 3 dias de chuva, d) 4 dias de chuva e e) 5 dias de chuva.

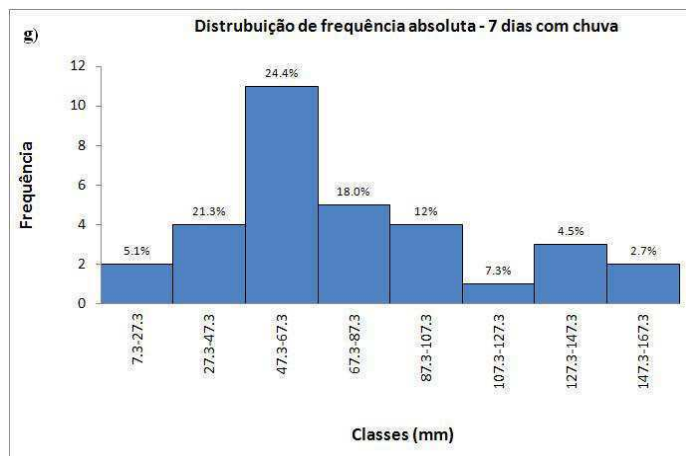
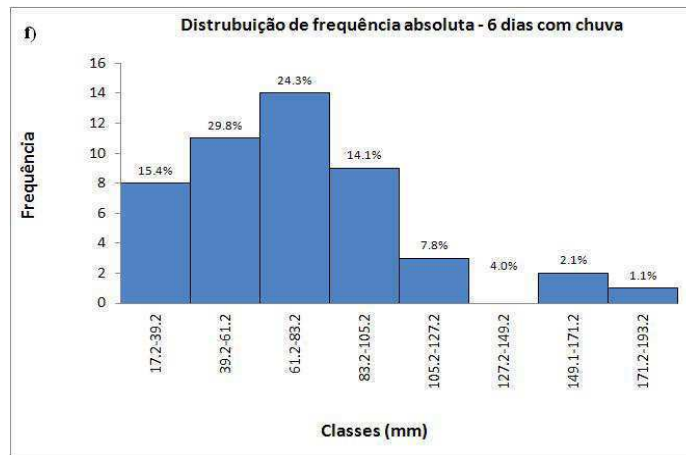


Figura 7 - Histogramas da distribuição de frequência da precipitação diária referente às sub-amostras de chuva: f) 6 dias de chuva e g) 7 dias de chuva.

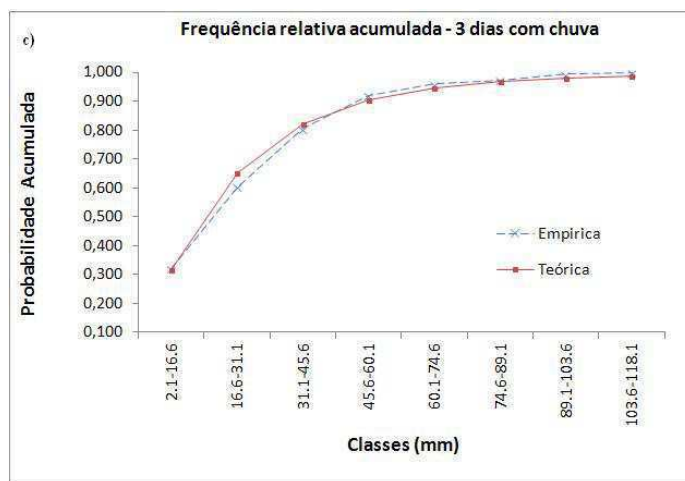
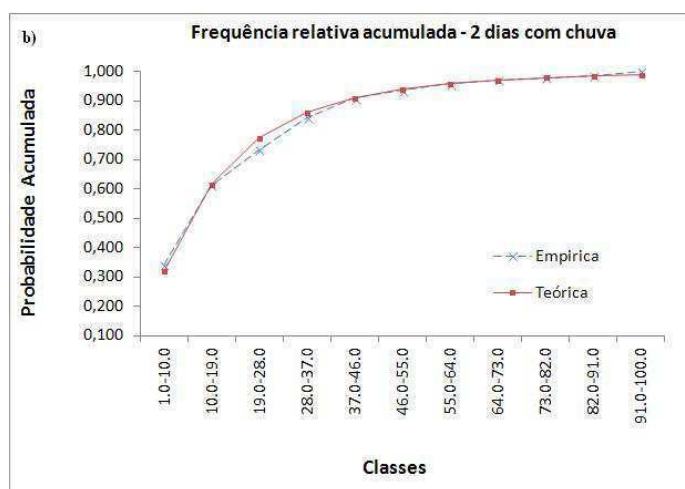
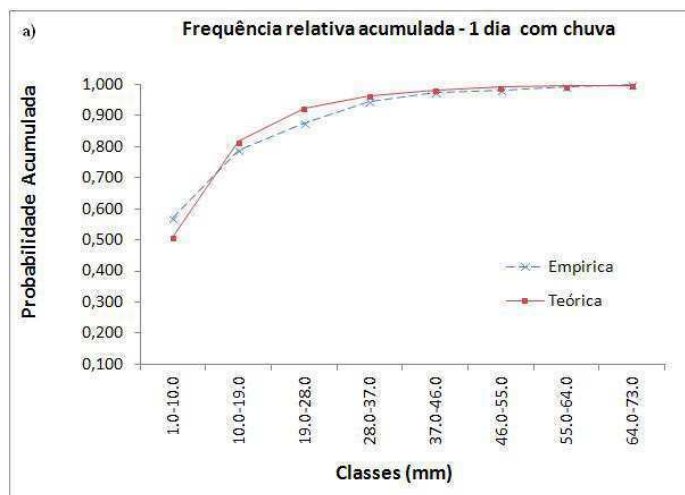


Figura 8 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica das sub-amostras: a) 1 dia de chuva, b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva.

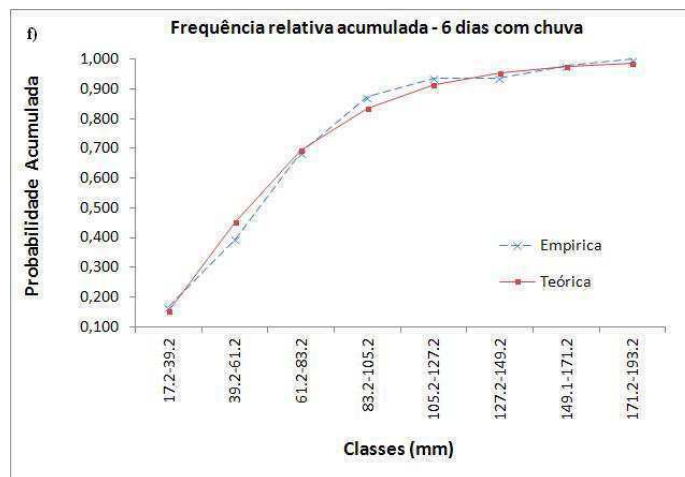
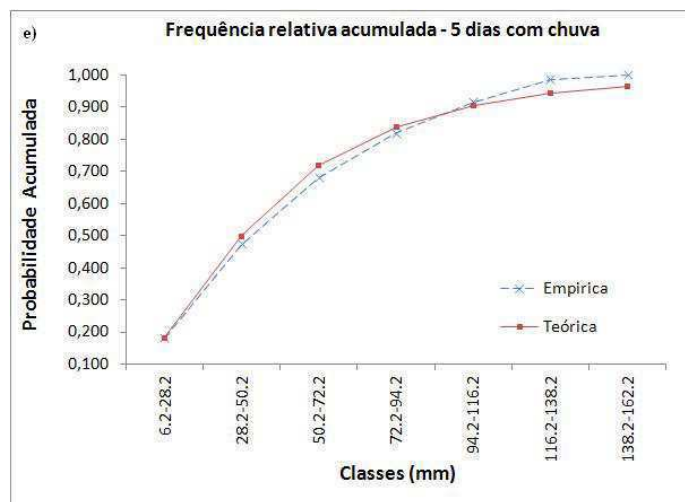
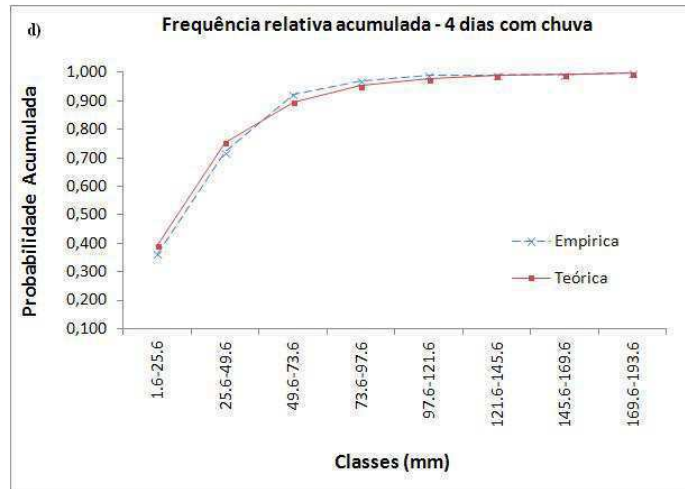


Figura 8 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica das sub-amostras: d) 4 dias de chuva, e) 5 dias de chuva e f) 6 dias de chuva.

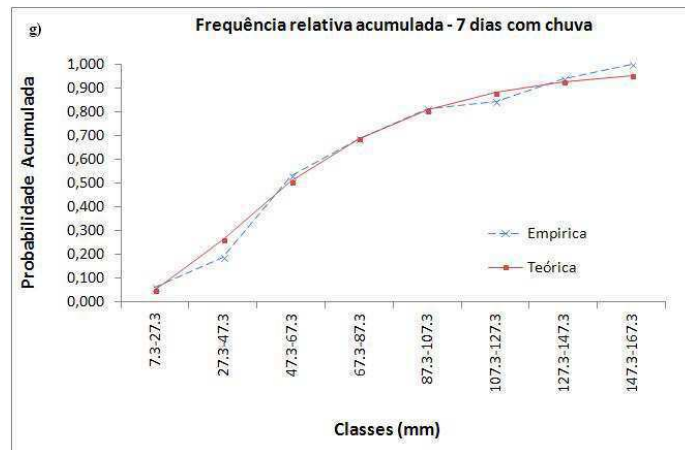


Figura 8 - Probabilidade acumulada teórica obtida pela função Log-Normal e empírica das sub-amostras: g) 7 dias de chuva.

Tabela 4 – Probabilidade de ocorrência das três principais classes da precipitação diária em cada sub-amostra.

| Sub-amostras | Classe (mm) | Probabilidade (%) | Total (%) |
|--------------|---------------|-------------------|-----------|
| 1 dia | [1,0 - 10,0[| 50,8 | 92,4 |
| | [10,0 - 19,0[| 30,8 | |
| | [19,0 - 28,0[| 10,8 | |
| 2 dias | [1,0 - 10,0[| 31,9 | 77,3 |
| | [10,0 - 19,0[| 29,5 | |
| | [19,0 - 28,0[| 15,9 | |
| 3 dias | [2,1 - 16,6[| 31,6 | 82,1 |
| | [16,6 - 31,1[| 33,6 | |
| | [31,1 - 45,6[| 16,9 | |
| 4 dias | [1,6 - 25,6[| 40,1 | 88,8 |
| | [25,6 - 49,6[| 34,6 | |
| | [49,6 - 73,6[| 14,1 | |
| 5 dias | [6,2 - 28,2[| 18,4 | 71,9 |
| | [28,2 - 50,2[| 31,6 | |
| | [50,2 - 77,2[| 21,9 | |
| 6 dias | [17,2 - 39,2[| 15,4 | 69,5 |
| | [39,2 - 61,2[| 29,8 | |
| | [61,2 - 83,2[| 24,3 | |
| 7 dias | [27,3 - 47,3[| 21,3 | 63,7 |
| | [47,3 - 67,3[| 24,4 | |
| | [67,3 - 87,3[| 18,0 | |

Na Figura 9 pode-se verificar a variação temporal de chuva para cada sub-amostra analisada com suas respectivas médias.

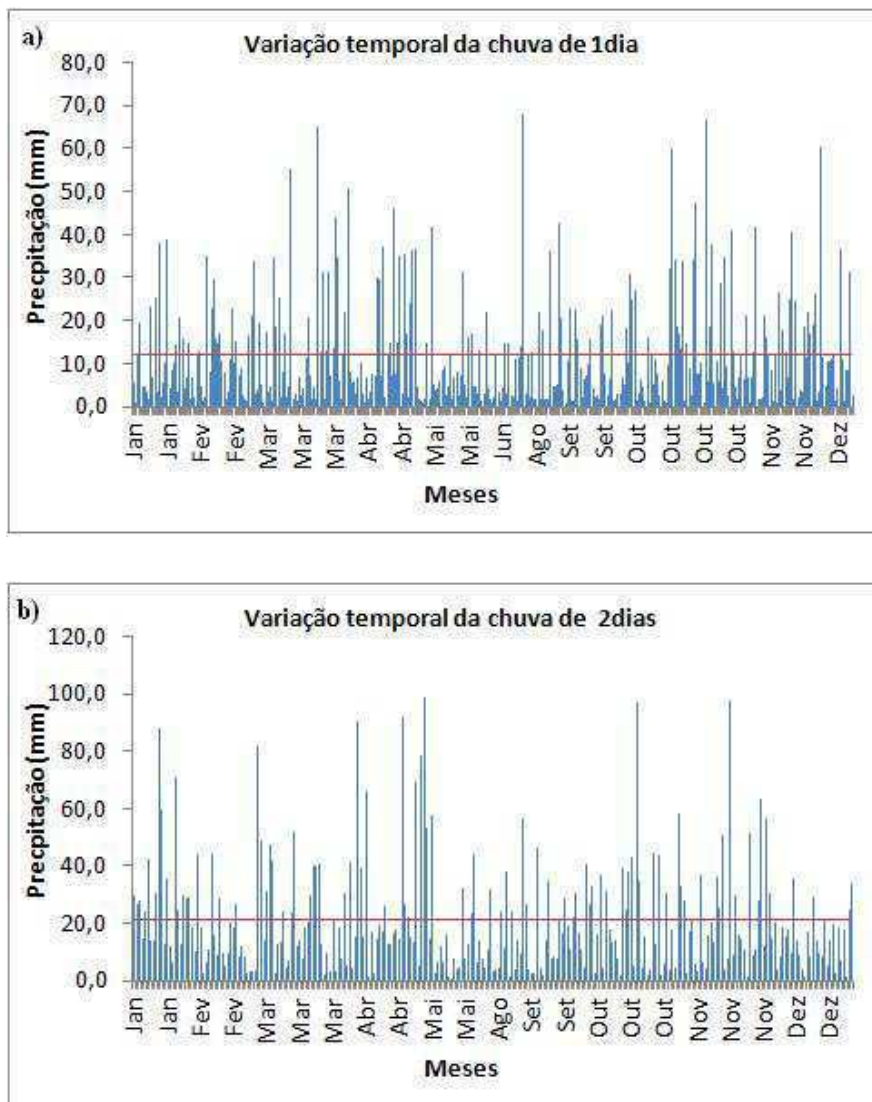


Figura 9 - Variação temporal da chuva diária em Brasília: a) 1 dia de chuva e b) 2 dias de chuva.

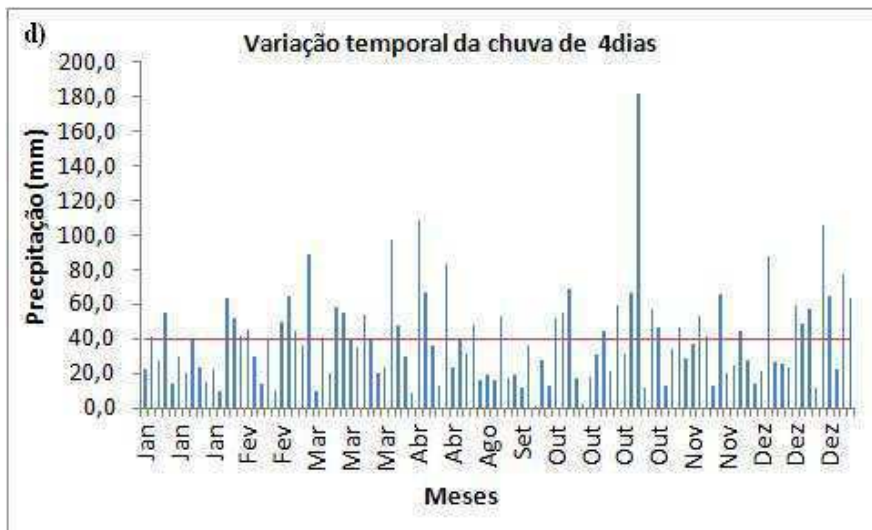
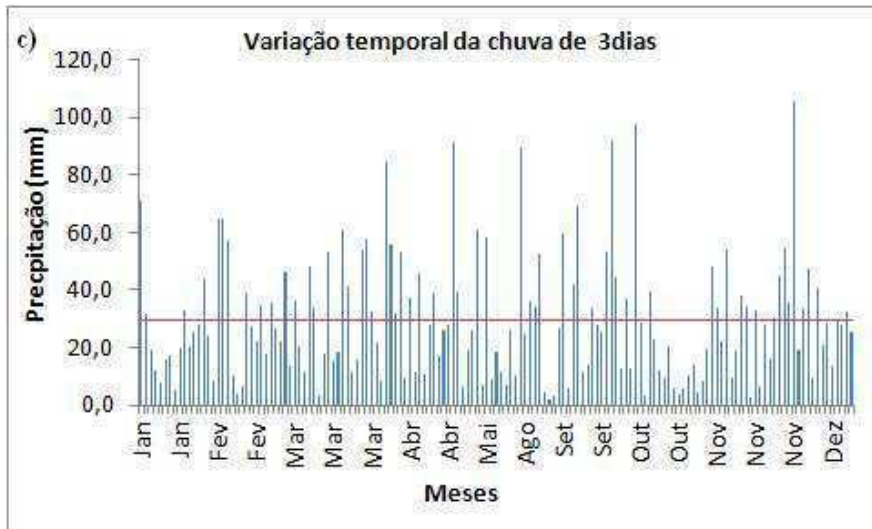


Figura 9 - Variação temporal da chuva diária em Brasília: c) 3 dias de chuva, d) 4 dias de chuva e e) 5 dias de chuva.

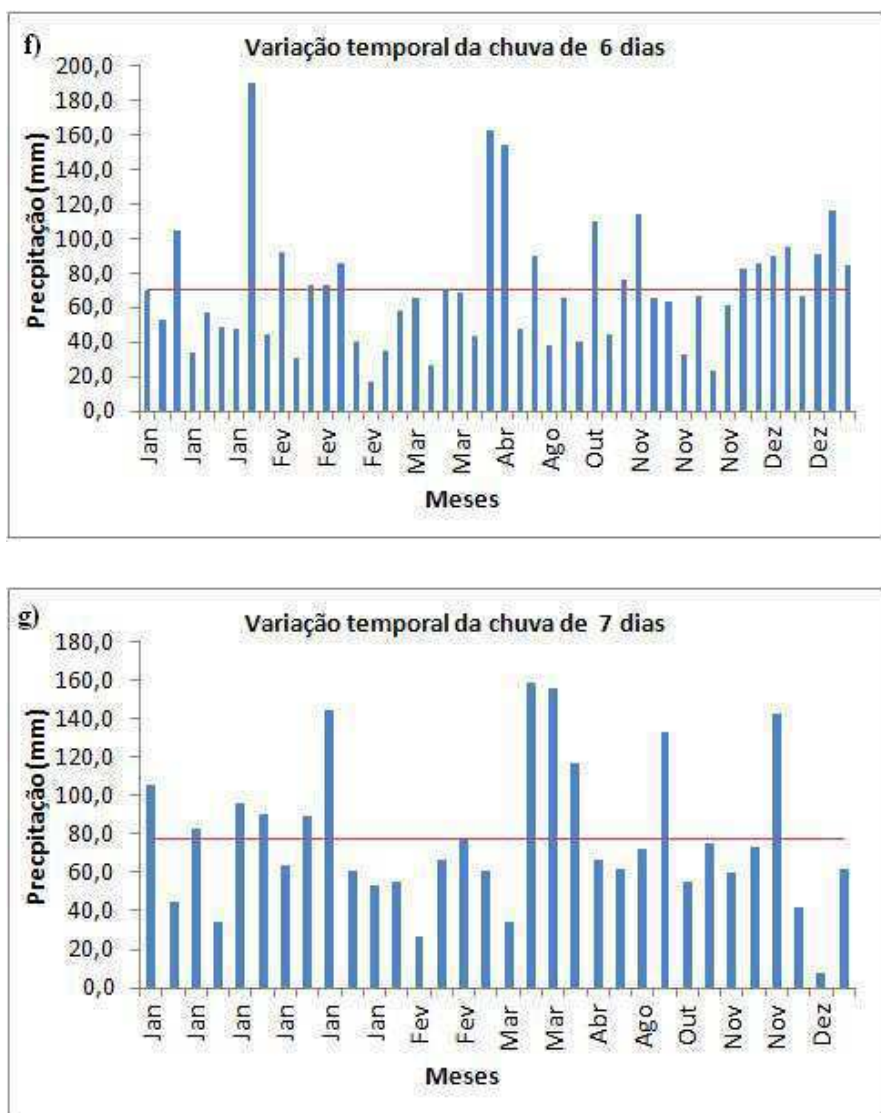


Figura 9 - Variação temporal da chuva diária em Brasília: f) 6 dias de chuva e g) 7 dias de chuva.

A Figura 10a mostrou que a maior contribuição percentual para os casos de 1 dia de chuva ocorreu dentro do período chuvoso (outubro a abril), nos meses de março (15,6%) e outubro (21,1%). Durante todo o período chuvoso a contribuição observada foi de 79,2%. A maior ocorrência desses eventos ocorreu no mês de outubro (17,4%), coincidindo com o mês de maior contribuição.

Para os eventos de 2 dias consecutivos com precipitação (Figura 10b), as maiores contribuições durante o período chuvoso ocorreram em abril (16,9%) e outubro (15,3%). Durante o período supracitado, a contribuição foi de 84,2%. No entanto, as

chuvas de 2 dias consecutivos ocorreram preferencialmente em outubro (14,2%), não coincidindo portanto, com o mês de maior contribuição de água precipitada.

Observou-se na sub-amostra de 3 dias de chuva (Figura 10c) que as maiores contribuições de precipitação ocorreram nos meses de março (14,8%) e novembro (16,4%), e que o período chuvoso apresentou como um todo a contribuição de 79,1%. As chuvas, referente a essa amostra, ocorreram preferencialmente em outubro (14,1%) e novembro (14,1%).

As contribuições percentuais no período chuvoso para as sub-amostras de 1 a 3 dias de chuva, em Brasília, foram aproximadas às encontradas para as chuvas intensas da bacia do Rio Paraíba, na quadra chuvosa (janeiro a abril), conforme visto por Araújo et. al. (2008).

A Figura 10d mostrou que as maiores contribuições percentuais para a sub-amostra de 4 dias de chuva no período chuvoso ocorreram em outubro (19,1%) e dezembro (17,4%), sendo a contribuição total do período de 93,2%. Esses eventos ocorrem preferencialmente no mês de outubro (16,3%), coincidindo com o mês de maior contribuição.

Para os eventos de 5 dias consecutivos de chuva (Figura 10e), as maiores contribuições durante o período chuvoso ocorreram em janeiro (18,9%) e março (23,2%). Durante este período a contribuição observada foi de 99,0%. No entanto, as chuvas de 5 dias consecutivos ocorreram preferencialmente em janeiro (20,8%), não coincidindo portanto, com o mês de maior contribuição de água precipitada.

A sub-amostra de 6 dias de chuva (Figura 10f) apresentou as maiores contribuições nos meses de fevereiro (20,1%) e novembro (21,1%). No período chuvoso a contribuição observada foi de 96,9%. A maior ocorrência dessas chuvas foi em novembro (22,9%) coincidindo com mês de maior contribuição.

Para os casos de 7 dias consecutivos de precipitação, a Figura 10g mostrou que a maior contribuição percentual destes eventos no período chuvoso ocorreu em janeiro (35,1%), coincidindo com o mês de maior ocorrência (34,4%). A contribuição total de chuva durante o período para esse caso foi de 97,1%.

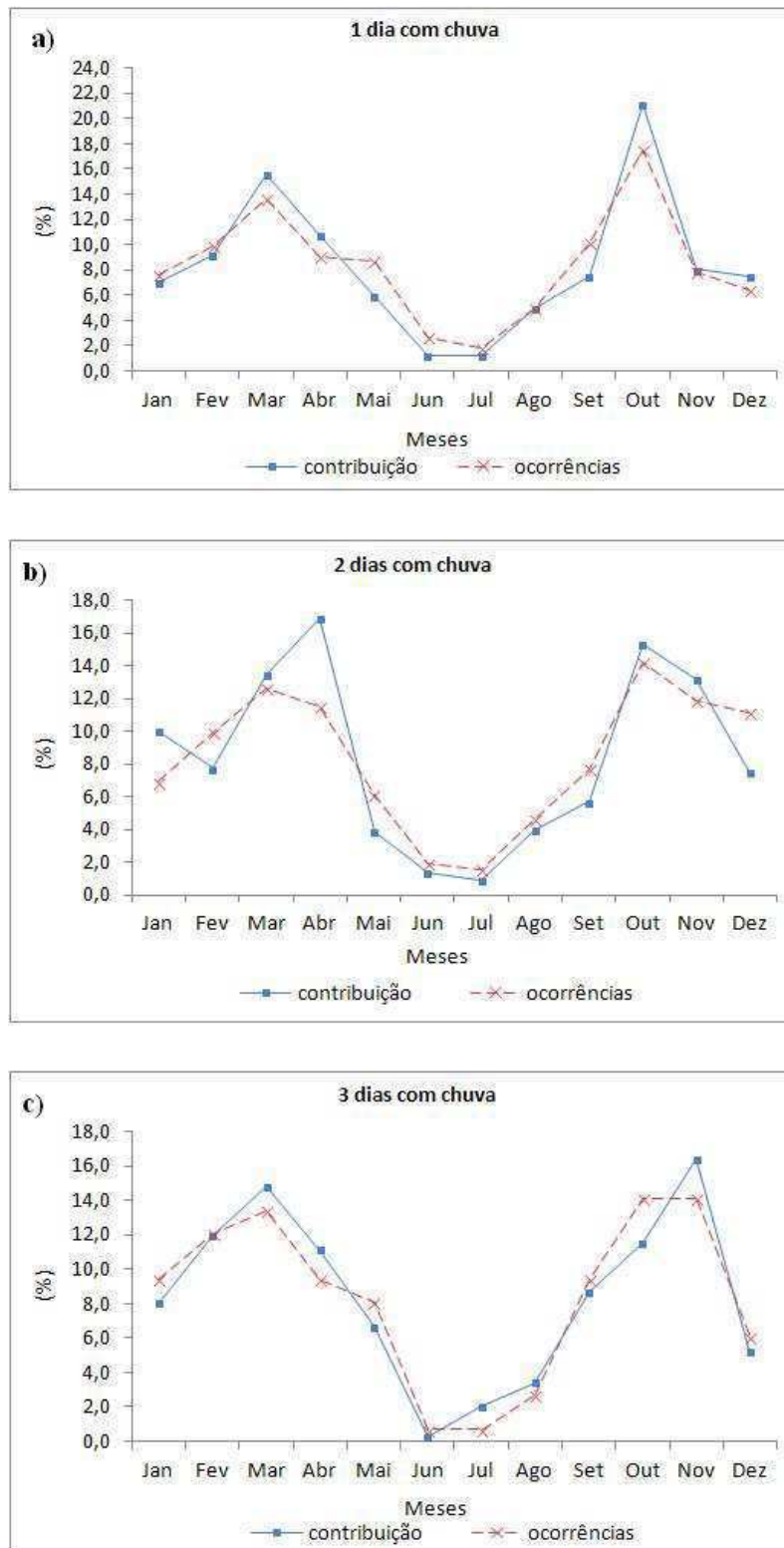


Figura 10 - Variação temporal da contribuição da chuva diária e ocorrência dos eventos:
a) 1 dia de chuva, b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva.

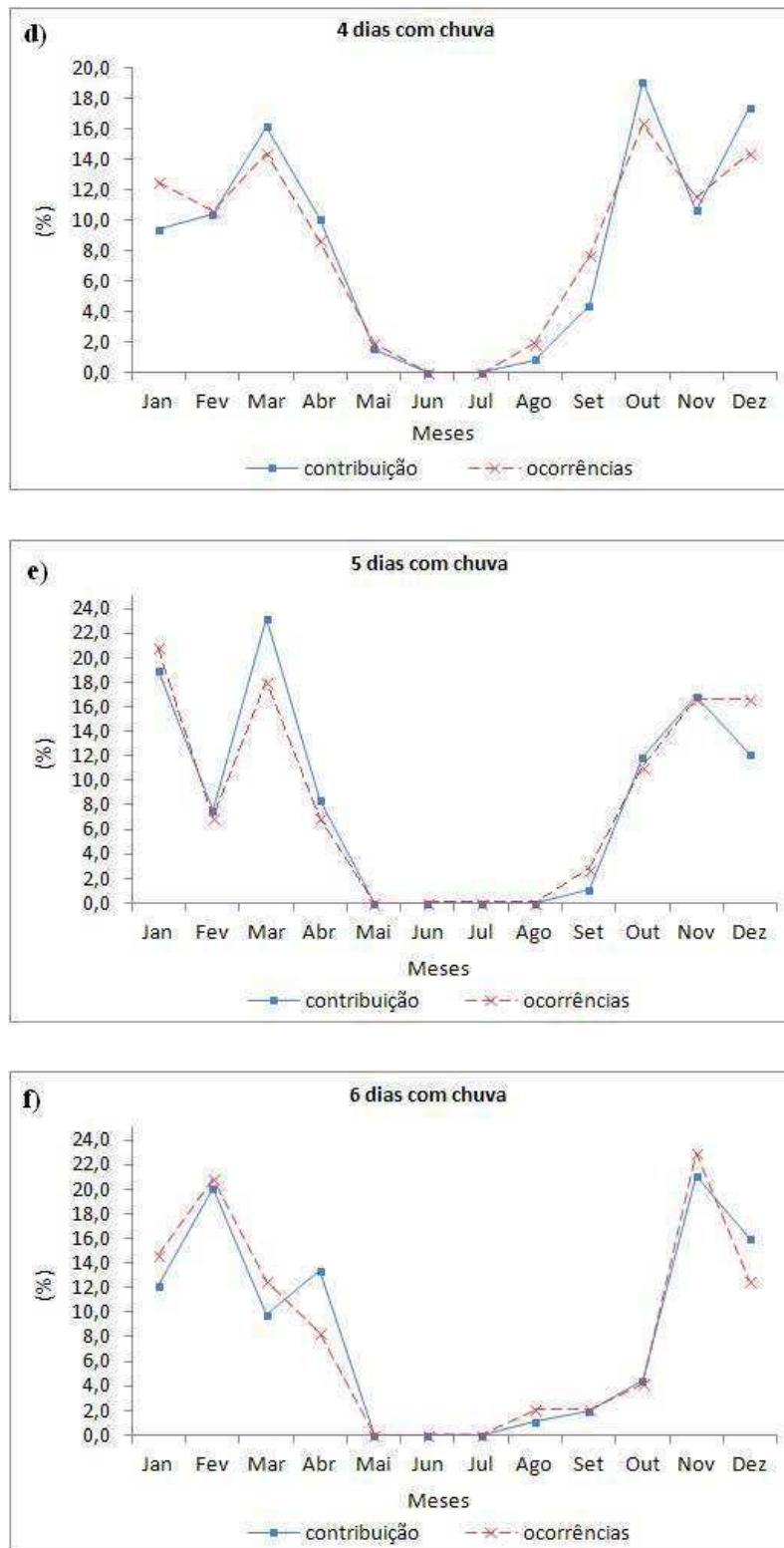


Figura 10 - Variação temporal da contribuição da chuva diária e ocorrência dos eventos: d) 4 dias de chuva, e) 5 dias de chuva e f) 6 dias de chuva.

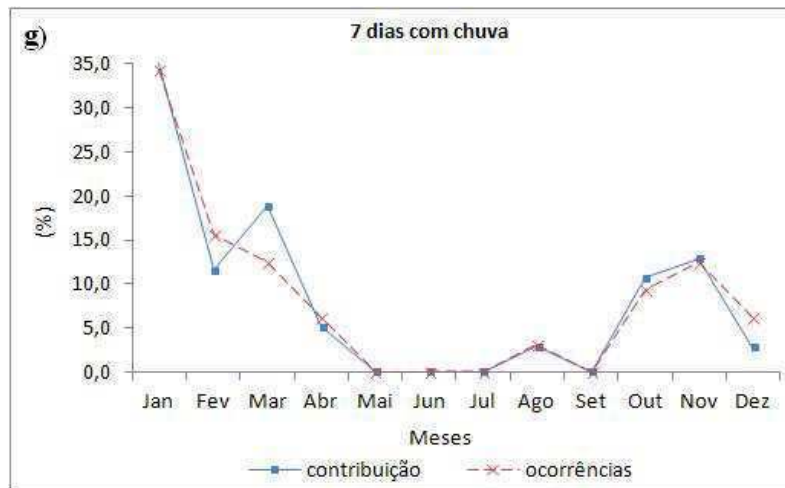


Figura 10 - Variação temporal da contribuição da chuva diária e ocorrência dos eventos: g) 7 dias de chuva.

4.2. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS E DINÂMICAS DA ATMOSFERA SOBRE O DF DURANTE OS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO

As informações levantadas na Figura 10 anteriormente sugerem-se estar associadas, em média, com os sistemas meteorológicos analisados através de campos compostos trimestralmente (estações do ano) como mostram as Figuras 11 a 31 a seguir.

As Figuras 11 a 17 correspondem aos campos compostos médios referentes aos meses de verão (janeiro a março) no hemisfério Sul (HS). De uma forma geral no nível de 850 hPa, (Figuras 11a à 17a), verificou-se circulação do Anticiclone semipermanente do Atlântico com advecção de umidade de leste em direção ao continente atingindo o Distrito Federal. Também pode ser observado o Jato de baixos Níveis da América do Sul, a leste dos Andes, onde o fluxo de ar úmido dos ventos alísios do Atlântico Tropical, ao passar sobre a região Amazônica pode adquirir maior quantidade de umidade devido a forte evapotranspiração desta região. Este ar úmido e quente então é canalizado pelos Andes adquirindo uma aceleração da componente meridional do vento de norte (Marengo et al, 2004). Nas mesmas Figuras a umidade média na camada entre 850 e 500 hPa ficou entre 60 e 65% na região do Distrito Federal. Em altos níveis da atmosfera (250 hPa), de acordo com as Figuras 11b a 17b, observou-se na configuração do vento uma circulação anticiclônica, denominada Alta da Bolívia (AB) com centro

localizado aproximadamente a 15°S e 65°W, formando um escoamento meridional e um cavado sobre o nordeste do Brasil.

No entanto, nos casos de 1 a 4 dias seguidos de chuva, na região do Distrito Federal, a instabilidade em níveis médios da atmosfera associada à circulação da AB mostrou-se similar com os valores de ROL entre 200 a 240 W/m² e movimento vertical ascendente em torno de -0,6 a $-0,8 \times 10^{-1}$ Pa/s indicando intensa atividade convectiva, ou seja, forte nebulosidade e como consequência maiores chances de possível precipitação (CASTRO et al. 2004), conforme mostra as Figuras 11c a 13c. A convergência de umidade juntamente com os índices K e TT em torno de 34 e 44, respectivamente (Figuras 11d à 17d) reforçam a instabilidade observada sobre a região estudada. Essas configurações sugerem que a intensa atividade convectiva e a consequente liberação de calor latente em todo o processo mantenha a circulação anticiclônica em altos níveis (Gutman e Schwerdtfeger, 1965; Silva Dias et al., 1983; De Maria, 1985; Gandu e Geisler, 1990).

Por outro lado, os casos de 5 a 7 dias de chuva mostraram a presença de uma atmosfera mais fria que o normal sobre o Distrito Federal, possivelmente relacionado à presença de nebulosidade por vários dias causando as chuvas em questão (Figuras 15a a 17a). Apresentaram também baixos valores de ROL (entre 180 a 220W/m²), no sentido noroeste/sudeste, desde Amazônia até a região Sudeste (Figuras 15c a 17c), indicando forte nebulosidade devido a convergência de umidade e os índices K e TT (Figuras 15d a 17d) favoráveis a ocorrência de chuva, denotando uma possível configuração de ZCAS.

Chuva de 1 dia - Jan-Fev-Mar

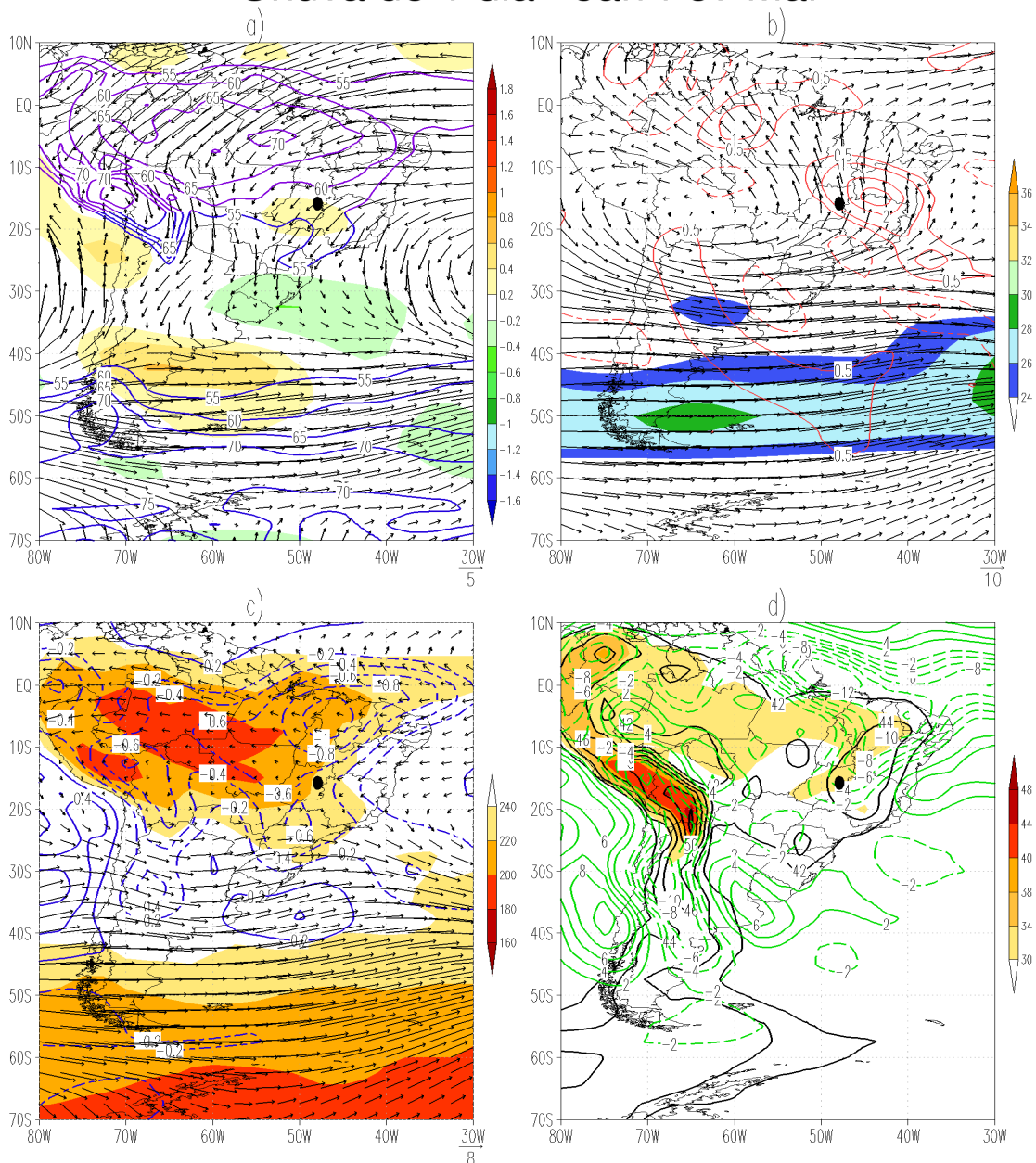


Figura 11 - Chuva de 1 dia para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 2 dias - Jan-Fev-Mar

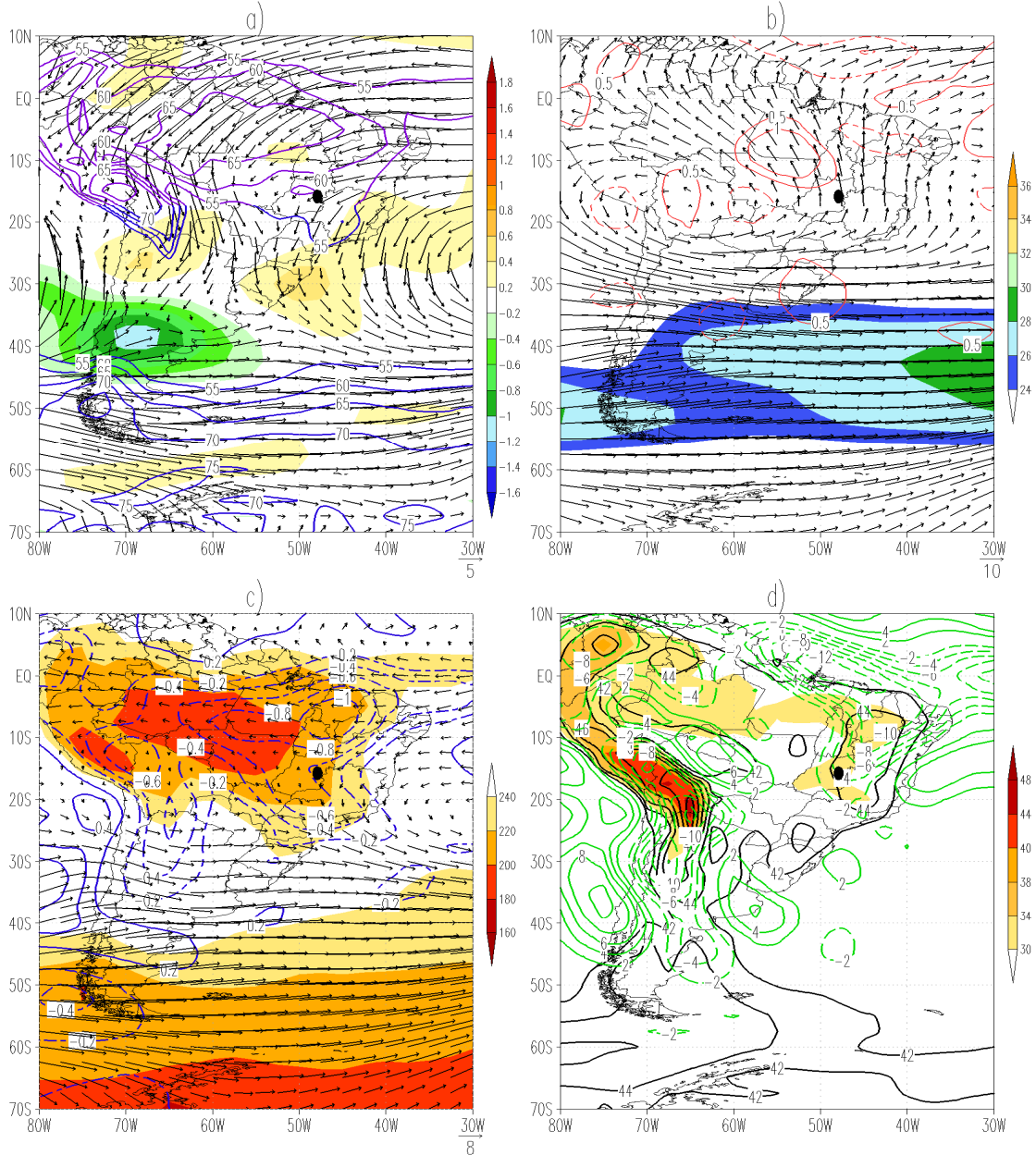


Figura 12 – Chuva de 2 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 3 dias - Jan-Fev-Mar

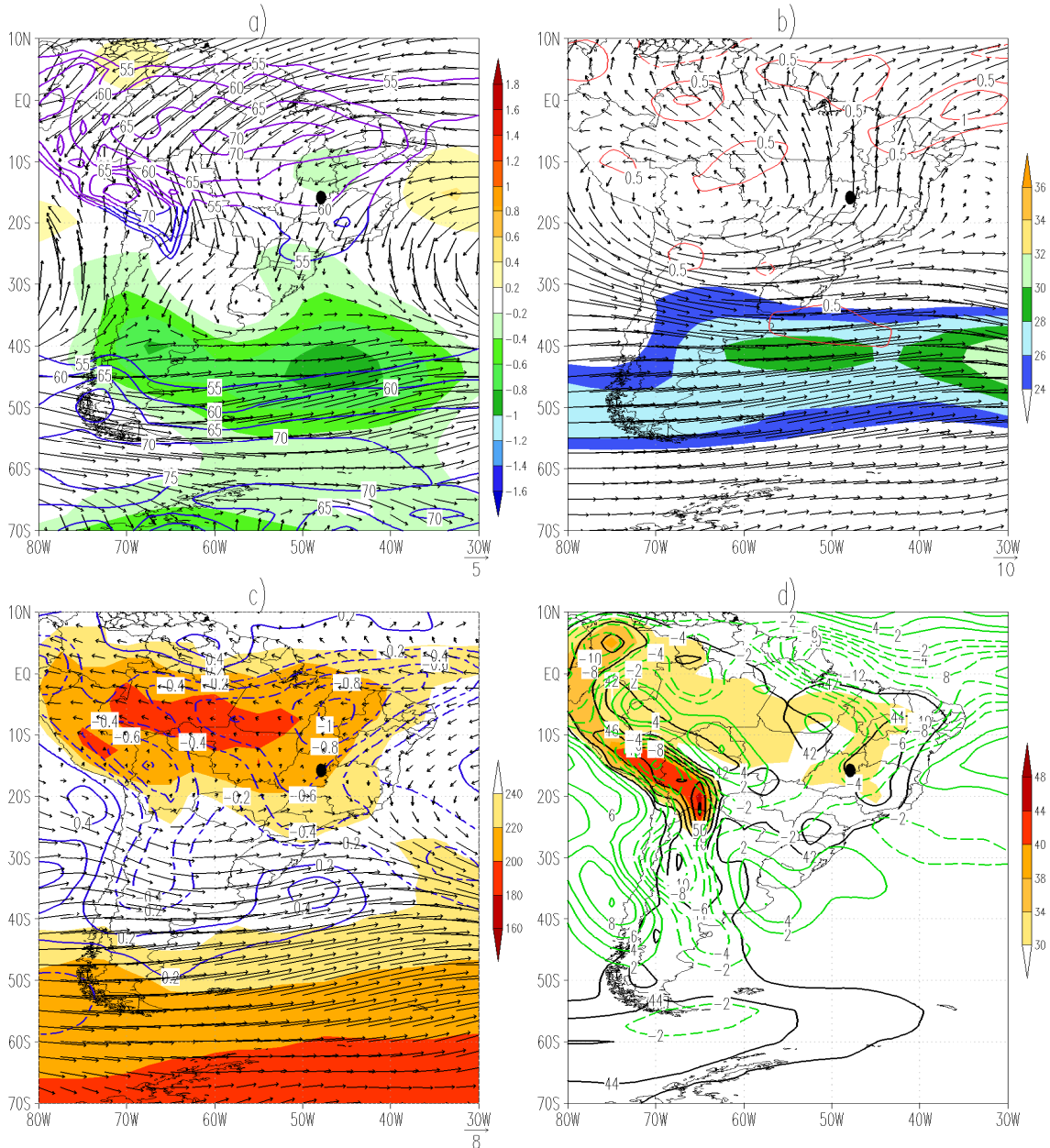


Figura 13 – Chuva de 3 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 4 dias - Jan-Fev-Mar

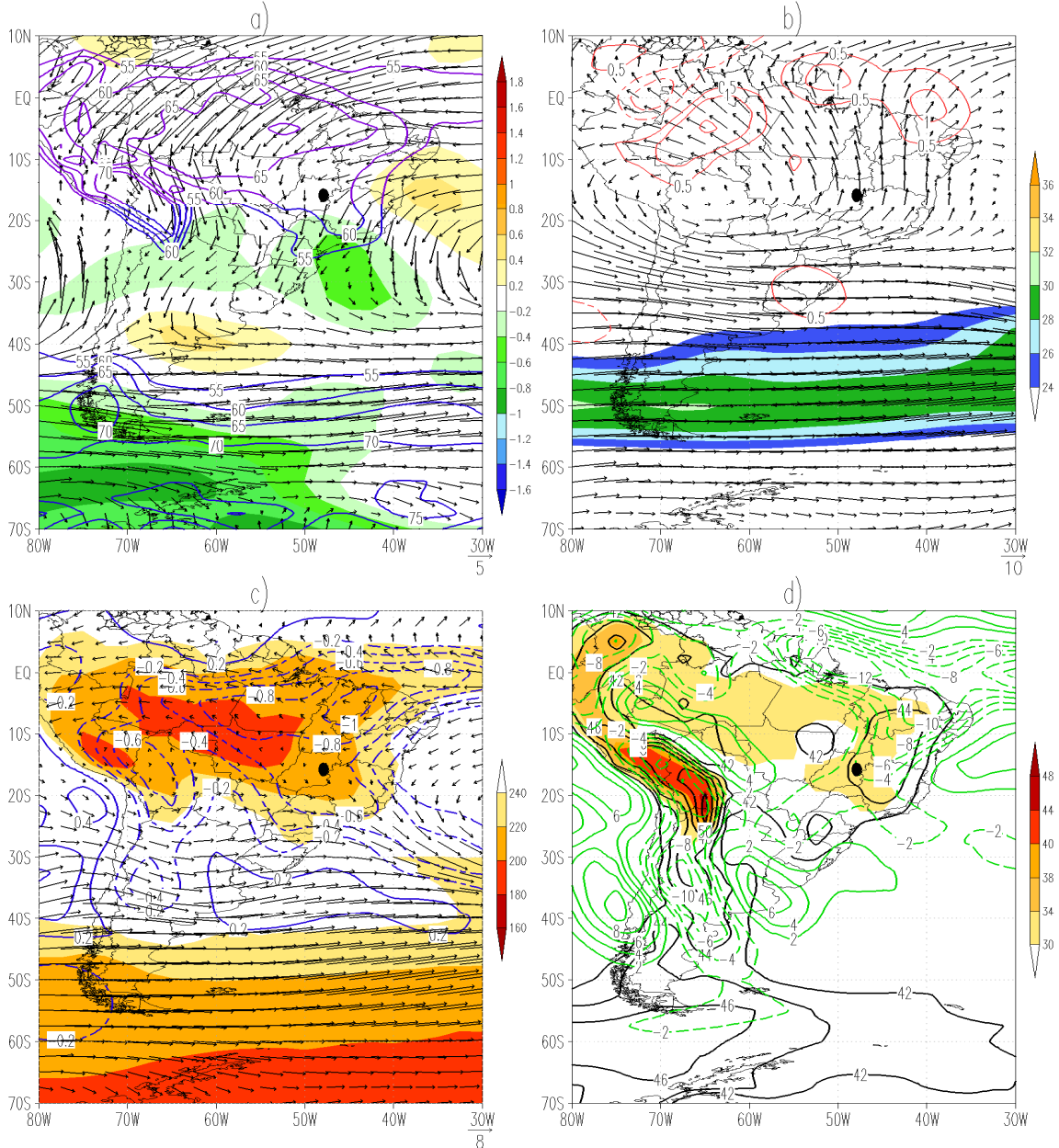


Figura 14 – Chuva de 4 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura (°C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 5 dias - Jan-Fev-Mar

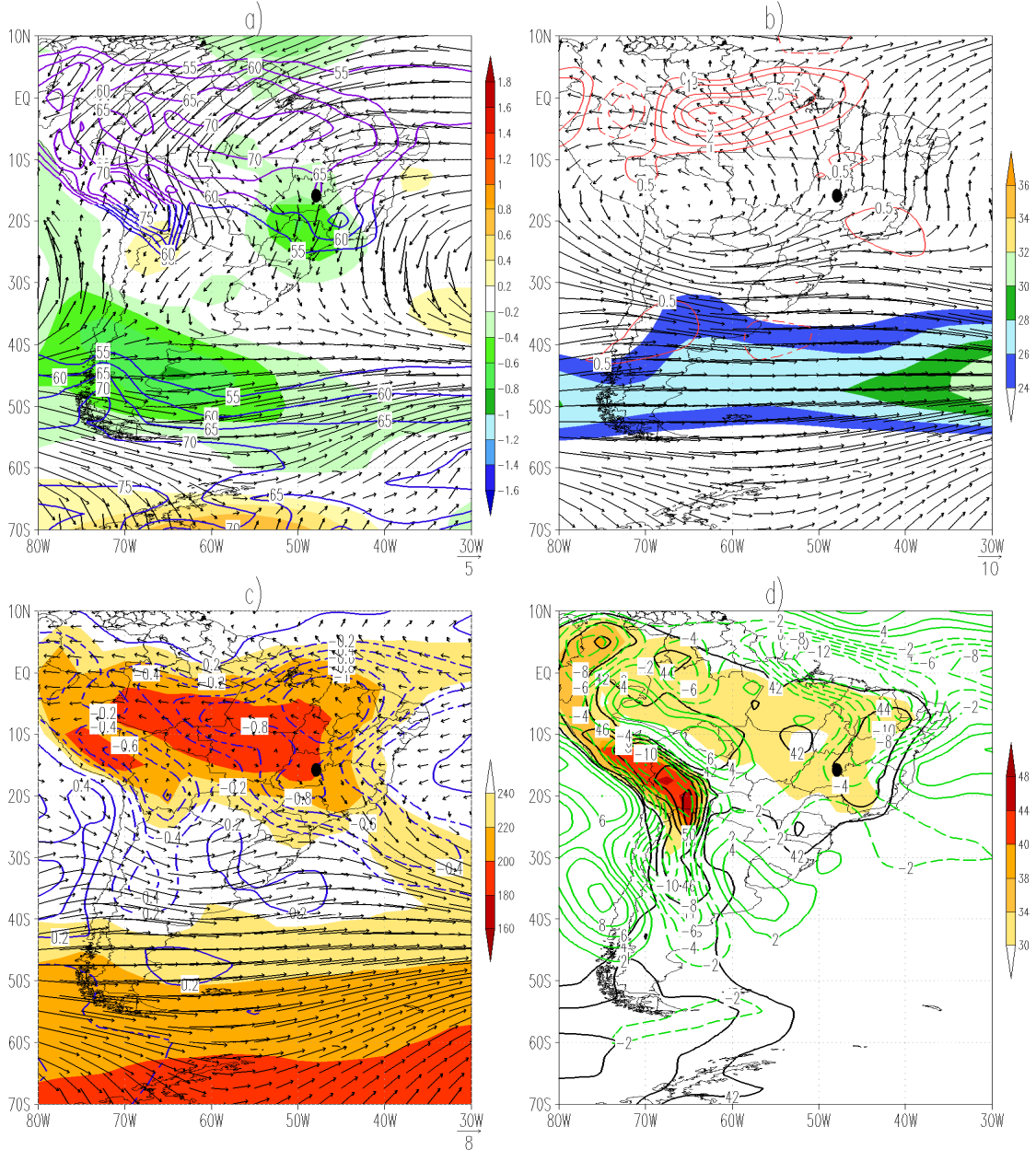


Figura 15 – Chuva de 5 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 6 dias - Jan-Fev-Mar

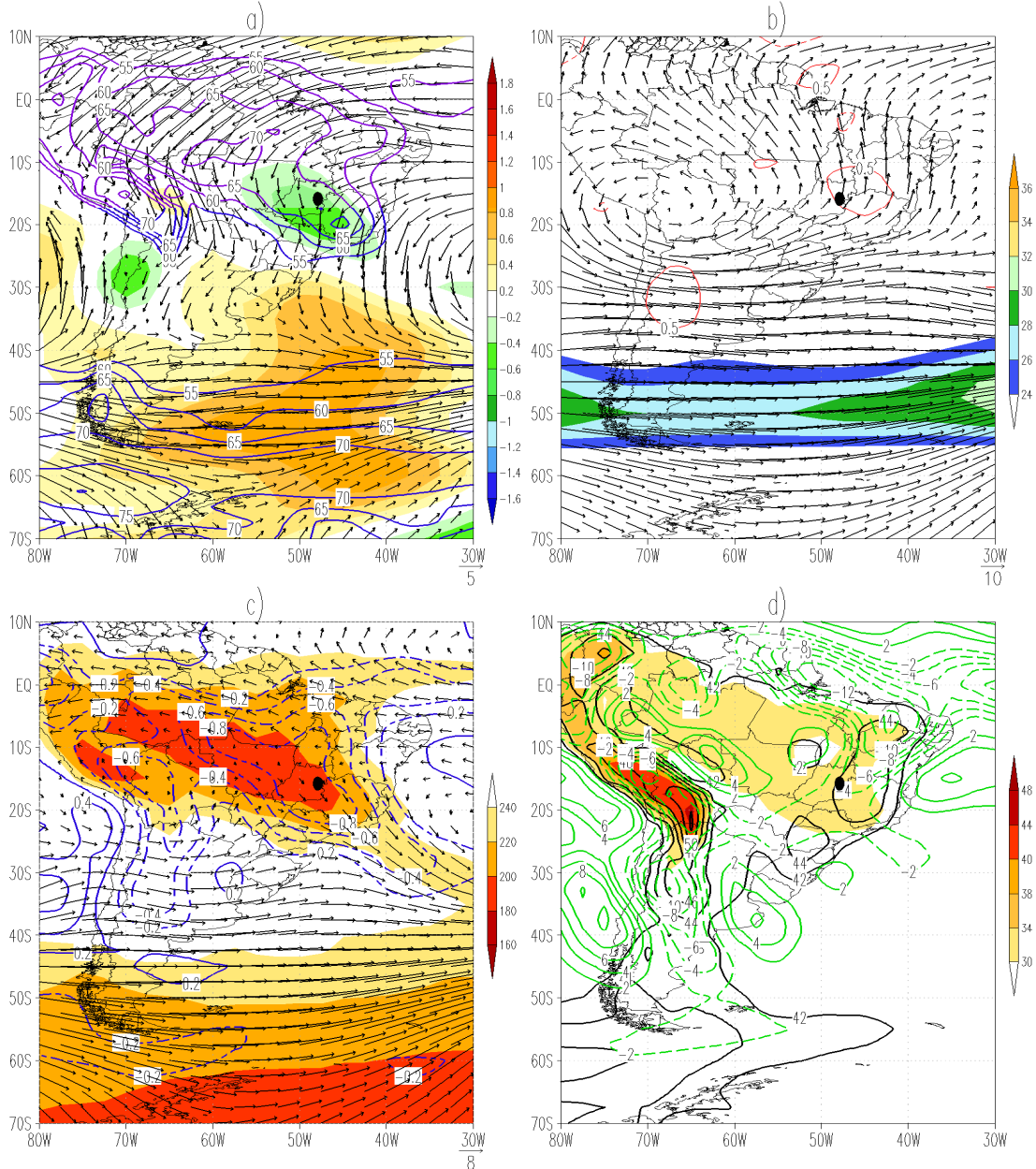


Figura 16 – Chuva de 6 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 7 dias - Jan-Fev-Mar

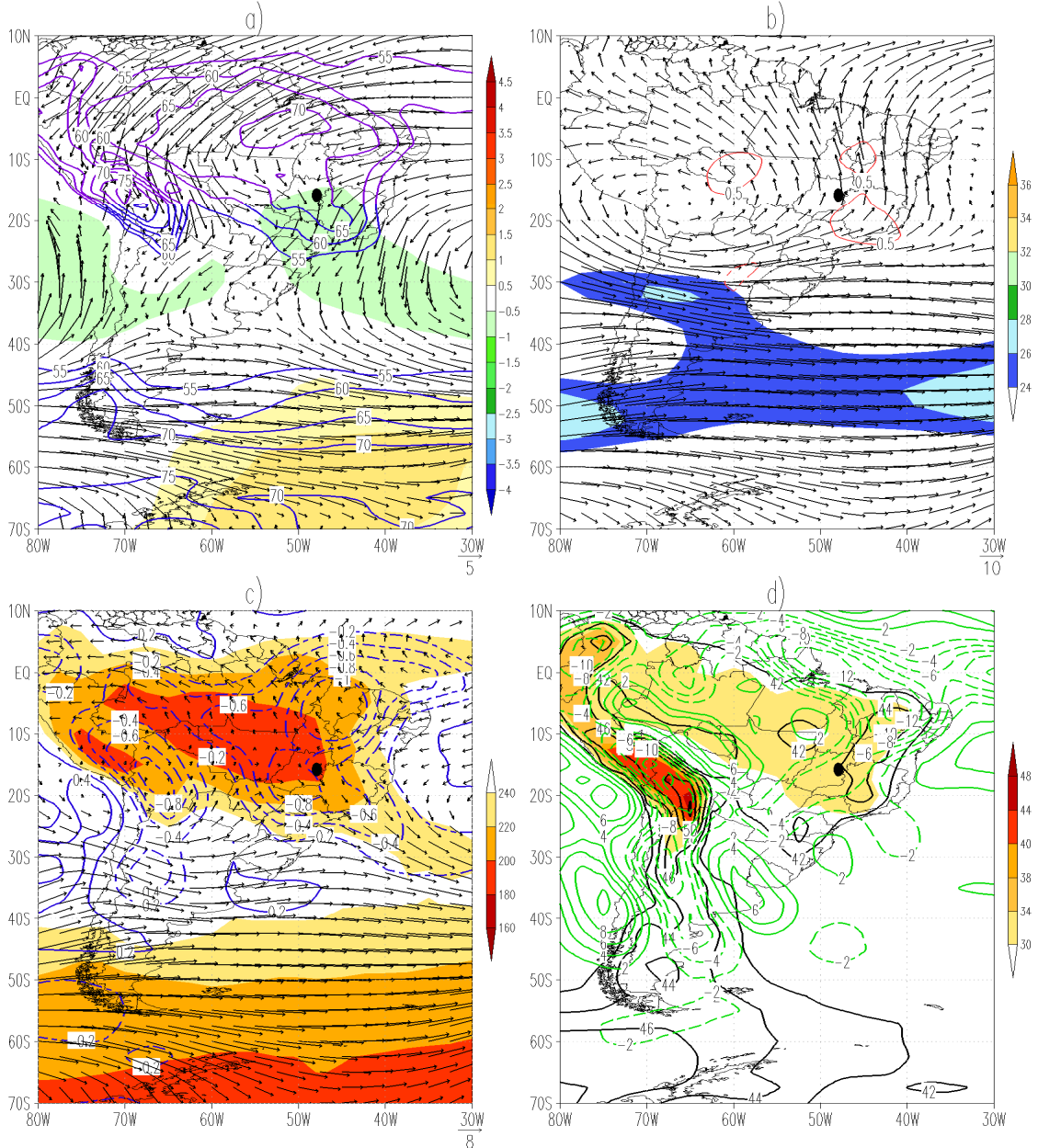


Figura 17 – Chuva de 7 dias para Jan-Fev-Mar: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

As Figuras 18 a 21 referem-se aos meses de outono (abril a junho) no HS. As Figuras 18a a 21a mostraram umidade média na camada entre 850 e 500 hPa em torno de 55 e 65% na região do Distrito Federal e uma região de confluência do vento em 850 hPa a 20°S e 45°W aproximadamente. Nas mesmas Figuras em no nível de 850 hPa, observou-se o Jato de baixos Níveis da América do Sul. No nível de 250 hPa (Figuras 18b à 21b) a atmosfera mostrou um escoamento zonal com o Jato Subtropical (região de ventos máximos) mais ao norte quando comparado ao período de verão.

A intensificação e posicionamento do Jato Subtropical é uma resposta ao gradual aumento do gradiente meridional de temperatura. Possivelmente por esse motivo os casos de 1 a 3 dias de chuva mostraram uma configuração similar em 850 hPa, onde pode-se notar ar frio mais ao sul e ar quente mais ao norte do Distrito Federal. Essa descontinuidade atmosférica pode ser entendida como uma frente, onde o encontro de massas de ar diferentes resulta no surgimento de instabilidade e condições propícias à ocorrência de chuva (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Os valores de ROL entre 220 a 240 W/m² e o movimento vertical negativo de aproximadamente $-0,2 \times 10^{-1}$ Pa/s indicaram a instabilidade da atmosfera e nebulosidade associadas as precipitações observadas na região de estudo (Figuras 18c à 20c). A convergência de umidade juntamente com os índices K e TT em torno de 34 e 44, respectivamente (Figuras 18d à 21d) favoreceram a ocorrência dos eventos mencionados.

No caso de 4 dias consecutivos de precipitação (Figura 21) pode-se verificar massa de ar relativamente mais quente em relação a normal sobre o Distrito Federal (Figura 21a) sem um gradiente de temperatura evidente, possivelmente devido aos vários dias com nebulosidade causando tais chuvas. Na mesma Figura, pode-se constatar uma região de confluência do vento na região de estudo e considerável umidade em torno de 60% entre as camadas de 850 e 500 hPa, onde sugere-se então, essas chuvas estarem associadas a SF. Os valores negativos de velocidade vertical (aproximadamente $-0,4 \times 10^{-1}$ Pa/s) indicaram convergência associados a alta nebulosidade de acordo com os valores de ROL entre 220 a 240W/m², conforme Figura 21c. Os índices TT e K em torno de 44 e 34, juntamente com a convergência de umidade indicaram a instabilidade no Distrito Federal.

Durante o outono os casos de 5 a 7 dias de chuva não ocorreram de forma significativa, conforme visto nas Figuras 10e a 10g. Por esse motivo não foram realizadas as análises.

Chuva de 1 dia - Abr-Mai-Jun

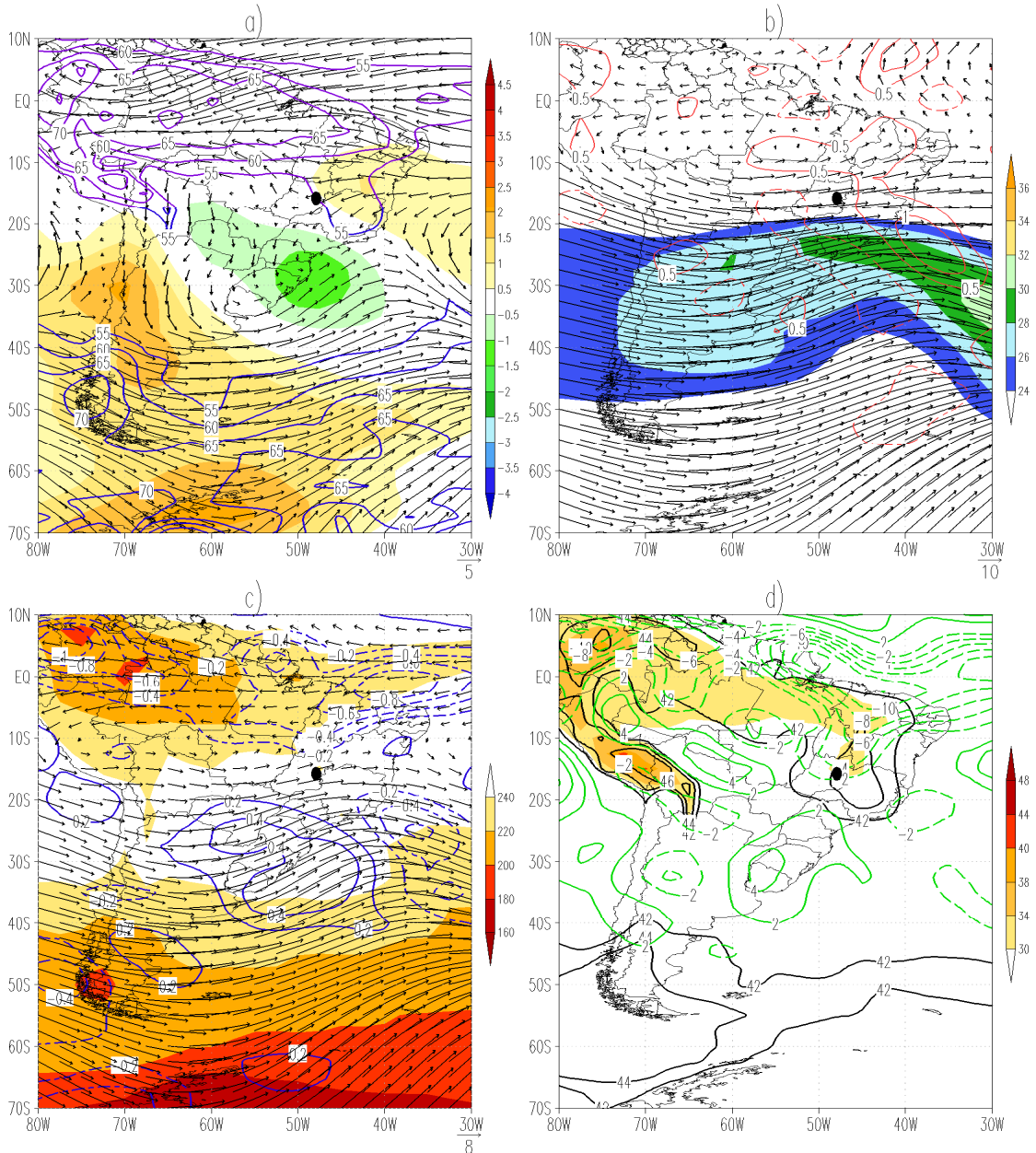


Figura 18 – Chuva de 1 dia para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 2 dias mm - Abr-Mai-Jun

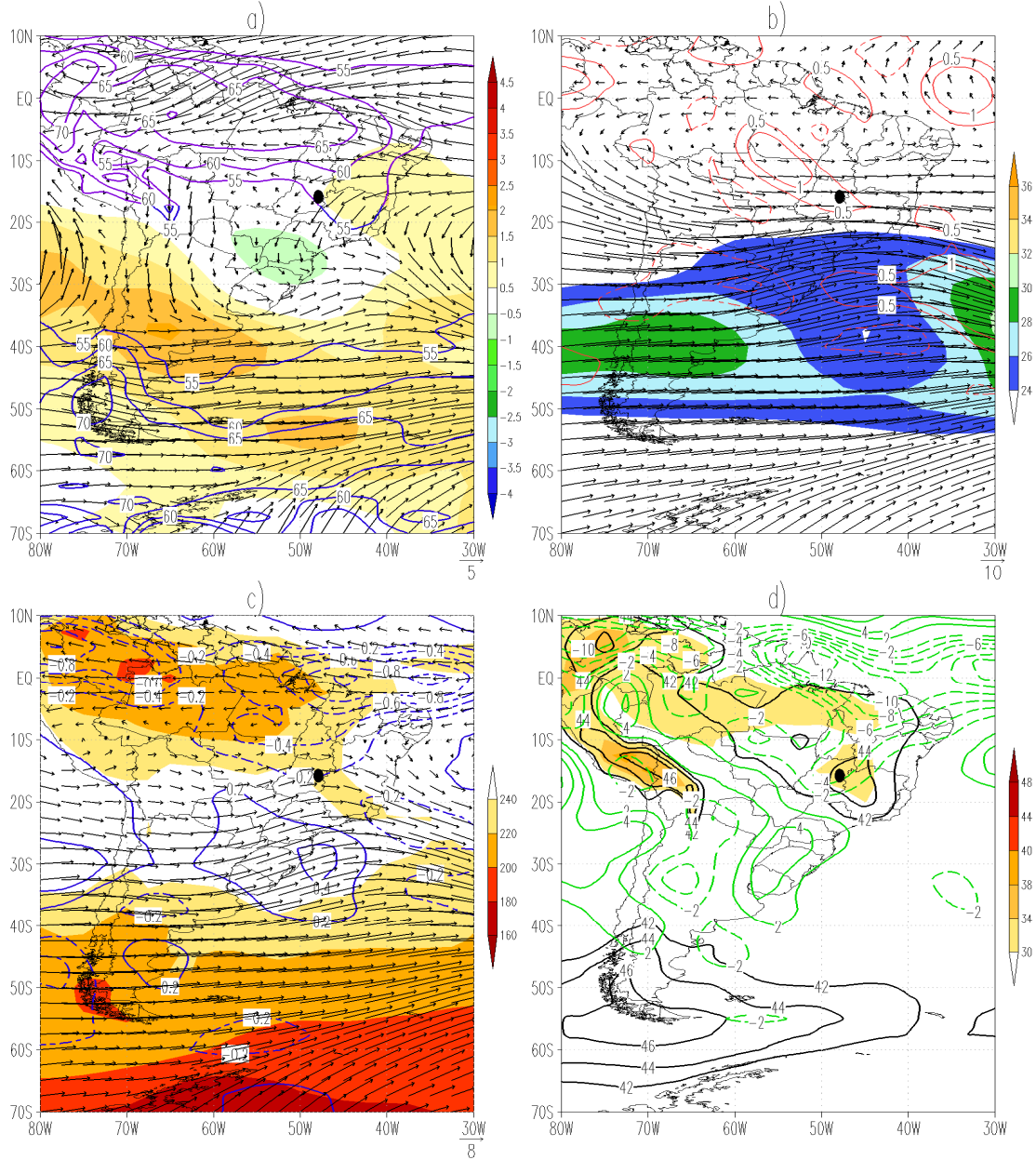


Figura 19 – Chuva de 2 dias para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 3 dias - Abr-Mai-Jun

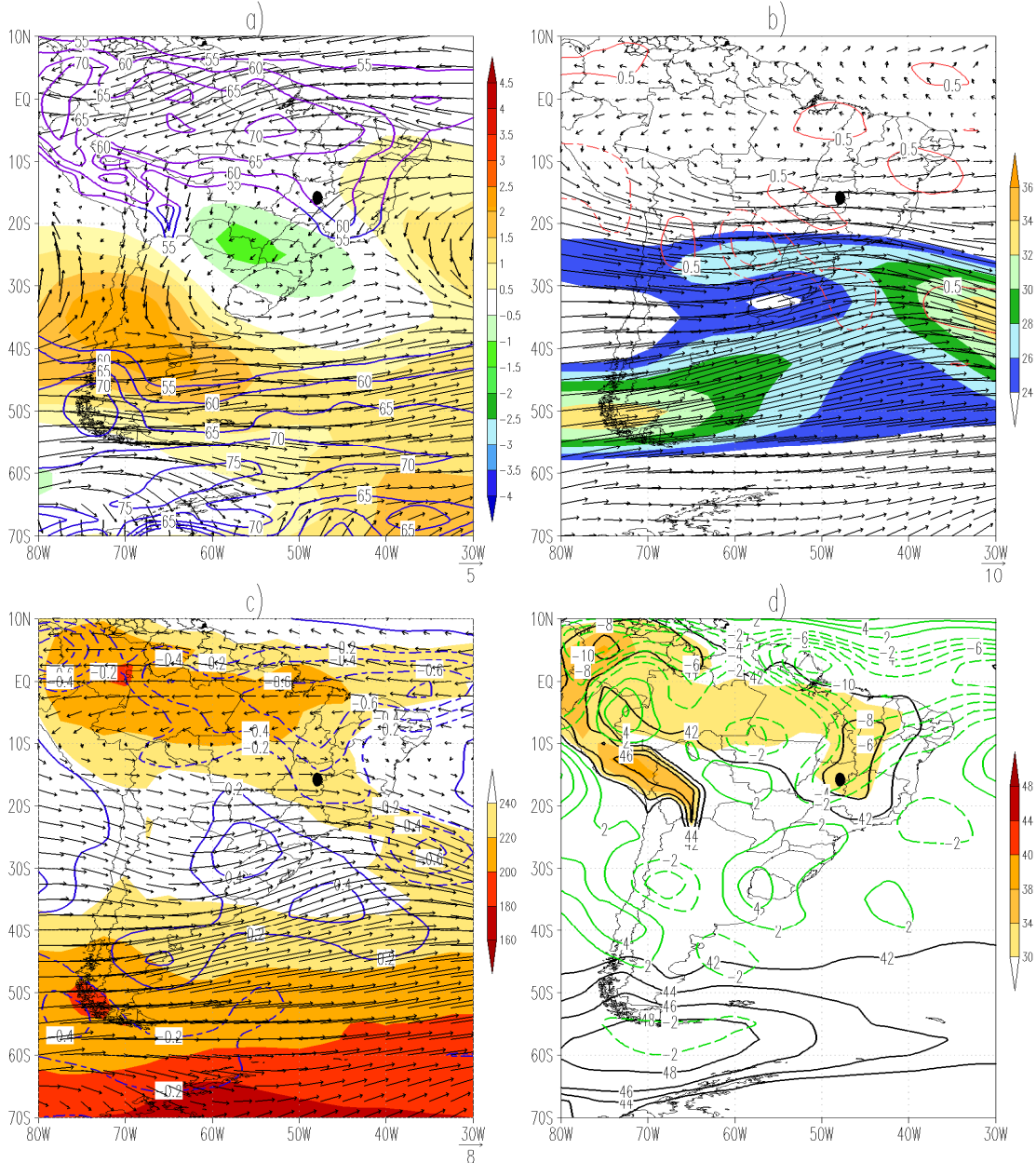


Figura 20 – Chuva de 3 dias para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 4 dias - Abr-Mai-Jun

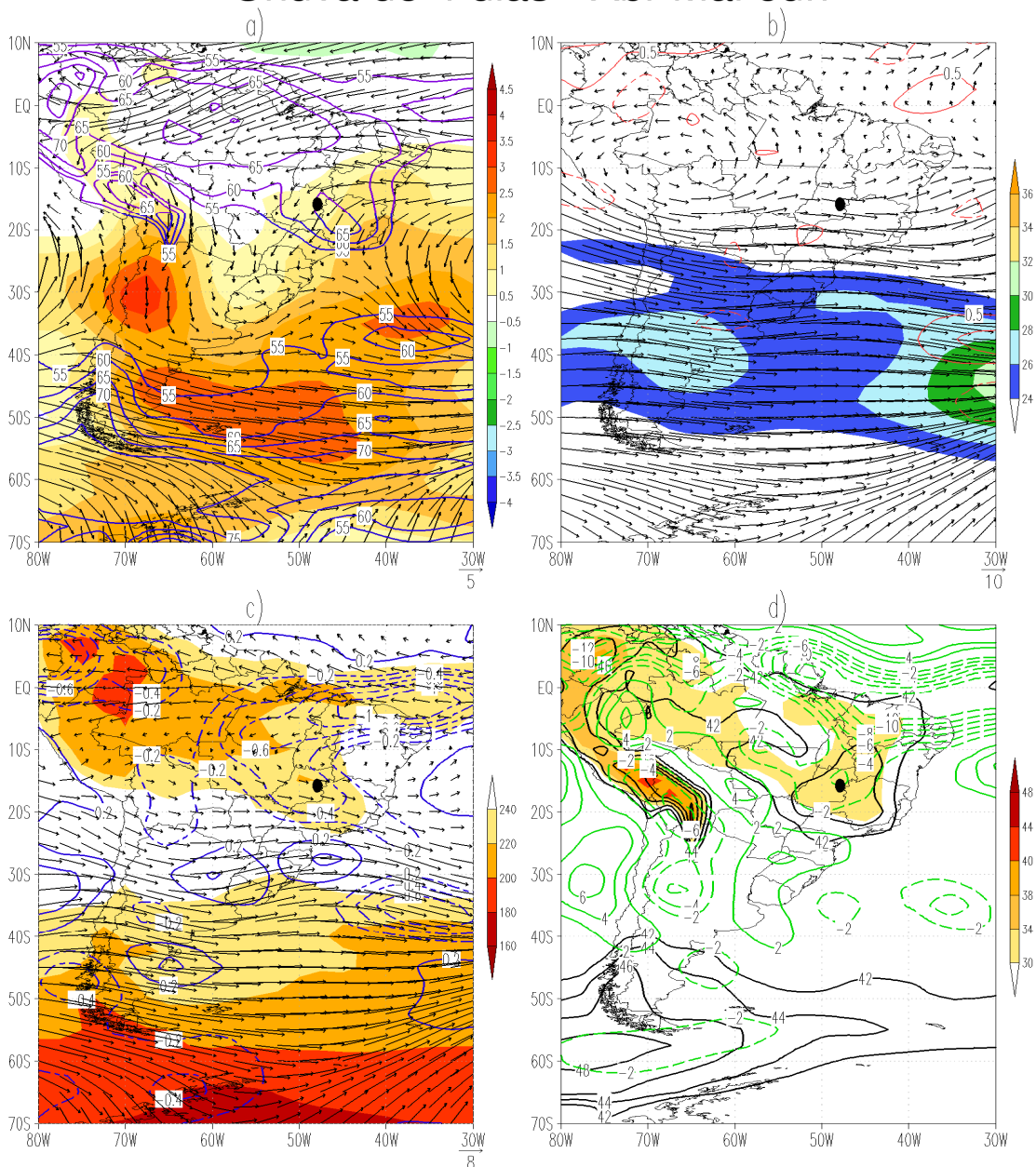


Figura 21 – Chuva de 4 dias para Abr-Mai-Jun: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Durante os meses de inverno no HS (julho a setembro) o padrão do escoamento foi semelhante ao de outono tanto em baixos (850 hPa) quanto em altos níveis (250 hPa) da atmosfera.

Os casos de 1 a 3 dias de chuva mostraram configurações parecidas, com ar frio mais ao sul e ar quente mais ao norte do Distrito Federal (Figura 22a a 24a), podendo a instabilidade envolvida estar associada a SF. Os valores de ROL entre 220 a 240 W/m² e o movimento vertical negativo de aproximadamente $-0,2$ a $-0,4 \times 10^{-1}$ Pa/s indicaram a atividade convectiva e nebulosidade associadas as precipitações observadas na região de estudo (Figuras 22c à 24c). A convergência de umidade juntamente com os índices K e TT em torno de 34 e 44, respectivamente (Figuras 22d à 24d) favoreceram as chuvas ocorridas.

Durante o inverno os casos de 4 a 7 dias de chuva praticamente não ocorreram conforme visto nas Figuras 10e a 10g. Por esse motivo não foram feitas as análises.

Chuva de 1 dia - Jul-Ago-Set

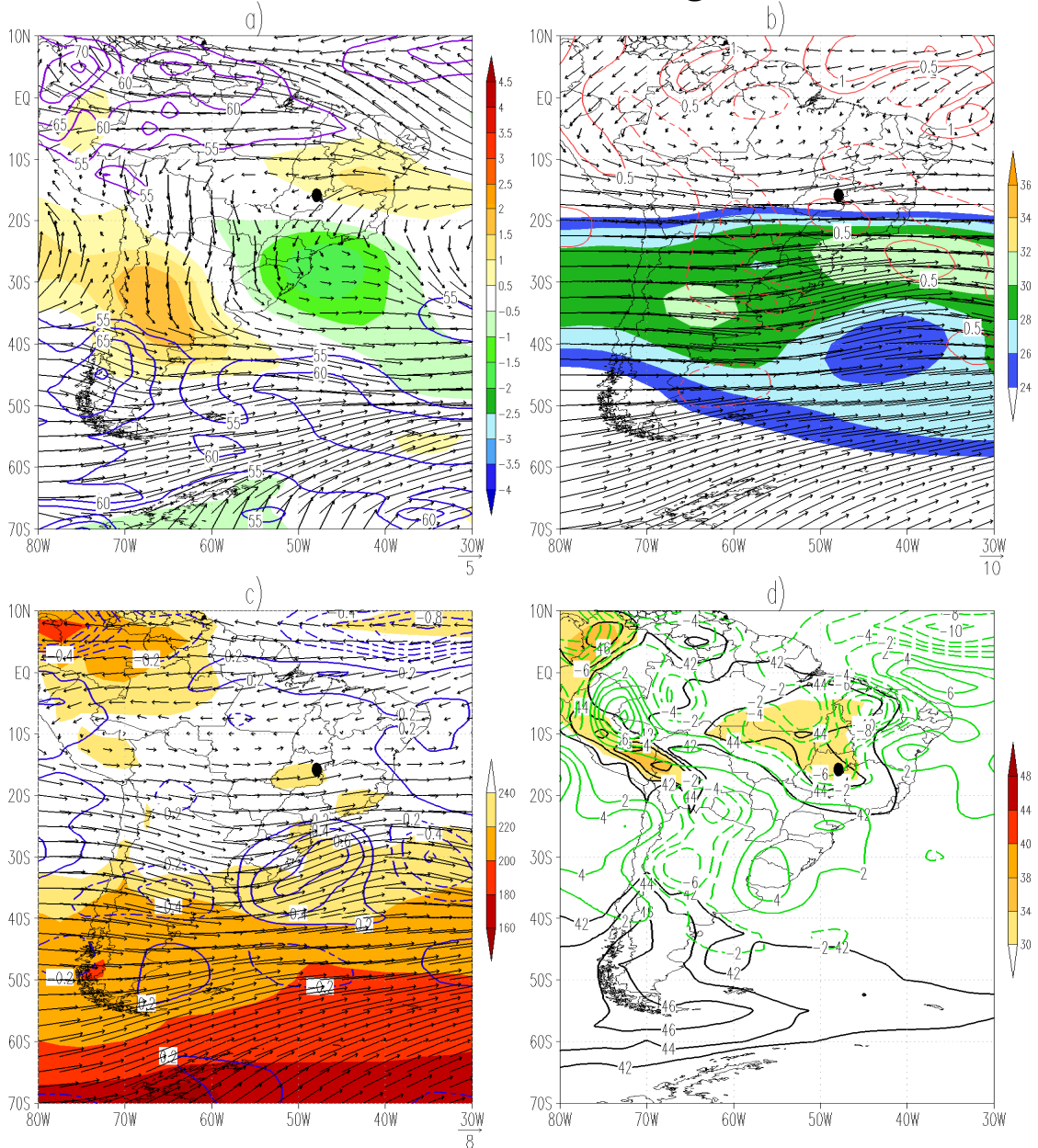


Figura 22 – Chuva de 1 dia para Jul-Ago-Set: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 2 dias - Jul-Ago-Set

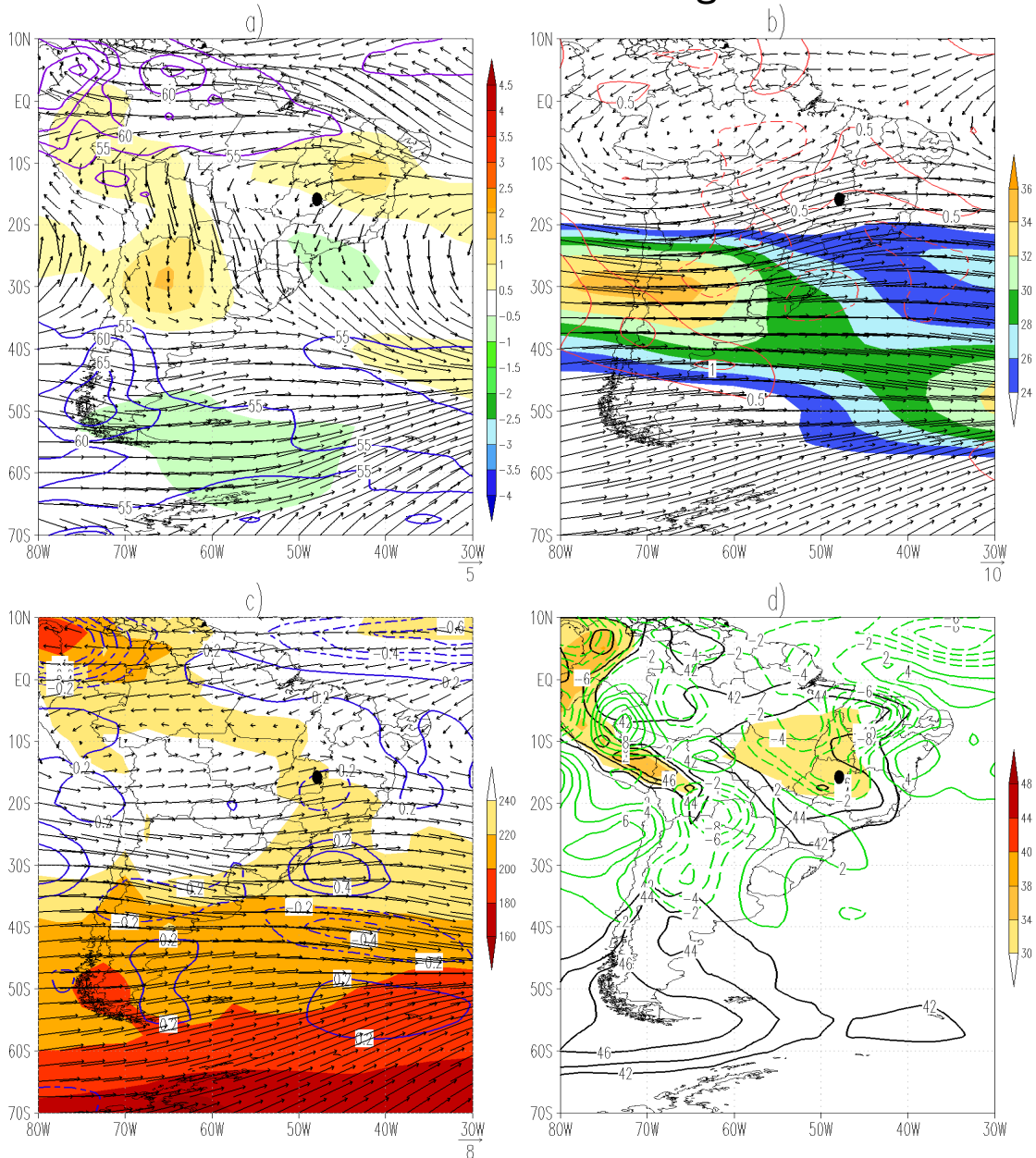


Figura 23 – Chuva de 2 dias para Jul-Ago-Set: a) Anomalia de temperatura (°C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 3 dias - Jul-Ago-Set

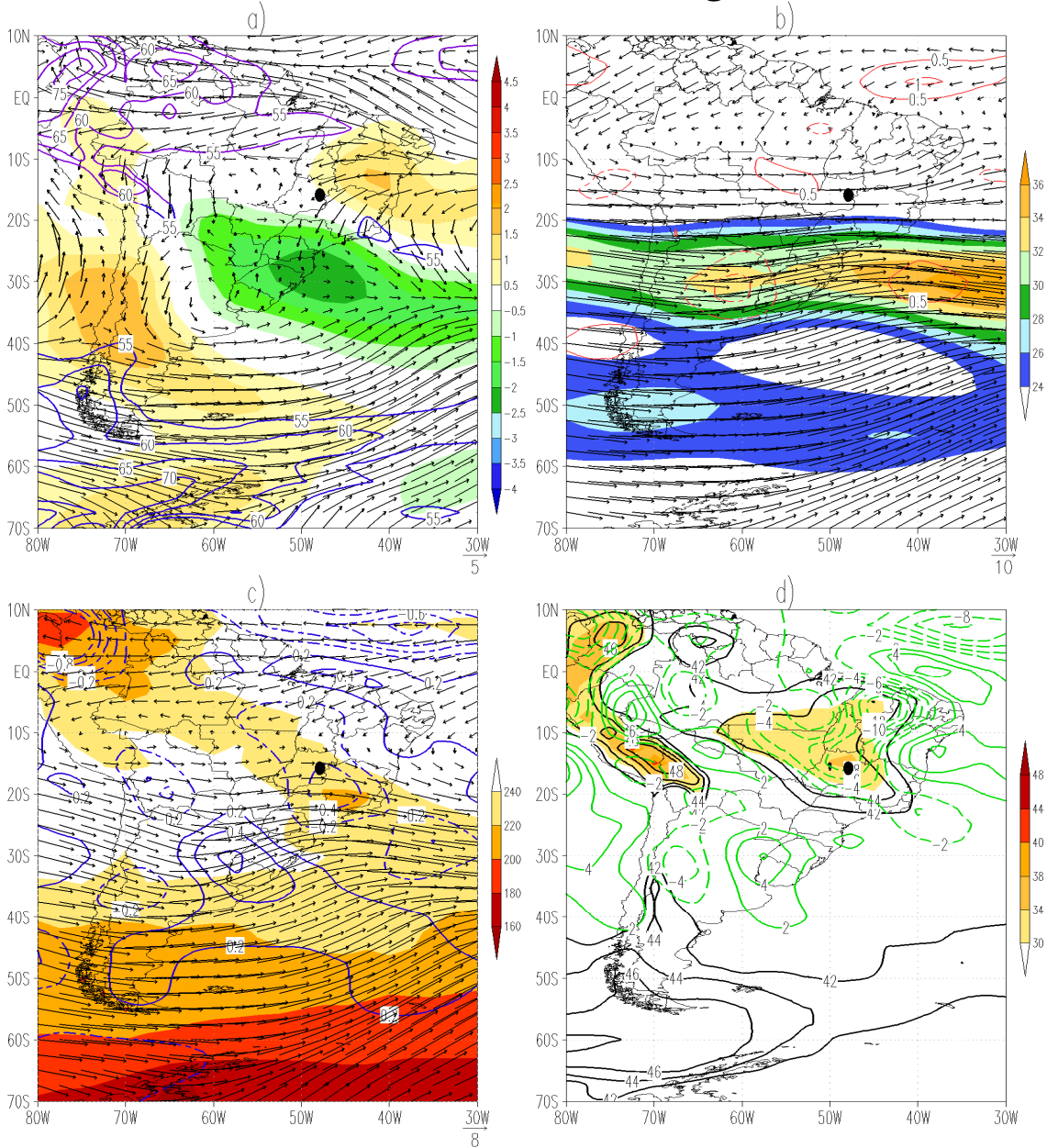


Figura 24 – Chuva de 3 dias para Jul-Ago-Set: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

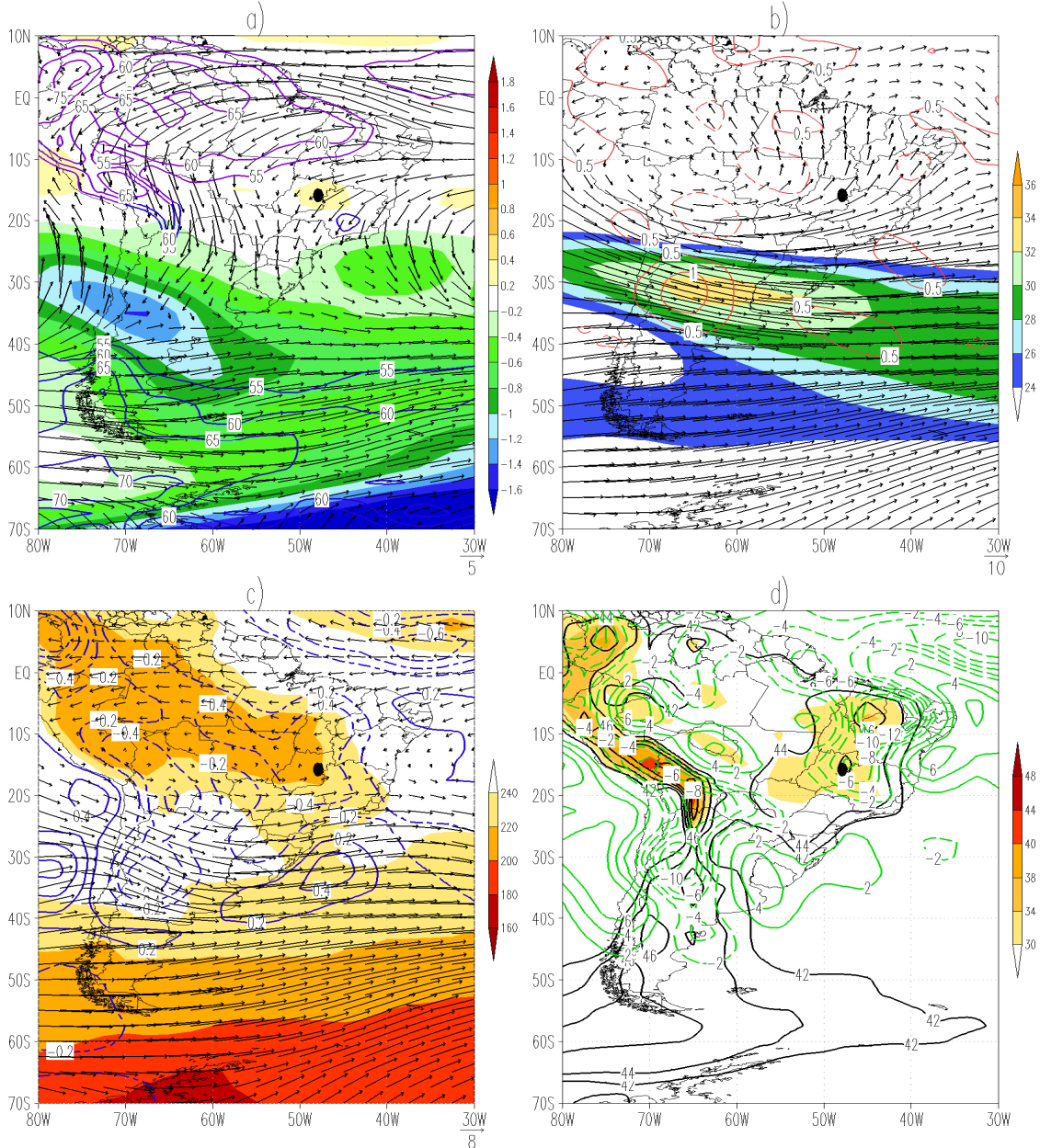
As Figuras 25 a 31 correspondem aos campos compostos médios referentes aos meses de primavera (outubro a dezembro) no HS. O escoamento do vento em 850 hPa apresentou um padrão semelhante ao visto no verão onde observou-se um forte fluxo de vento a leste do Brasil sobre o oceano Atlântico, o qual transporta umidade para o continente, bem como o Jato de baixos Níveis da América do Sul (Figuras 25a a 31a). Nas mesmas Figuras a umidade média na camada entre 850 e 500 hPa ficou entre 55 e 65% na região do Distrito Federal. Em 250 hPa, voltou a se configurar circulação anticiclônica, no entanto mais ao norte, com centro entre o Acre e norte da Bolívia, com o cavado sobre o nordeste do Brasil (Figuras 25b a 31b).

A instabilidade nos casos de 1 e 3 dias seguidos de chuva, no Distrito Federal, podem estar associados a posição mais ao norte da AB, onde verificou-se movimento vertical ascendente relativamente forte de $-0,4$ e $-0,8 \times 10^{-1}$ Pa/s e ROL entre 200 a 220 W/m^2 , conforme mostrado nas Figuras 25c e 27c. A convergência de umidade (negativa) juntamente com os índices K e TT em torno de 34 e 44, respectivamente (Figuras 25d e 27d) reforçam a instabilidade observada sobre a região estudada.

Para 2 dias de chuva verificou-se uma configuração com ar frio mais ao sul e ar quente mais ao norte do Distrito Federal (Figura 25a), podendo a instabilidade estar associada a SF. O valor de ROL aproximado de 200 W/m^2 e o movimento vertical ascendente relativamente forte em torno de $-0,6 \times 10^{-1}$ Pa/s indicaram a atividade convectiva e nebulosidade associadas as precipitações observadas (Figura 26c). A convergência de umidade juntamente com os índices K e TT em torno de 34 e 44, respectivamente (Figuras 26d) favoreceram as chuvas ocorridas.

Já os casos de 4 a 7 dias de chuva mostraram a presença de ar frio sobre o Distrito Federal, possivelmente relacionado à presença de nebulosidade por vários dias na região (Figuras 28a a 31a). Apresentaram também baixos valores de ROL (entre 180 a 220 W/m^2), no sentido noroeste/sudeste, desde Amazônia até a região Sudeste (Figuras 28c a 31c), indicando forte nebulosidade incentivado pela convergência de umidade e os índices K e TT (34 e 44, respectivamente) favoráveis a ocorrência de chuva, denotando uma possível configuração de ZCAS.

Chuva de 1 dia - Out-Nov-Dez



Chuva de 2 dias - Out-Nov-Dez

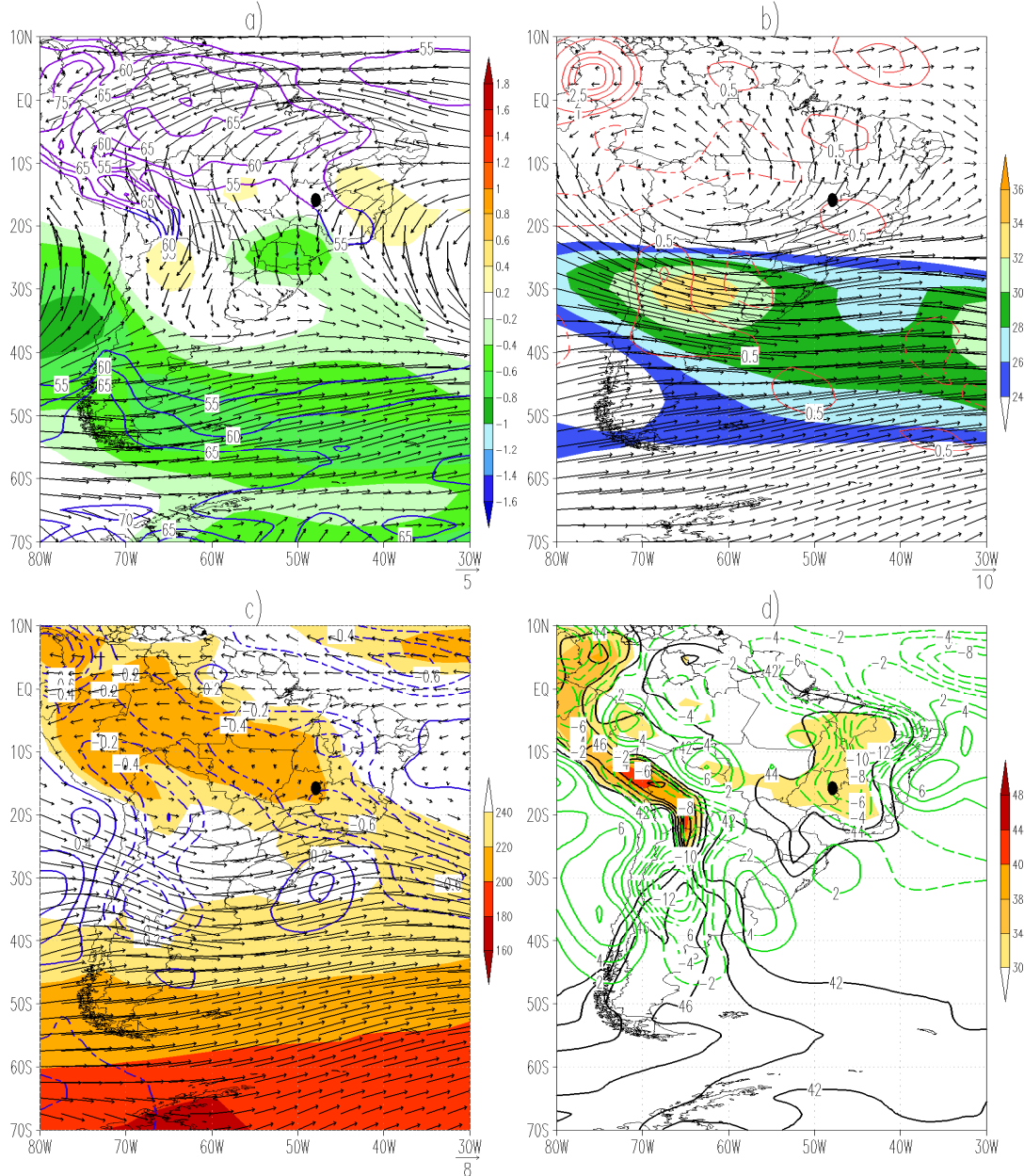


Figura 26 – Chuva de 2 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 3 dias - Out-Nov-Dez

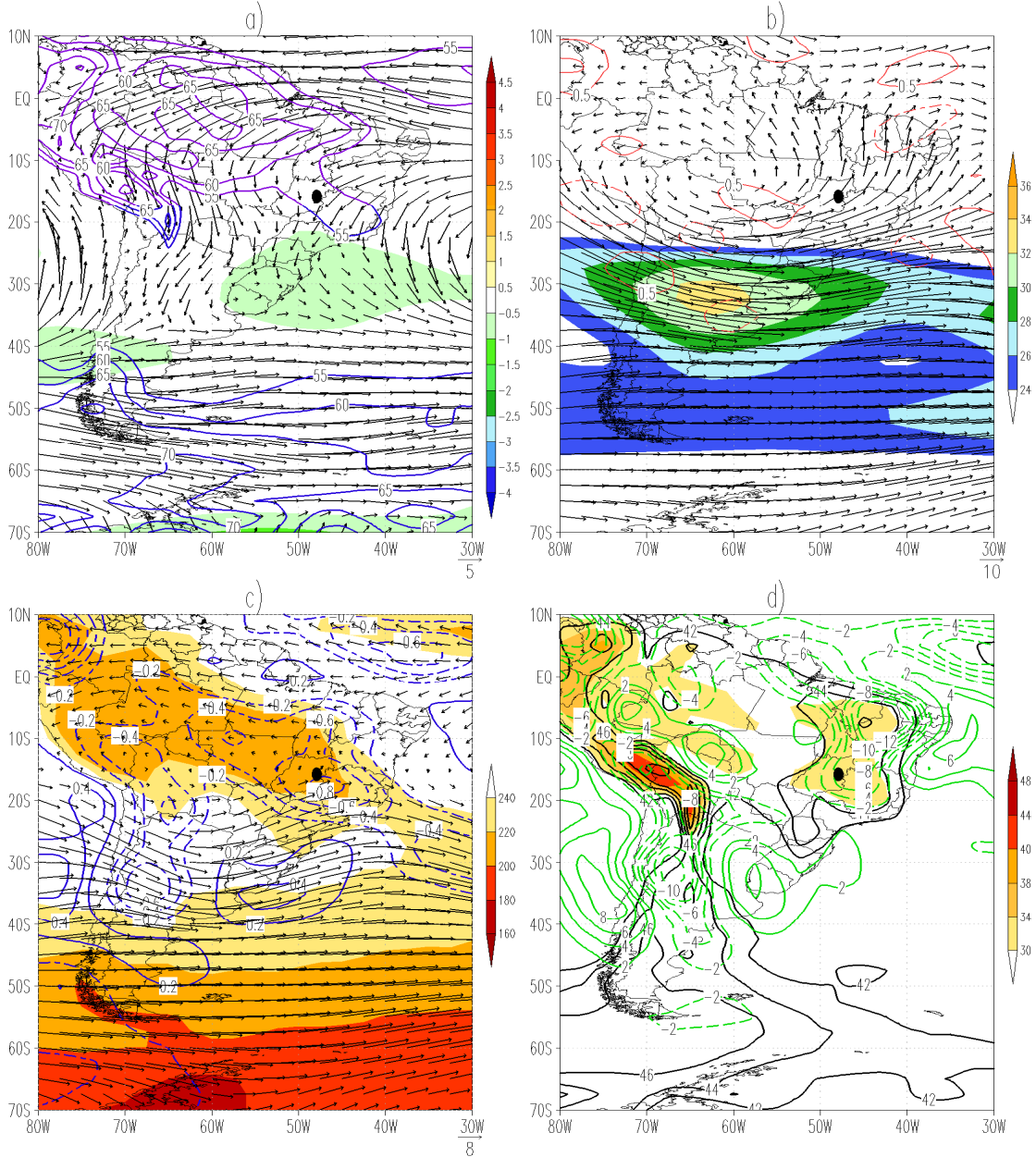


Figura 27 – Chuva de 3 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 4 dias - Out-Nov-Dez

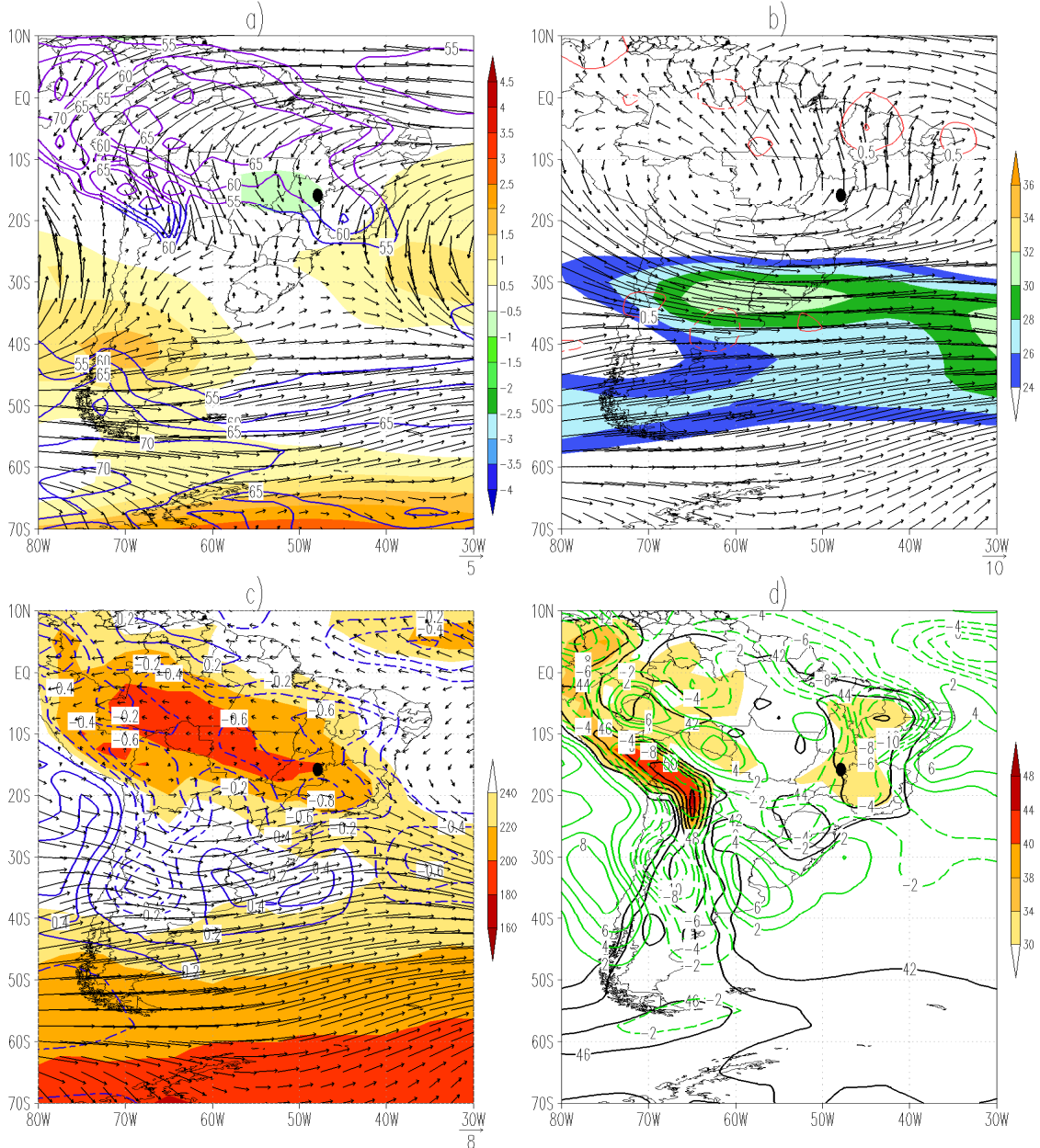


Figura 28 – Chuva de 4 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}$ C) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m² (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 5 dias - Out-Nov-Dez

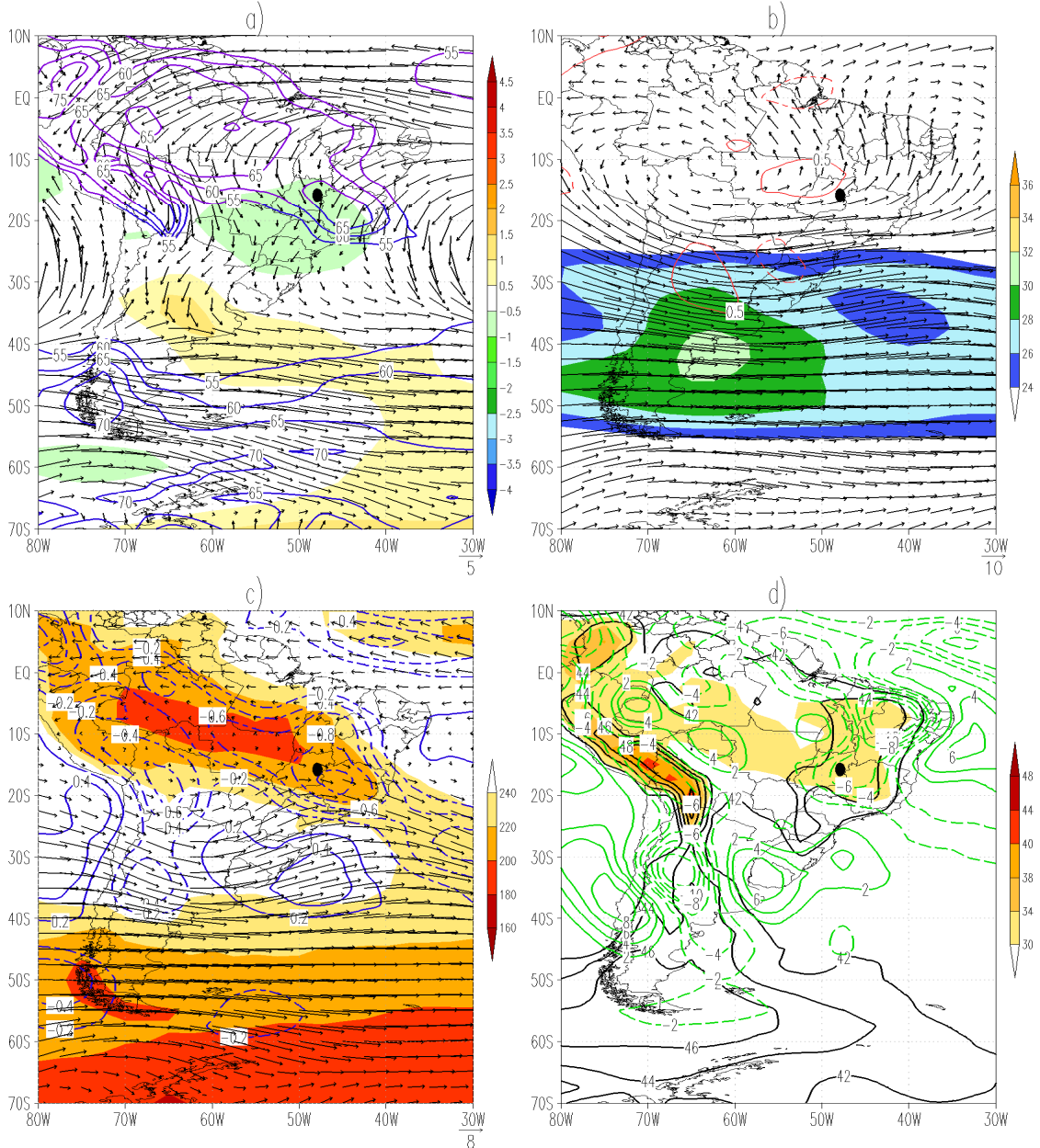


Figura 29 – Chuva de 5 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva 6 dias - Out-Nov-Dez

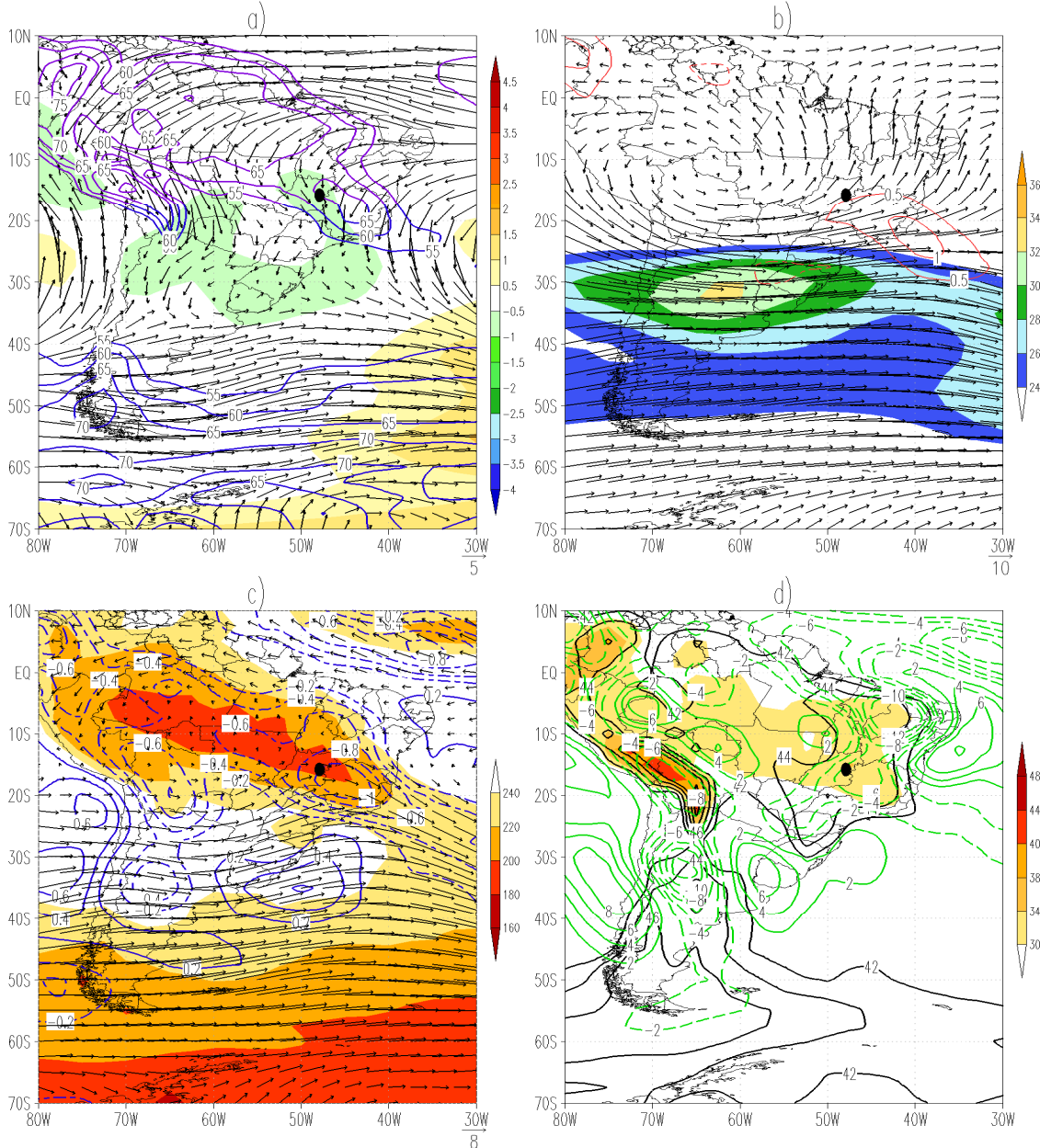


Figura 30 – Chuva de 6 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

Chuva de 7 dias - Out-Nov-Dez

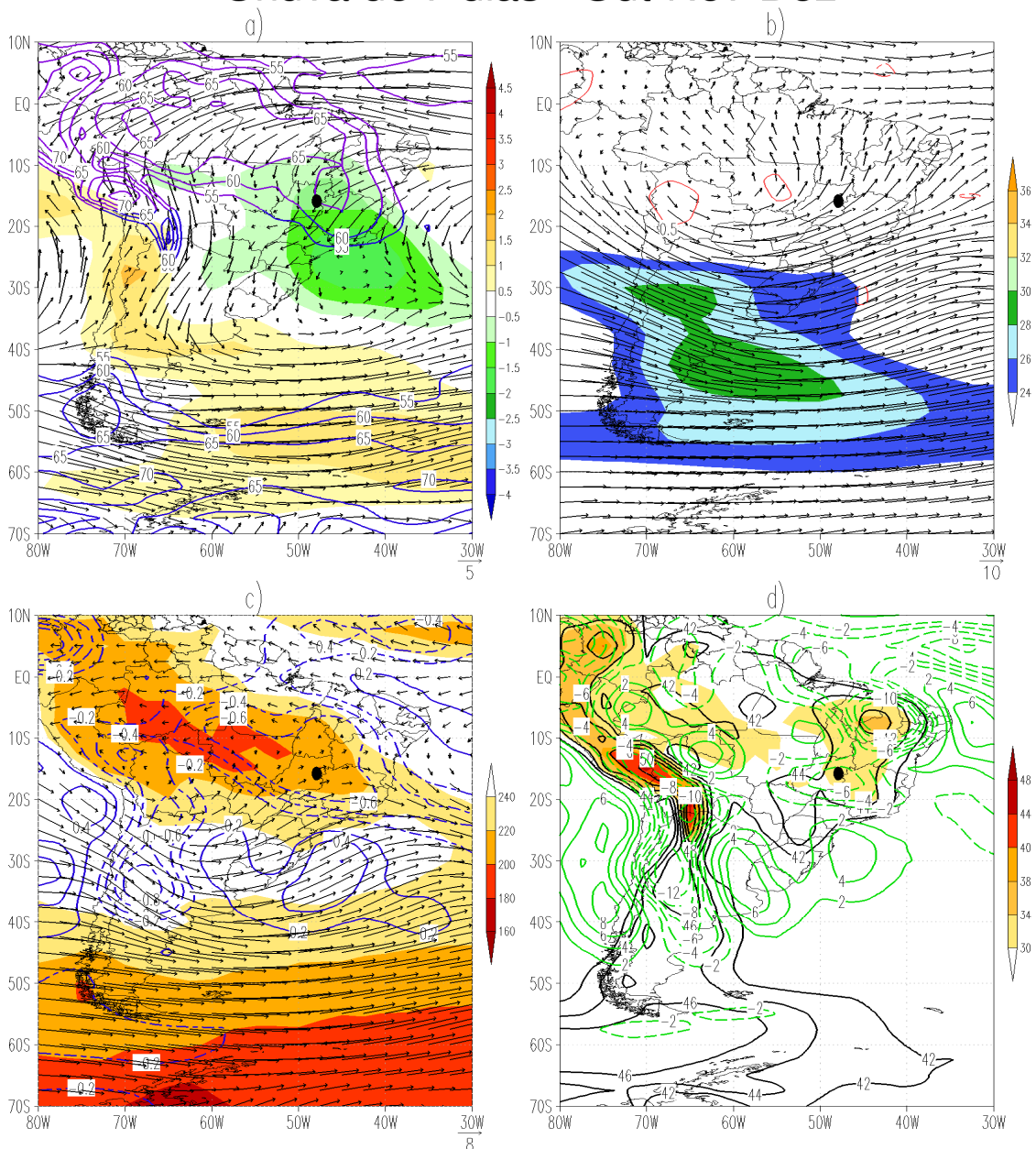


Figura 31 – Chuva de 7 dias para Out-Nov-Dez: a) Anomalia de temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (sombreado), vento (m/s) em 850 hPa (vetor) e umidade média na camada entre 850 e 500 hPa (contorno); b) Vento (m/s) em 250 hPa (vetor), magnitude do vento acima de 24 m/s em 250 hPa (sombreado) e divergência do vento em 250 hPa (contorno); c) Velocidade vertical em 500 hPa (10^{-1} Pa/s) (contorno), vento (m/s) em 500 hPa (vetor) e ROL abaixo de 240 W/m^2 (sombreado); d) Índice TT acima de 42 (contorno), índice K acima de 30 (sombreado) e divergência do fluxo de umidade específica (10^{-5} g/kg.s) contorno verde.

4.3. ANÁLISE DO DIAGRAMA BOX-PLOT DA PRECIPITAÇÃO DE 1 A 7 DIAS DE BRASÍLIA

A Figura 32 mostra o gráfico *Box-Plot* para as sete sub-amostras de precipitação diária. Em todos os casos foram verificados valores extremos (*outliers*), exceto na sub-amostra de 5 dias consecutivos de chuva (Figura 32e), que apresentou um limiar superior de 150,0 mm, onde valores acima desse são considerados *outliers*.

Na sub-amostra de 1 dia de chuva foram encontrados 17 *outliers* a partir do limiar de 38,0 mm, variando de 38,0 mm a 68,0 mm (Figura 32a). Na Figura 32b, referente à sub-amostra de 2 dias consecutivos de chuva, detectou-se 12 extremos de chuva acima do limiar de 60,0 mm, oscilando entre 63,5 mm e 98,5 mm. Por outro lado, os casos de 3 dias consecutivos de precipitação apresentaram 6 extremos superior ao limiar de 71,0 mm, variando de 84,1 mm a 105,8 mm, conforme Figura 32c. A sub-amostra de 4 dias de chuva consecutiva (Figura 32d) mostrou 3 *outliers* (106,0 mm, 108,8 mm e 181,3 mm) acima do limiar de 98,0 mm. Nos casos de 6 dias de chuva (Figura 32f), também foram encontrados 3 valores extremos (153,7 mm, 162,6 mm e 189,5 mm) acima do valor limite de 117,0 mm. Finalmente, para os casos de 7 dias consecutivos com precipitação (Figura 32g) foram observados 2 *outliers* (155,9 mm e 158,8 mm) acima do limiar de 144,0 mm. A Tabela 5 mostra o resumo das informações obtidas nos diagramas *Box-Plot*. Nas Tabelas 6 a 11, podem ser visto os valores dos *outliers* identificados em cada sub-amostra.

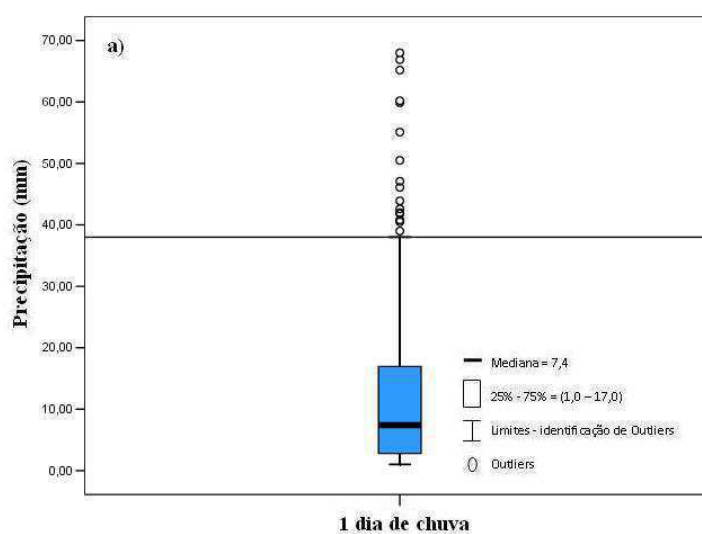


Figura 32 – Diagrama *Box-Plot* da chuva de Brasília: a) 1 dia de chuva.

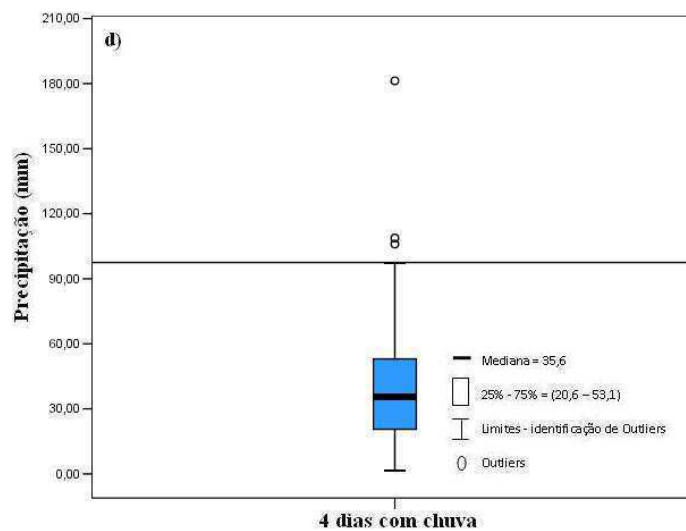
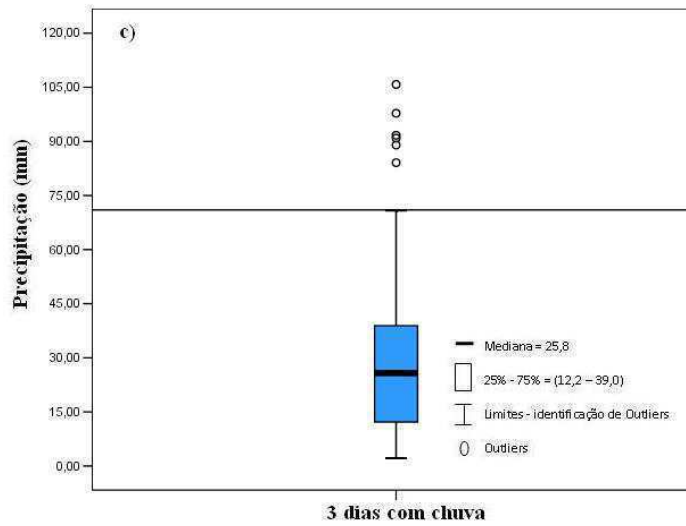
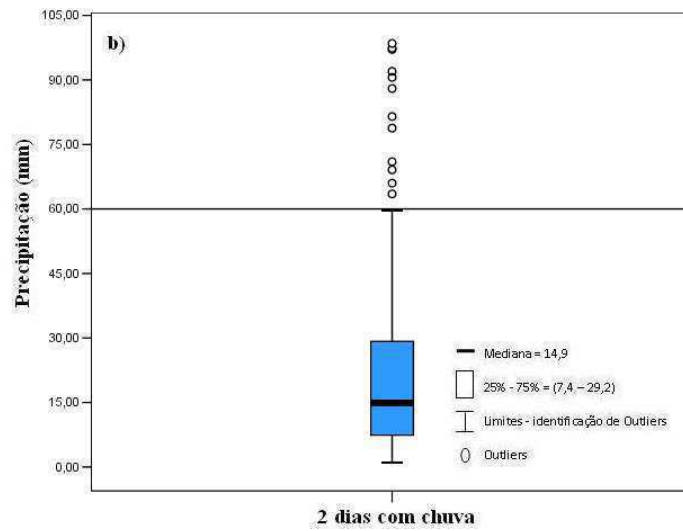


Figura 32 – Diagrama *Box-Plot* da chuva de Brasília: b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva e d) 4 dias de chuva.

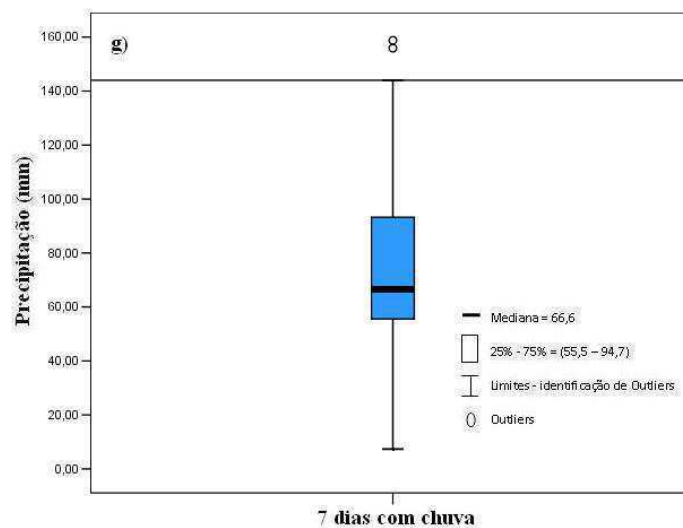
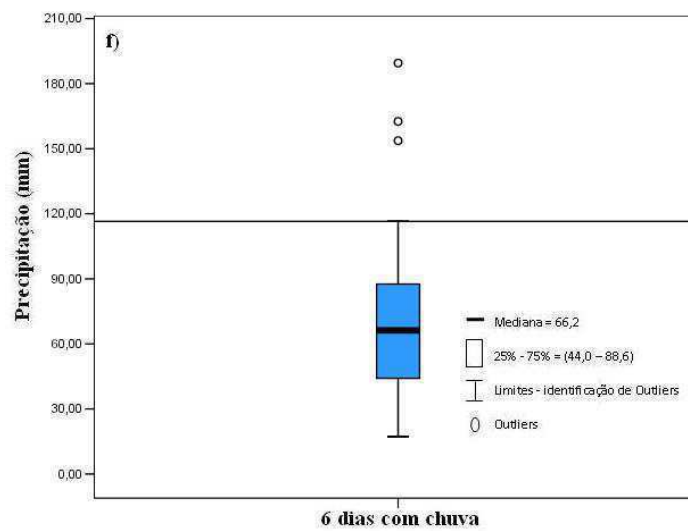
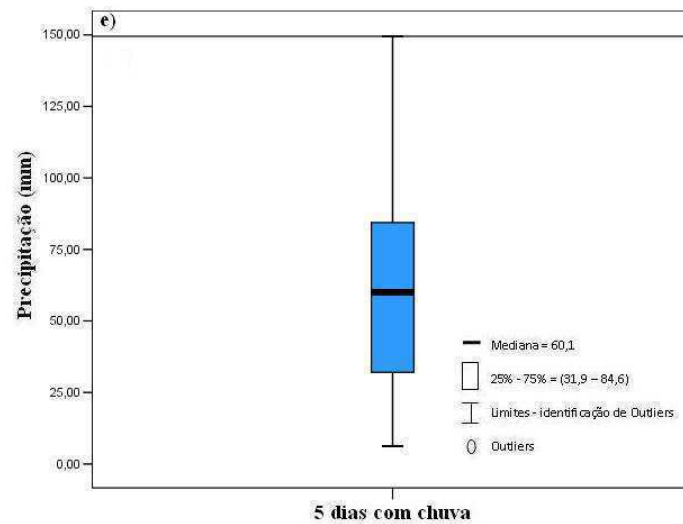


Figura 32 – Diagrama *Box-Plot* da chuva de Brasília: e) 5 dias de chuva, f) 6 dias de chuva e g) 7 dias de chuva.

Tabela 5 – Resumo das informações obtidas no diagrama *Box-plot* para as sub-amostras de chuva.

| Precipitação | Limite superior (Ls) em (mm) | Nº de <i>Outliers</i> | Intervalo (mm) |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1 dia | 38,0 | 17 (7 na Primavera) | 38,0 a 68,0 |
| 2 dias | 60,0 | 12 (6 no Outono) | 63,5 a 98,5 |
| 3 dias | 71,0 | 6 (3 na Primavera) | 84,1 a 105,8 |
| 4 dias | 98,0 | 3 (2 na Primavera) | 106,0 a 181,3 |
| 5 dias | 150,0 | - | - |
| 6 dias | 117,0 | 3 (2 no Outono) | 153,7 a 189,5 |
| 7 dias | 144,0 | 2 (2 no Verão) | 155,9 e 158,8 |

Tabela 6 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 1 dia de chuva.

| Data | Precipitação (mm) |
|-------------|--------------------------|
| 8/11/1981 | 41,8 |
| 23/9/1982 | 42,6 |
| 29/8/1984 | 68,0 |
| 4/5/1985 | 42,0 |
| 21/10/1988 | 59,9 |
| 23/12/1988 | 60,2 |
| 3/3/1989 | 55,1 |
| 1/4/1994 | 46,1 |
| 20/1/1995 | 38,0 |
| 17/1/1997 | 39,0 |
| 25/10/1997 | 47,1 |
| 18/3/1998 | 65,2 |
| 4/10/1999 | 66,9 |
| 13/11/2002 | 40,5 |
| 18/3/2005 | 43,9 |
| 29/10/2005 | 40,8 |
| 30/3/2008 | 50,5 |

Tabela 7 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 2 dias de chuva.

| Data | Precipitação (mm) |
|-------------------------|--------------------------|
| 20/3/1981 à 21/3/1981 | 81,5 |
| 2/4/1987 à 3/4/1987 | 90,6 |
| 2/1/1991 à 3/1/1991 | 88,0 |
| 1/10/1991 à 2/10/1991 | 97,1 |
| 9/4/1992 à 10/4/1992 | 66,0 |
| 27/11/1993 à 28/11/1993 | 97,4 |
| 21/4/2001 à 22/4/2001 | 92,0 |
| 9/1/2005 à 10/1/2005 | 71,0 |
| 18/4/2006 à 19/4/2006 | 69,1 |
| 10/11/2007 à 11/11/2007 | 63,5 |
| 27/4/2008 à 28/4/2008 | 78,8 |
| 12/4/2009 à 13/4/2009 | 98,5 |

Tabela 8 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 3 dias de chuva.

| Data | Precipitação (mm) |
|-------------------------|--------------------------|
| 15/10/1981 à 17/10/1981 | 91,7 |
| 30/10/1985 à 1/11/1985 | 97,8 |
| 13/7/1990 à 15/7/1990 | 89,0 |
| 27/11/2008 à 29/11/2008 | 105,8 |
| 25/4/2009 à 27/4/2009 | 90,9 |
| 19/3/2010 à 21/3/2010 | 84,1 |

Tabela 9 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 4 dias de chuva.

| Data | Precipitação (mm) |
|-------------------------|--------------------------|
| 7/4/1991 à 10/4/1991 | 108,8 |
| 29/10/2000 à 1/11/2000 | 181,3 |
| 28/12/2003 à 31/12/2003 | 106,0 |

Tabela 10 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 6 dias de chuva.

| Data | Precipitação (mm) |
|-----------------------|--------------------------|
| 8/2/1983 à 13/2/1983 | 189,5 |
| 15/4/1988 à 20/4/1988 | 162,6 |
| 21/4/1992 à 26/4/1992 | 153,7 |

Tabela 11 - Valores de outliers identificados na sub-amostra de 7 dias de chuva.

| Data | Precipitação (mm) |
|----------------------|--------------------------|
| 9/3/1988 à 15/3/1988 | 158,8 |
| 3/3/1994 à 9/3/1994 | 155,9 |

4.4. ESTIMATIVA DOS LIMITES MÁXIMOS DE PRECIPITAÇÃO EM BRASÍLIA PARA PERÍODO DE RETORNO FIXO

Com base nos estudos realizado por Mesquita (2009) ao analisar as chuvas máximas do Estado de Goiás, construiu-se um gráfico onde os valores do período de retorno (T_r) foram lançados no eixo X e as chuvas máximas esperadas (obtidas pela relação entre a variável reduzida de Gumbel e a magnitude máxima de um evento) no eixo Y, conforme mostrado na Figura 33. A Tabela 11 sintetiza de forma resumida os resultados obtidos da máxima precipitação esperada para os períodos de retorno 10, 30, 50 e 100 anos de cada sub-amostra e as respectivas equações obtidas por regressão logarítmica que possibilita a obtenção da precipitação máxima para cada T_r .

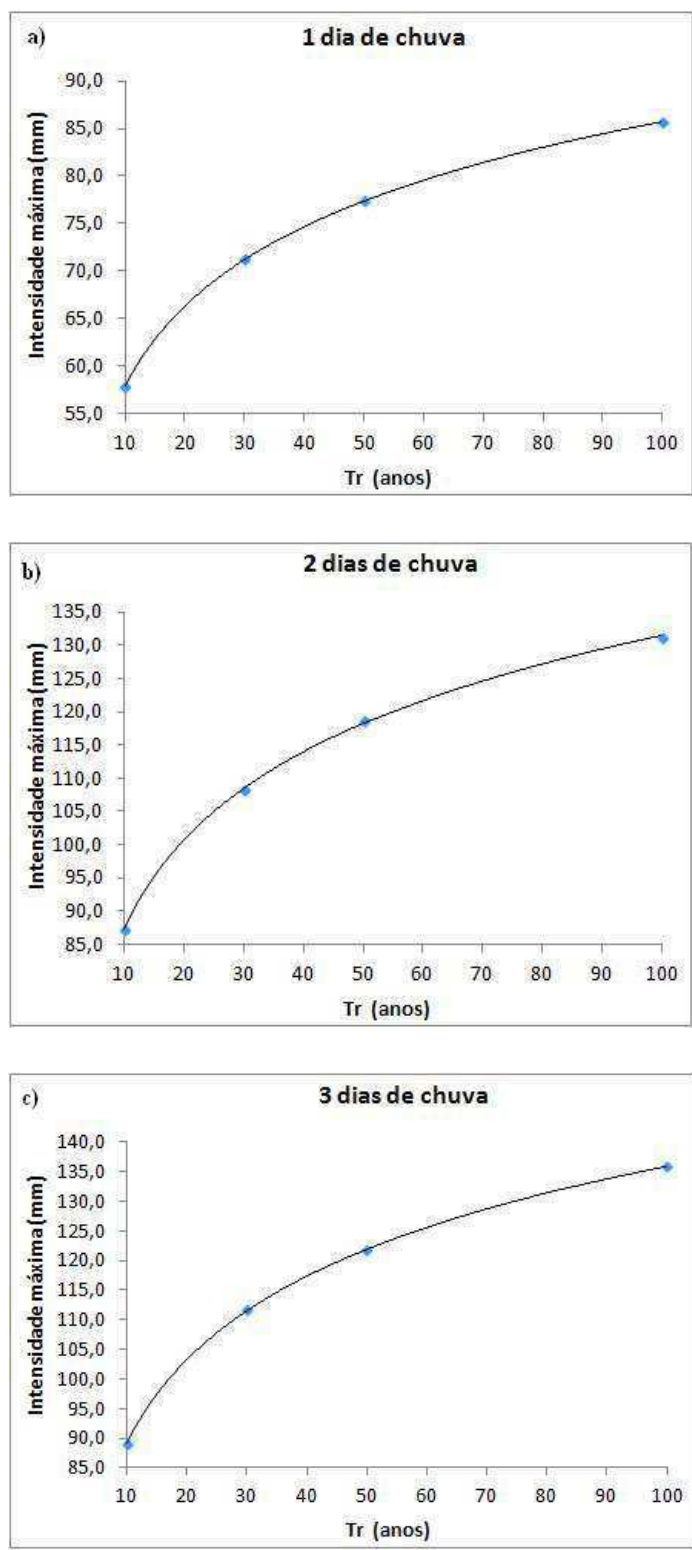


Figura 33 - Curva dos valores da máxima precipitação esperada para diferentes períodos de retorno. a) 1 dia de chuva, b) 2 dias de chuva e c) 3 dias de chuva.

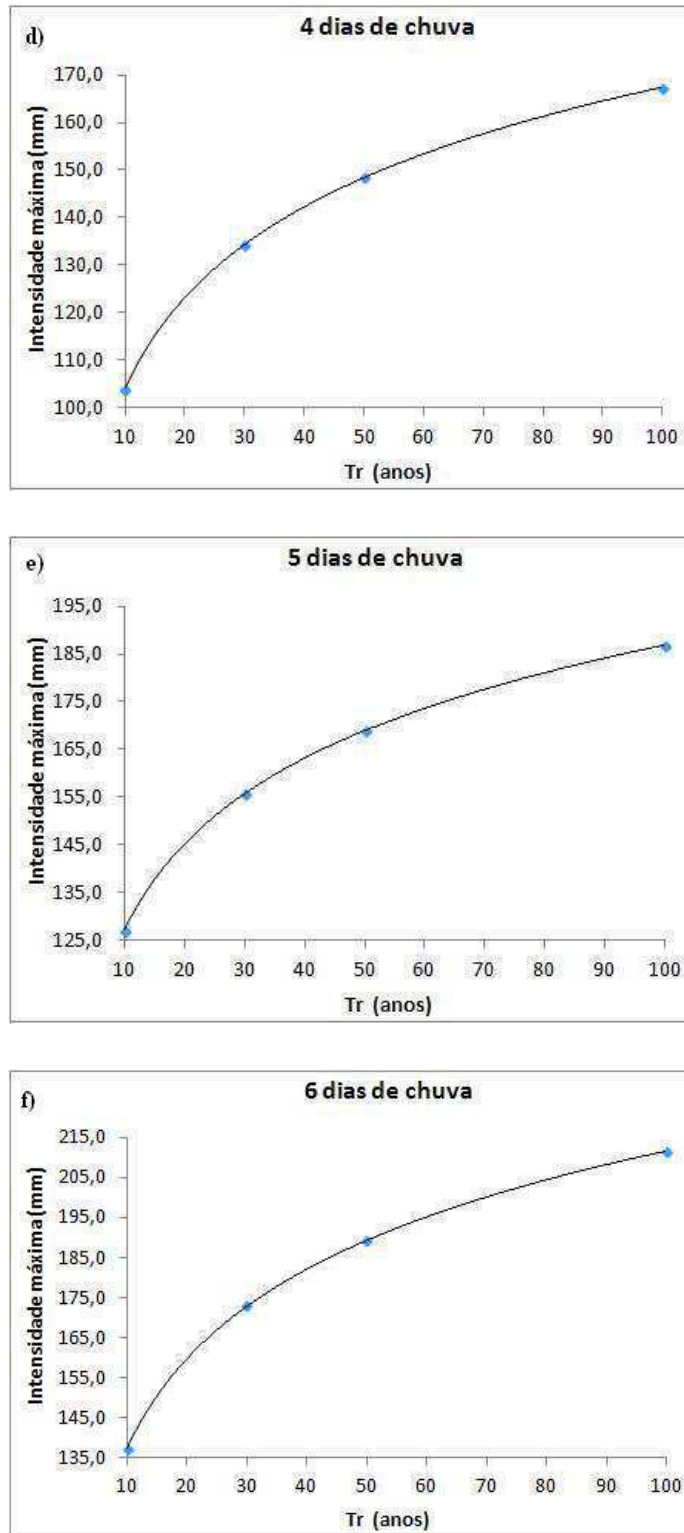


Figura 33 - Curva dos valores da máxima precipitação esperada para diferentes períodos de retorno. d) 4 dias de chuva, e) 5 dias de chuva e f) 6 dias de chuva.

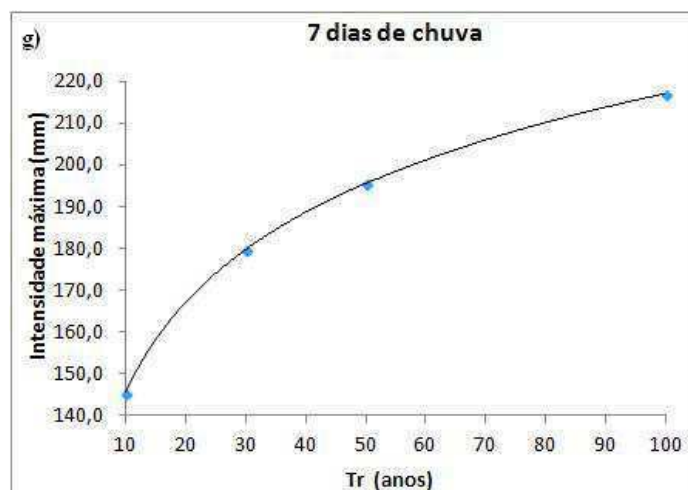


Figura 33 - Curva dos valores da máxima precipitação esperada para diferentes períodos de retorno. g) 7 dias de chuva.

Tabela 12 - Precipitações máximas esperadas (mm) para diferentes períodos de retorno, e suas respectivas equações.

| Precipitação | Período de retorno (anos) | | | | Equações |
|--------------|---------------------------|-------|-------|-------|--|
| | 10 | 30 | 50 | 100 | |
| 1 dia | 57,9 | 71,3 | 77,4 | 85,6 | $Prec = 12,037 \cdot \ln(Tr) + 30,254$ |
| 2 dias | 87,2 | 108,4 | 118,7 | 131,1 | $Prec = 19,155 \cdot \ln(Tr) + 43,25$ |
| 3 dias | 89,1 | 111,6 | 121,9 | 135,8 | $Prec = 20,29 \cdot \ln(Tr) + 42,465$ |
| 4 dias | 104,0 | 134,5 | 148,5 | 167,2 | $Prec = 27,47 \cdot \ln(Tr) + 40,889$ |
| 5 dias | 127,0 | 155,8 | 169,0 | 186,7 | $Prec = 25,944 \cdot \ln(Tr) + 67,386$ |
| 6 dias | 137,2 | 173,0 | 189,3 | 211,4 | $Prec = 32,233 \cdot \ln(Tr) + 63,129$ |
| 7 dias | 145,2 | 179,8 | 195,6 | 216,9 | $Prec = 31,153 \cdot \ln(Tr) + 73,617$ |

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos, usando a distribuição de probabilidade Log-Normal, ajustada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, mostraram que a distribuição é apropriada para valores de chuva diária, em Brasília. A precipitação em cada mês apresentou a probabilidade de ocorrência concentrada nas três primeiras classes teóricas da distribuição supracitada variando entre 82,2 e 97,1%, em que no período chuvoso a magnitude oscila entre 1,0 a 46,0 mm, enquanto que no período seco de 1,0 a 34,0 mm.

Para as sub-amostras de 1 até 7 dias de chuva, individualmente, as probabilidades de ocorrência nas três principais classes teóricas foram: 1 dia (92,4%), 2 dias (77,3%), 3 dias (82,1%), 4 dias (88,8%), 5 dias (71,9%), 6 dias (69,5%) e 7 dias (63,7%). As magnitudes relacionadas a cada caso foram as seguintes: 1 e 2 dias (1,0 a 28,0 mm), 3 dias (2,1 a 45,6 mm), 4 dias (1,6 a 73,6 mm), 5 dias (6,2 a 77,2 mm), 6 dias (17,2 a 83,2 mm) e 7 dias (27,3 a 87,3 mm).

De um modo geral a maior contribuição das sub-amostras coincidiu com o mês em que se registrou a maior ocorrência de tais eventos, sendo o mês de outubro referência para os casos de 1 e 4 dias de chuva, novembro para 3 e 6 dias de chuva e janeiro para 7 dias consecutivos de chuva. Os casos de 2 dias consecutivos de chuva têm maior contribuição em abril e maior ocorrência em outubro. Já os eventos de 5 dias de chuva mostraram maior contribuição em março e maior ocorrência em janeiro.

O diagrama *Box-Plot* permitiu estabelecer os valores limites de precipitação, identificar os *outliers* para 1, 2, 3, 4, 6 e 7 dias de chuva e verificar a estação do ano em que ocorre maior parte dessas anomalias, sendo: 38,0 mm (7 *outliers* na primavera), 60,0 mm (6 no outono), 71,0 mm (3 na primavera), 98,0 mm (2 na primavera), 117,0 mm (2 no outono), 144,0 mm (2 no verão), respectivamente. Os casos de 5 dias de chuva não mostraram valor anômalo, no entanto o valor limite foi 150,0 mm.

Com base nas precipitações máximas da série temporal considerada neste trabalho, utilizando a relação entre a variável reduzida de Gumbel e a magnitude de um evento máximo, foram encontrados os máximos valores esperados das sub-amostras de 1 até 7 dias de chuva para os períodos de retorno 10, 30, 50 e 100 anos bem como as equações logarítmicas obtidas por regressão para cada caso.

Conforme análise média dos campos compostos das sub-amostras estudadas, levando-se em conta a sazonalidade, sugere-se que durante o verão (janeiro a março) as chuvas podem ser regidas por instabilidade associada à AB (1 a 4 dias de chuva) e ZCAS (5 a 7 dias de chuva). Durante o outono (abril a junho) e inverno (julho a setembro), as precipitações podem ter sido causadas pela atuação de SF (casos de 1 a 4 dias de chuva no outono, e 1 a 3 dias de chuva no inverno). Os demais casos de precipitação praticamente não foram verificados nessas estações do ano. Já na primavera (outubro a dezembro) verificou-se que a instabilidade pode estar associada à AB (1 e 3 dias de chuva), SF (2 dias de chuva) e ZCAS (4 a 7 dias de chuva).

Em todos os casos de chuvas de 1 a 7 dias o vento mostrou predominância de nordeste, no entanto, durante o verão (janeiro a março) para o caso de 1 dia de chuva constatou-se vento quente sobre o DF, enquanto que para os eventos de 3 a 5 dias de chuva ventos frios. Na primavera (outubro a dezembro) o caso de 1 dia de chuva mostrou vento quente sobre o DF, enquanto que os eventos de 4 a 7 dias ventos frios. Os casos de ventos quentes mencionados estão relacionados com chuvas do tipo convectivas, enquanto que os casos de ventos frios estão associados a sistemas meteorológicos permanentes sobre o DF, como a ZCAS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. M. B. **Características climatológicas do regime de chuva em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em meteorologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

ARAÚJO, L. E.; SILVA, D. F.; FREITAS, A.; COSTA, A. M. N. Variabilidade espaço temporal das chuvas extremas na bacia do rio Paraíba no ano de 2004. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4, Fortaleza, Ceará, 2005. **Anais...** CD Rom.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS, A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.23, n.2, p.162-169, 2008.

ARPINO, D. S. **Avaliação teórica, numérica e probabilística de fundações rasas tracionadas**. 2011. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Ciência, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161 p.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332 p.

BACK, Á. J. Análise das máximas intensidades de chuva para a região de Urussanga – SC. CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA, 7., 1996, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: FENEA, 1996. p. 75–80.

BELTRAME, L. F. S.; LANA, A. E. L.; LOUZADA, J. A. S. **Chuvas Intensas**. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 1991. 69 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985.

CASTRO, C. A. C.; CAVALCANTI, I. F. A. Teleconexões e a ZCAS durante o verão austral 2003/2004. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza – Ceará. **Anais...** Fortaleza, 2004.

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, C. P. B.; RIBEIRO, A. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas – SP , v.10, n.1, p. 153-162, 2002.

CHOW, V. T. **Statistical and probability analysis of hydrologic data: part. I.** Frequency analysis in. CHOW, V. T. (ed) Handbook of applied hydrology. New York: MacGraw-Hill, 1964. p. 1-42.

CRUZ, M. A. S. **Atlas de alturas pluviométricas médias e prováveis para o Estado de Sergipe.** Relatório técnico Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010.

DE MARIA, M. Linear response of a stratified tropical atmosphere to convective forcing. **Journal of the Atmospheric Science**. New York, v. 42, p. 1944-1959, 1985.

ELTZ, F. L. P.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E. A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 265-269, maio/ago. 1992.

FARIAS, J. F. S. **Previsão de chuva a curtíssimo prazo na área de abrangência do radar meteorológico de São Paulo.** 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FIGUEIROA, S. N. **Estudo de Sistemas de Circulação de Verão sobre a América do Sul e suas Simulações com Modelos Numéricos**, 1997, 181 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos, 1997.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: Org. GALVANI, Emerson, LIMA, Nádia Gilma Beserra de. **Climatologia aplicada: Resgate aos estudos de caso.** Curitiba: Editora CRV, 2012. 191p.

GANDU, A. W.; GEISLER, J. E. A primitive equations model study of the effect of topography on the summer circulation over South America. Aceito para publicação no **Journal of the Atmospheric Science**, New York, v. 48, n. 16, p. 1822-1836, 1990.

GUTMANN, G.; SCHWERDTFEGER, W. S. The role of latent and sensible heat for the development of a high pressure system over the tropical Andes, in the summer. **Meteor. Rundsch**, Jg. Heft, n. 18, p. 1-7, 1965.

HERSFIELD, D. M.; KOHLER, M. A. An empirical appraisal of the Gumbel extreme value procedure. **Journal of Geophysical Research**, v. 65, n. 6, p. 1737-1746, 1960.

HOUZE, R. A. JR. **Cloud Dynamics**. Academic Press, 1993. 573 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, **Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990**. Edição revista e ampliada. Brasília: INMET, 2009, 87p.

KOUSKY, V. E. Pentad outgoing longwave *radiation* climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, n. 3, p. 217-231, 1988.

KOUSKY, V. E.; ELIAS, M. **Meteorologia Sinótica: Parte 1** . INPE 2605 MD/021. 1982. 107p.

KRUELS, R.; FRAEDRICH, K.; RUPRECHT, E.R. An aerological climatology of South America. **Meteorologische Rundschau**. Nova Zelândia, n. 28, p. 17-24, 1975.

LANNA, A. E. **Elementos de estatística e probabilidade**. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 1993. p. 79-176.

LEOPOLDO, P. R.; SANSIGOLO, C. A.; MARTINS, D. Análise estatística das intensidades e precipitações máximas de Botucatu. **Irrigação e tecnologia moderna**, Brasília, v. 16, p. 11-14, mar. 1984.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in Southeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, São Paulo, v.101 , n. 1-2, p. 121-135, 2010.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A., OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Revista de Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 327-332, Abr.- Jun., 2008.

LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C; CORREA, M. M.; VILAS BOAS, M. A. Precipitação provável e equação de chuvas intensas para o município de Cascavel – PR.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001. 1 CD-ROM.

MADDOX, R. A. An objective technique for separating macroscale and mesoscale features in Meteorological data. **Monthly Weather Review**, New-York-USA, v. 108, p. 1108-1121, 1980.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, S.; NICOLINI, M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP–NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, Boston, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, June. 2004.

MARQUELLI, R. P. **O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro**. 2003. 64f. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) - ISEA-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília – DF, 2003.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2007.

MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 39, n. 2, p. 73-81, abr./jun. 2009.

MILLER, R. C. **Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central**. Tech. Report 200, Air Weather Service, United States Air Force, 1972.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 713-725, 2003.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.

NEMICHANDRAPPAN, M.; BALAKRISHNAN, P.; SENTHILVEL, S. Probability and confidence limit analysis of rainfall in Raichur region. **Journal of Agricultural Science**, Karnataka, v. 23, n. 5, p. 737-741, 2010.

- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- NOBUKUNI, P. **Análise das precipitações com duração de 5 minutos a 24 horas, nas regiões de Jaboticabal e Presidente Prudente**. 2000. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- OSBORN, H. B.; LANE, L. J.; MYERS, V. A. Rainfall watershed relationships for southwestern thunderstorms. **Transactions of the ASAE**, Michigan, USA, v. 23, n. 1, p. 82-87, 1980.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- PINTO, F. R. L. **Equações de intensidades-duração-freqüência da precipitação para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo: estimativa e espacialização**. 1999. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1976.
- QUADRO, M. F. de L. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul ZCAS sobre a América do Sul**. 1994. 4f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.
- RAIMUNDO, C. C. **Análise estatística multivariada da precipitação no nordeste brasileiro e sua relação com a Oscilação Decadal do Pacífico**. 2008. 75p. Monografia (Graduação em Meteorologia). UFAL. Maceió – AL, 2008.
- RIBEIRO, A. M.; LUNARDI, D. M. C. A precipitação mensal provável para Londrina – PR, através da função gama. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.12, n.4, p.37-44, 1997.
- RODRIGUES, L. N.; PRUSKI, F. F. **Precipitação provável para João Pinheiro, Minas Gerais, utilizando as funções de distribuição de probabilidades gama e log-normal**. Disponível em: <www.ufv.br/Dea/revista/v5n3.htm> Acesso em: 26 nov. 2011.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G; MORAES, J. F. de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas – São Paulo, v.66, p.711-720, 2007.

SADLER, J. **The upper tropospheric circulation over the global tropics**. Dept. of Meteorology, University of Hawaii, UHMET 75-05: 35 p. 1975.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; SOUZA, M. R.; GUIMARÃES, J. C.; SILVA, A. M. Precipitação provável para o município de Lavras-MG, região Sul de Minas Gerais, utilizando a distribuição Log-normal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 382-389, abr./jun.1999.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917–2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.23, n.3, p. 341-346, 2008.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; DIAS, S. P. L.: Tropics: South América, Meteorology of the Southern Hemisphere. D. Karoly and D. Vincent, Eds., American Meteorological Society, **Meteorological Monographs**, Boston, n 49, p. 119-140, 1998.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro 1987; v. 2, p. 133- 150.

SILVA DIAS, P.L.; SCHUBERT, W.H.; DE MARIA, M. Large-scale response of the tropical atmosphere to transient convection. **Journal of the Atmospheric Sciences**, Fort Collins-USA, n. 40, p. 2689-2707, 1983.

SOUZA, O. R. M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M.; NETO, J. A. P.; PANTOJA, A. V.; SADECK, L. W. R. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.9, p.999–1005, 2012.

STERN, R. D.; COE R. The use of rainfall models in agricultural planning. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.26, p. 25-50, 1982.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

VIEIRA, D. B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R. P. Análise das intensidades máximas de chuva em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 255-60, maio/ago. 1994.

VIEIRA, S. R.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I. T. Mapeamento de chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 15, p. 93-98, jan./abr. 1991.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p.

VIRJI, H. A preliminary study of the summertime tropospheric circulation patterns over South America from cloud winds. **Monthly Weather Review**, v. 19, p. 599-610, 1981.

WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle de erosão pluvial no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. (Documentos, 85).

ZAINUDINI, M. A.; MARRIOTT, M. J.; MIRJAT, M. S.; CHANDIO, A. S. Establishing intensity duration frequency curves for Sistan and Balochistan provinces of Iran. **Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences**, v. 27, n. 2, p. 115-124, 2011.