

VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA

MODELO PARA A GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE PRECIPITAÇÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

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

T

O48m
2003

Oliveira, Vicente de Paulo Santos de, 1965-
Modelo para geração de séries sintéticas de precipitação
/ Vicente de Paulo Santos de Oliveira. – Viçosa : UFV,
2003
156p. : il.

Orientador: Fernando Falco Pruski
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Precipitação (Meteorologia) - Simulação por com-
putador. 2. Precipitação (Meteorologia) - Probabilidades.
3. CLIMABR (Programa de computador) - Metodologia.
4. Climatologia - Modelos estocásticos. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 551.577011

CDD 20.ed. 551.577011

VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA

MODELO PARA A GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE PRECIPITAÇÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

Aprovada em 7 de fevereiro de 2003

Prof. Demetrius David da Silva
(Conselheiro)

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama

Prof. Márcio Mota Ramos

Prof. Daniel F. de Carvalho

Prof. Fernando Falco Pruski
(Orientador)

Aos meus pais, Jorge Vicente e Risomar,

À minha querida Esposa, Rose Mara,

Às minhas adoráveis filhas, Anna Mara e Karinne, e

Aos meus irmãos, parentes e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai, sempre presente em minha vida, que me iluminou em mais esta caminhada.

Ao amigo Fernando Falco Pruski, pela orientação, apoio, incentivo e compreensão, principalmente nos momentos mais difíceis, quando demonstrou ser um amigo fiel, cujo defeito irreparável é torcer pelo Grêmio.

Ao professor Salassier Bernardo e sua esposa, Dra. Elisabeth Rodrigues Bernardo, pelos incentivos e o apoio para enfrentar esta longa e difícil jornada.

Aos professores Marcos Heil Costa, Márcio Mota Ramos, Antônio Teixeira de Matos, Demétrius David da Silva, Daniel F. de Carvalho, Paulo Afonso Ferreira e Frederico Terra, co-responsáveis por esta importante conquista.

Aos amigos Herony Ulisses Mehl, Dolores Wolschick, Patrícia Luís, Sidney Sara Zanetti, Nori Paulo Griebeler e José Márcio Alves da Silva, pela amizade e convívio durante este curso.

Aos demais colegas e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo convívio amigável e fraterno, em especial à colega Edna Maria Soares.

À Universidade Federal de Viçosa, onde, mais uma vez, tive o prazer e o orgulho de estudar.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos – CEFET Campos, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Aos Amigos do CEFET Campos que sempre me apoiaram nesta empreitada, em especial aos Professores Adalcto Batista, Arismaldo Rangel, Cláudio Leal, Fátima

Gomes, Gustavo Terra, Izabel Cristina, Jorge Reis, José Cristóvão, José Luiz Boynard, José Pedrosa, Leila Ferreira, Marcelo Branco, Luiz Ricardo, Marcelo Peixoto, Marcellus Cerejo, Margarida Mussa, Marta Mignot, Mário Tito, Octávio Fernandes, Regina Coeli, Romeu Silva, Ronaldo Mansur, Salvador Ferreira, Sandra Gomes, Sueli Costa, Inês Mota e Wellington Silva.

Ao Parque de Alta Tecnologia Norte Fluminense – TECNORTE e à Fundação Estadual Norte Fluminense – FENORTE, pelos incentivos na conclusão deste trabalho.

Aos amigos do TECNORTE e da FENORTE, em especial a José Carlos Mendonça, Antônio Guzzo, José Manoel, Josane Mittmann, Doralice Maria, Bruno dos Santos, Carlos Libânio, José Gomes, Lourdes Angélica, Mônica de Lima, Márcio Nunes, Márcia Maria, Antônio Gesualdi, Maria Augusta, Natália Fonseca, Oscar Hugo, Wanderson Primo, Alexandre Malafaia, André Veloso, Frederico de Carvalho, Wallace Rudeck e Letícia Tonete, pela amizade e estímulo para a conclusão deste trabalho.

À Fundação Superintendência Estadual de Rio e Lagoas- SERLA, em especial ao Técnico Vanderlei de Souza Napoleão, e à Companhia LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A, pela cessão dos dados que permitiram a execução deste trabalho.

Às colegas Lúcia de Castro Goulart e Magda Toledo Barreto pela amizade e colaboração na revisão deste trabalho.

BIOGRAFIA

VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA, filho de Risomar Santos de Oliveira e Jorge Vicente de Oliveira, nasceu em Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, em 26 de janeiro de 1965.

Em 1982, concluiu o 2º grau na Escola Técnica Federal de Campos, diplomando-se em Técnico em Edificações.

Em 1985, iniciou o curso superior na Universidade Federal de Viçosa, diplomando-se, em julho de 1988, em Engenharia de Agrimensura.

Em dezembro de 1988, foi contratado pela Agro Industrial São João S/A – AGRISA, onde trabalhou como engenheiro até julho de 1992.

Em agosto de 1992, foi contratado, por concurso público, pela Escola Técnica Federal de Campos para o cargo de Professor de Ensino de 1º e 2º graus.

Em março de 1994, iniciou o curso de mestrado em Produção Vegetal, na área de concentração de Agricultura Irrigada, no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, concluindo-o em julho de 1996.

Em abril de 1999, iniciou o Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, área de Recursos Hídricos e Ambientais, na Universidade Federal de Viçosa.

Em abril de 2002, foi contratado, por concurso público, pelo Parque de Alta Tecnologia do Norte Fluminense – TECNorte -, como Técnico de Nível Superior de Geoinformática.

CONTEÚDO

LISTA DE SÍMBOLOS	1
RESUMO	5
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2. 1. Precipitação: importância, processos de formação e tipos	12
2. 2. Chuvas intensas	14
2. 2. 1. Chuvas intensas no Brasil	15
2. 2. 2. Chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro	17
2. 3. Perfil de precipitação	19
2. 4. Erosão hídrica e sua relação com a precipitação	22
2. 5. Modelagem hidrológica	23
2. 6. Geradores Climáticos	25
2. 6. 1. Ocorrência ou não de chuva	32
2. 6. 2. Precipitação total diária	33
2. 6. 3. Valor mínimo precipitado para um dia ser considerado chuvoso	36
2. 6. 4. Desagregação em múltiplos eventos	37
2. 7. Avaliação dos modelos	39
3. METODOLOGIA	44
3. 1. Obtenção dos dados de entrada	47

3. 1. 1. Base de dados	47
3. 1. 2. Informações obtidas dos dados pluviométricos	49
3. 1. 3. Informações obtidas dos dados pluviográficos	50
3. 2. Descrição do modelo	51
3. 2. 1. Determinação da ocorrência ou não de chuva	51
3. 2. 2. Precipitação total diária	52
3. 2. 3. Duração dos eventos	54
3. 2. 4. Intensidade máxima instantânea de precipitação	56
3. 2. 5. Tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação	57
3. 2. 6. Perfil de precipitação	59
3. 2. 6. 1. Função dupla exponencial	59
3. 3. Análise de desempenho do modelo	61
3. 3. 1. Obtenções das séries sintéticas	61
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4. 1. Número de dias chuvosos	63
4. 2. Probabilidades condicionais da cadeia de Markov	68
4. 2. 1. Probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso	68
4. 2. 2. Probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco	72
4. 3. Precipitação total diária	75
4. 4. Duração da precipitação	80
4. 4. 1. Duração da precipitação considerando parâmetros gerais	80
4. 4. 2. Duração dos eventos considerando parâmetros gerais e específicos	84
4. 5. Intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada considerando parâmetros gerais	86
4. 5. 1. Intensidade máxima instantânea de precipitação considerando parâmetros gerais	86
4. 5. 2. Intensidade máxima instantânea de precipitação considerando parâmetros gerais e específicos	89
4. 6. Tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado	90
5. RESUMO E CONCLUSÕES	93
6. RECOMENDAÇÕES	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
APÊNDICES	105
APÊNDICE A	106

APÊNDICE B	112
APÊNDICE C	117
APÊNDICE D	122
APÊNDICE E	127
APÊNDICE F	132
APÊNDICE G	137
APÊNDICE H	142
APÊNDICE I	147
APÊNDICE J	152

LISTA DE SÍMBOLOS

a, b, c, d	= = parâmetros da função dupla exponencial
a_1, b_2, c_3 e d_4	= parâmetros de ajuste
A_k	= frequência acumulada para o intervalo de classe, decimal
CD	= duração crítica, min.mês^{-1}
D	= duração efetiva do evento, h
D_{\max}	= diferença máxima entre $F(x)$ e $F'(x)$
E	= altitude, m
e	= base do logaritmo neperiano
$F(x)$	= função de distribuição de probabilidade empírica para uma determinada classe de frequência
$F'(x)$	= função de distribuição de probabilidade teórica com seus parâmetros especificados;
Fe_i	= frequência esperada
Fo_i	= frequência observada
g	= coeficiente de assimetria da precipitação total diária, adimensional
H_p	= valor do número aleatório a ser utilizado na padronização, adimensional
i_i	= intensidade máxima instantânea de precipitação, mm h^{-1}

i_i^*	=	intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada
$i(t)$	=	intensidade padronizada, decimal
i^*	=	intensidade padronizada
I_1	=	menor valor de entrada
I_{12}	=	média dos valores de entrada
I_2	=	maior valor de entrada
IC	=	intervalo de confiança;
k	=	numero de dias de uma seqüência
k	=	número de classes
m, k, n	=	parâmetros das equações
n	=	número de harmônicos a serem usados
N	=	número total de eventos de precipitação registrados na estação
N_d	=	número de dias do mês
ND	=	número de dias secos no mês, dias
NDM	=	número de dias do mês, dias
N_k	=	total acumulado de eventos com tempos de picos até o limite superior do intervalo
NW	=	número de dias chuvosos no mês, dias
NWD	=	número de dias chuvosos do mês tendo sido o anterior seco, dias
NWW	=	número de dias chuvosos do mês tendo sido o anterior chuvoso, dias
O_1	=	resultado obtido com o modelo para o menor valor de entrada
O_{12}	=	média dos resultados obtidos com o menor e o maior valores de entrada
O_2	=	resultado obtido com o modelo para o maior valor de entrada
$P(x)$	=	probabilidade de ocorrência diária de precipitação
P	=	precipitação total diária, mm
$P(W)$	=	média mensal da probabilidade de ocorrência de um dia chuvoso, decimal

$P(D/D)$	=	probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser seco tendo sido o anterior seco, decimal
$P(D/W)$	=	probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser seco tendo sido o anterior chuvoso, decimal
$P(W/D)$	=	probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco, decimal
$P(W/W)$	=	probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso, decimal
P_{ann}	=	precipitação anual, mm
P_{avg}	=	precipitação média mensal, mm
POT	=	probabilidade mensal de ocorrência de um traço
$Pr(x)$	=	probabilidade de ocorrência do evento x
PS	=	número de dias com precipitação pluviométrica superior a um traço
PT	=	número de dias com precipitação pluviométrica igual a um traço
P_c	=	precipitação total diária calculada sem correção
R	=	precipitação total diária, mm
$r(k)$	=	precipitação total diária na localização k
R_j	=	média mensal da precipitação no mês j
s	=	desvio padrão da precipitação total diária, mm
S	=	sensibilidade do modelo aos parâmetros de entrada
s_c	=	desvio padrão da precipitação total diária calculada a partir da série sintética
sgn	=	constante que define o sinal da variável normal padrão, adimensional
t	=	fator de aleatorização
t_i^*	=	tempo do início do evento até o momento de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação
t^*	=	tempo padronizado
$t_{0,025}$	=	valor de t crítico ao nível de 5,0%
x	=	variável aleatória contínua

x'	=	variável normal padrão, adimensional
\bar{x}	=	média gerada pelo modelo; e
y'	=	precipitação total diária subtraída de 0,25 mm, em mm
α_n	=	parâmetro de ponderação com valores variando entre 0 e 1 no dia n
α, β_1, β_2	=	parâmetros da distribuição exponencial mista
$\alpha_{0,5}$	=	razão entre a precipitação máxima ocorrida em 30 minutos e a precipitação total diária, adimensional
α_k, ϕ_k	=	Parâmetros
α_n	=	parâmetro de ponderação com valores variando entre 0 e 1 no dia n
α, β_1, β_2	=	parâmetros da distribuição exponencial mista
β_n, δ_n	=	médias da distribuição exponencial.
β	=	parâmetro de escala de x
β_n, δ_n	=	médias da distribuição exponencial.
Δ	=	parâmetro que expressa a relação entre os valores diários de intensidade máxima instantânea de precipitação e de intensidade média, adimensional
δ	=	razão entre os valores simulados e os observados
γ	=	parâmetro de forma
$\Gamma(\gamma)$	=	função Gama do parâmetro γ
θ	=	função harmônica
θ_k	=	parâmetro relacionado a variável
λ	=	coeficiente de ajuste da distribuição de Poisson
μ	=	média mensal da precipitação total diária, mm
μ_c	=	média mensal da precipitação total diária calculada
χ^2	=	variável aleatória Qui-quadrado
$\sigma^2_{(obs)}$	=	variância da variável observada
σ^2_{erro}	=	soma dos quadrados dos erros

RESUMO

OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Modelo de geração de séries sintéticas de precipitação.** Orientador: Fernando Falco Pruski. Conselheiros: Demetrius David da Silva e Marcos Heil Costa.

Dentre os elementos climáticos que mais interferem na vida humana, a precipitação é um dos que tem causado preocupação, tanto por sua falta como pelo excesso. Na área agrícola, muitos dos estudos relativos à precipitação têm buscado avaliar os efeitos advindos da sua ocorrência na erosão do solo. Neste caso, é de grande importância o conhecimento não só das informações relativas à lâmina precipitada, à duração e intensidade das chuvas mas, também, ao perfil da precipitação. As pesquisas sobre precipitação no Brasil têm-se restringido, na maioria das vezes, à previsão da lâmina total máxima ou da intensidade máxima provável, sendo esta feita com base em séries históricas, e apresentando especial interesse em projetos e obras de engenharia e no estudo de disponibilidade de água para o crescimento das culturas. Poucos trabalhos, no entanto, consideram o perfil correspondente a estas precipitações. A falta de modelos representativos tem forçado o uso de modelos desenvolvidos no exterior, contudo os resultados obtidos, muitas vezes, demonstram que eles não representam, adequadamente, as condições climáticas típicas do Brasil. Objetivou-se, com o presente trabalho, desenvolver um modelo para a geração de séries sintéticas de precipitação e do perfil instantâneo associado a estas para as condições climáticas encontradas no Estado do Rio de Janeiro. Inicialmente, utilizaram-se, no desenvolvimento do modelo, denominado CLIMABR, procedimentos utilizados em outros modelos pesquisados na

literatura sendo, posteriormente, procedidas as alterações necessárias para aumentar a eficiência do modelo desenvolvido para as condições de precipitação encontradas no Estado do Rio de Janeiro. Foram utilizados dados pluviométricos e pluviográficos de 11 estações da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA e da Companhia LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A.. Na série sintética gerada, foram obtidos, para cada dia simulado, a precipitação total diária, a duração dos eventos, os valores padronizados da intensidade máxima instantânea de precipitação e do tempo de sua ocorrência ao longo dos eventos. Estes dois últimos valores obtidos no modelo foram utilizados para a obtenção do perfil de precipitação representado por uma função dupla exponencial que foi ajustada a cada evento diário. A comparação dos dados gerados pelo CLIMABR com as observações para o número de dias chuvosos, para as probabilidades associadas da cadeia de Markov, além da precipitação total diária, mostrou um bom desempenho para a estimativa destas variáveis. Entretanto a análise do desempenho relativo à geração das variáveis pertinentes à representação do perfil de precipitação demonstrou um desempenho inadequado.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Vicente de Paulo Santos de, D.S., Universidade Federal de Viçosa, february 2003. **Model for generation of synthetic series of precipitation.** Adviser: Fernando Falco Pruski. Committee Members: Demetrius David da Silva and Marcos Heil Costa

Within the climatic elements which mostly interfere in human life, precipitation is one of those which has caused worry, so much for its lack as for its excess. In the agricultural area, many studies related to precipitation have tried to evaluate the effects resulting from its occurrence in soil erosion. In this case it is of great importance the knowledge of not only the information relative to precipitation, the duration and intensity of the rains, but, also to the profile of the precipitation. The researches about precipitation in Brazil have been restricted, most of the times, to the prediction of maximum –lamina total- or of the probable maximum intensity, this being done with the basis on historical series, and presenting special interest in projects and engineering projects and in the study of the availability of water for the growth of cultures. Even though few projects consider the corresponding profiles to these precipitations. The lack of representative models have forced the use of models developed abroad, despite the fact that the obtained results, many times, demonstrate that they do not adequately represent the typical climatic conditions in Brazil. The objective of the present paper is to develop a model for the generation of synthetic precipitation series and of the instantaneous profile associated to these for the climatic conditions found in the State of Rio de Janeiro. We initially utilized, in the development of the model, denominated

CLIMABR, procedures utilized in other models researched in literature being subsequently, proceeded the necessary alterations to increase the efficiency of the developed model for the precipitation conditions found in the State of Rio de Janeiro. Pluviometric and pluvigráfico data from eleven stations of the Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA and of Companhia LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A. were utilized. In the generated synthetic series, we obtained for each simulated day the total daily precipitation, the duration of the events, the standardized values of the instantaneous maximum precipitation and of the time of its occurrence throughout the events. These last two obtained values were utilized for the obtainment of the precipitation profile represented by a double exponential function which was adjusted to each daily event. The comparison of the data generated by CLIMABR with the observation to the number of rainy days, to the probabilities associated to the Markov chain, beyond the total daily precipitation, showed a good performance for the estimate of these variables. Meanwhile the analysis of the relative performance related to the generation of the variables pertinent to the representation of the precipitation profile demonstrated an inadequate performance.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do clima vem recebendo atenção especial do Homem ao longo do tempo, não só por influenciar diretamente no seu cotidiano mas, principalmente, por ser um dos principais fatores que afeta a produção de alimentos. Nos últimos anos, a humanidade despertou para as ameaças que pairam sobre a sua existência em decorrência do uso indiscriminado dos recursos naturais, o que tem provocado a degradação do ar, da água e do solo, causando profundas transformações ambientais, sobretudo no clima do planeta (ALVES, 2001).

A redução da disponibilidade de água no planeta, em quantidade e qualidade suficientes para atender à crescente demanda mundial, foi discutida em Johannesburgo, África do Sul, em agosto de 2002, por mais de 100 chefes de Estado. Neste evento, denominado Rio+10, a crise da água foi um dos temas centrais dos debates, sendo uma das principais preocupações a redução à metade, até 2015, do número de pessoas que não têm acesso à água de boa qualidade (atualmente na ordem de 1,1 bilhão), e que não dispõem de redes de esgotos (aproximadamente de 2,5 bilhões). Entretanto, nenhum país assumiu, efetivamente, o compromisso de contribuir financeiramente para que elas sejam atingidas (MADOV et al. , 2002).

A contínua e acelerada degradação ambiental praticada pelo homem tem sido provocada por vários fatores, dentre os quais destacam-se: os desmatamentos, que buscam a ampliação das fronteiras agrícolas, provocando a destruição das nascentes e o assoreamento dos cursos d'água; a ocupação desordenada das margens dos cursos d'água; uso inadequado do solo na área agrícola, que tem proporcionado um aumento das vazões máximas, que, por sua vez, tem originado enchentes cada vez mais

frequêntes, e a redução das vazões mínimas, que tem proporcionado grandes problemas de abastecimento e de geração de energia; e a utilização irracional da água pelos diversos usuários, gerando os conflitos pelo seu uso. A interação destes fatores, associada à necessidade de estimativas mais adequadas das precipitações, a fim de reduzir os prejuízos causados pelos eventos extremos, têm provocado um crescente interesse no estudo deste elemento climático.

Dos fatores citados, muitos estão relacionados com a erosão hídrica, processo decorrente do desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo causados pelo impacto das gotas da chuva e pelo escoamento superficial. O conhecimento das características das chuvas, principalmente dos totais precipitados e da variação da sua intensidade ao longo dos eventos, é fundamental para uma adequada representação destes processos. As pesquisas nesta área têm evoluído bastante, principalmente em função do uso de técnicas de simulação. Esta ferramenta, utilizada amplamente no meio científico, tem auxiliado pesquisadores e profissionais na avaliação dos impactos ambientais advindos do uso de sistemas de preparo e manejo do solo, bem como no dimensionamento de obras hidráulicas e no gerenciamento de recursos hídricos.

O emprego de dados obtidos a partir de geradores de precipitação em modelos de simulação hidrológica, principalmente naqueles utilizados na predição das taxas de escoamento superficial e de perdas de solo, tem-se intensificado nos últimos anos. Esses geradores, normalmente são desenvolvidos a partir de séries históricas disponíveis são avaliados em função da capacidade que apresentam para gerar dados com estatísticas similares às observadas nos dados históricos.

No Brasil, poucos trabalhos de pesquisa têm sido direcionados para a obtenção de modelos que possibilitem a geração de dados climáticos. Normalmente, as pesquisas se limitam ao estudo de frequência das séries históricas disponíveis ou a ajustes de funções de densidade de probabilidade a estes dados. Entendendo a necessidade e a importância da disponibilização de modelos que permitam a geração de dados de precipitação para serem utilizados em diversas áreas, principalmente em aplicações ligadas à agricultura e no dimensionamento de obras hidráulicas, realizou-se este trabalho, com o objetivo de desenvolver um modelo para geração de séries sintéticas de precipitação, com o qual seja possível obter, para cada dia chuvoso, as seguintes informações: precipitação total diária e duração efetiva dos eventos, além dos valores padronizados da intensidade máxima instantânea de precipitação e do tempo para sua

ocorrência, com os quais torna-se possível a obtenção do perfil correspondente à precipitação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Precipitação – Importância, processos de formação e tipos

Segundo VIANELLO E ALVES (1991), o clima numa determinada área é uma generalização ou a integração das condições do tempo para um certo período. Pode ser definido a partir dos valores representativos das variáveis meteorológicas na localidade de interesse durante um certo período de tempo (HARTMANN, 1994), sendo que as sofisticadas pesquisas e simulações sobre mudanças climáticas têm mostrado que as emissões excessivas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) podem provocar mudanças permanentes e irreversíveis no clima, determinando novos padrões de pluviosidade, o que acarretará, por exemplo, o incremento na frequência de chuvas intensas que podem favorecer a ocorrência de enchentes, entre outras mudanças (MARENGO, 2001-b).

Dentre os elementos climáticos que mais interferem na vida humana, a precipitação é a que tem mais causado preocupação, tanto pela sua falta como pelo seu excesso. O conhecimento das características da precipitação como a intensidade, o total precipitado e a duração, além da sua distribuição temporal e espacial, favorece o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, a otimização de atividades como a irrigação, a geração de energia, o abastecimento doméstico e industrial, além de possibilitar a prevenção e o controle de inundações e do processo erosivo do solo (TUCCI, 1997).

A precipitação é classificada como um hidrometeoro, o que, conceitualmente, é definido como um conjunto de partículas de constituição hídrica, no estado líquido ou sólido, em suspensão ou em queda livre na atmosfera. As principais formas de precipitação são a chuva, o chuveiro ou garoa, a neve, o orvalho e o granizo, sendo que no Brasil é a chuva que tem a maior importância (VIANELLO e ALVES, 1991; VAREJÃO-SILVA, 2001).

O processo físico que explica a formação da precipitação pluvial se inicia com o aquecimento do ar úmido próximo à superfície do solo. O aquecimento provoca a ascensão adiabática da massa de ar, que, à medida que se eleva na atmosfera, se expande e se resfria até alcançar o nível de condensação, quando atinge a saturação. A partir deste momento, a presença dos núcleos de condensação proporciona a formação e o crescimento de gotículas d'água, que precipitam após atingirem massa suficiente para vencer a resistência do ar. No processo de crescimento são formadas gotas de diferentes tamanhos, sendo que as gotas maiores adquirem maior velocidade de queda do que as menores, o que influencia diretamente na intensidade das precipitações (TUBELIS, 1984; VIANELLO e ALVES, 1991; VAREJÃO-SILVA, 2001).

A classificação das precipitações está relacionada com as condições que provocaram a elevação da massa de ar úmida à altitude onde ocorre a sua condensação. Em função destas condições, as precipitações podem ser do tipo orográfica, convectiva ou frontal.

As precipitações orográficas ocorrem devido às condições da topografia local, sendo que as massas de ar úmidas sofrem uma ascensão forçada sobre as grandes elevações, como o que ocorre nas regiões montanhosas. No Brasil, este tipo de precipitação é mais comum nas regiões costeiras, proporcionando chuvas com intensidades variando geralmente de baixa a moderada.

Típicas das regiões tropicais, de ocorrência comum no verão, as precipitações convectivas são formadas em virtude do aquecimento desigual da superfície terrestre e pela ascensão brusca do ar menos denso. Normalmente originam chuvas intensas de curta duração que se concentram em pequenas áreas.

O processo de formação das precipitações frontais é proporcionado pelo deslocamento vertical de uma massa de ar de densidade diferente de outra que se encontra em deslocamento horizontal. Normalmente, ocasionam chuvas de baixa intensidade e longa duração abrangendo grandes áreas, entretanto, em condições

particulares, podem também originar eventos de grande intensidade e curta duração (VILLELA e MATTOS, 1975; VAREJÃO-SILVA, 2001).

Nos grandes centros urbanos, a impermeabilização da superfície do solo decorrente da pavimentação das vias e da construção das edificações, associada à remoção da cobertura vegetal, causa a redução da infiltração das águas de chuva e, conseqüentemente, o aumento do escoamento superficial. Neste cenário, a ocorrência de precipitações de longa duração ou de grande intensidade tem causado grandes transtornos, tais como enchentes e deslizamentos de encostas que causam, como conseqüência, o desalojamento de famílias e, até mesmo, um grande número de mortes (COSTA, 2001).

2.2 Chuvas intensas

Chuva intensa é aquela cuja intensidade excede a um valor limite pré-estabelecido para uma determinada aplicação. Na prática, a fixação de um valor é difícil, pois os efeitos de uma chuva podem ser danosos num ambiente modificado, como ocorre nos centros urbanos, e não danosos em áreas rurais (FREITAS et al., 2001).

Segundo TUCCI (1997), as precipitações máximas são retratadas pontualmente pelas curvas de intensidade-duração-frequência (IDF), que se caracterizam pelo risco de uma precipitação ser igualada ou superada, relacionada com a sua duração e a intensidade, e por meio da precipitação máxima provável (PMP), que associa a probabilidade de ocorrência da maior lâmina pluviométrica correspondente a uma certa duração, sobre uma dada área em determinada época do ano.

Nos trabalhos de engenharia o conhecimento da equação de intensidade-duração-frequência apresenta grande interesse de ordem técnica em virtude de sua freqüente aplicação no dimensionamento de obras hidráulicas e nos trabalhos que visam à conservação de água e solo (FREITAS et al., 2001). O interesse nestes projetos é a estimativa da vazão máxima dos cursos d'água associada a um período de retorno, normalmente não disponível devido à falta de dados fluviométricos. Por este motivo, o engenheiro lança mão de métodos indiretos que façam a transformação chuva-vazão.

Os prejuízos decorrentes da incidência das chuvas intensas podem ser minimizados com a construção de estruturas de retardamento e regularização das vazões

de enchente, tais como reservatórios subterrâneos, vertedouros, bacias de acumulação e outros. O dimensionamento destas estruturas requer, entre outras informações, o conhecimento prévio das relações entre a intensidade, duração e frequência das chuvas intensas, assim como a estimativa do escoamento superficial decorrente da incidência de tais chuvas.

Em termos de previsão, é possível a identificação de eventos de grande intensidade através da formação de nuvens com o uso de imagens de satélite. Para isto, é necessário que se faça uma boa interpretação destas imagens, o que exige o reconhecimento dos padrões das nuvens e de suas características, porém a grande limitação, para que se possa tomar medidas preventivas e evitar gastos excessivos com os prejuízos causados, é que, normalmente, a formação destes eventos ocorre rapidamente em pequenas áreas. Na busca de prognósticos com maior antecedência possível, os meteorologistas usam uma série de dados de diversas fontes, tais como radar, estações meteorológicas e outros, para monitorar o desenvolvimento destes eventos (MARQUES, 1997; FERREIRA, 2002; FEDOROVA, 2001).

2.2.1 Chuvas intensas no Brasil

Em função de sua posição geográfica, localizando-se desde a região equatorial até latitudes subtropicais, além da grande diversidade de relevos existentes, o Brasil possui uma expressiva variabilidade no que se refere às condições de precipitação. Na Região Norte do país ocorre a predominância do clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. No Nordeste, o clima semi-árido é caracterizado pelos baixos índices pluviométricos e a estação chuvosa se restringe a poucos meses do ano. No Sul as freqüentes frentes frias, originadas principalmente pelo movimento de massas de ar provindas do pólo sul, provocam chuvas praticamente durante o ano todo. Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, ocorre uma predominância das chuvas convectivas e o clima caracteriza-se por uma estação seca bem definida no inverno e uma estação chuvosa de verão (MARENGO, 2001-a).

FREITAS et al. (2001) estabeleceram a relação entre intensidade, duração e frequência para 193 estações pluviográficas localizadas no Estado de Minas Gerais e nos limites dos Estados da Bahia e do Espírito Santo. A análise dos resultados obtidos neste trabalho identificou que os parâmetros das equações apresentaram alta

variabilidade, demonstrando a grande importância da obtenção da equação de chuvas intensas para cada localidade. Resultados semelhantes foram obtidos anteriormente por PINTO (1995), quando foram estabelecidas as relações IDF para 29 estações pluviográficas também em Minas Gerais.

A partir de 11 estações pluviográficas da Região Metropolitana de Belo Horizonte, PINHEIRO (1997) desenvolveu um trabalho de pesquisa que disponibilizou, entre outras informações, uma equação de chuvas intensas regional que, além das relações de intensidade-duração-freqüência, considerou também o total anual médio precipitado em diferentes localidades daquela região.

Equações de intensidade, duração e freqüência da precipitação foram também obtidas por VALVERDE (2001) para cinco regiões homogêneas da Bacia do Rio Doce. Para a identificação preliminar da homogeneidade das estações, foi utilizada a análise de agrupamento dos dados por meio de métodos aglomerativos, onde foram adotados valores de ponderação considerando as informações relativas à latitude, longitude e altitude das estações. Posteriormente, para uma identificação mais grosseira das estações discordantes nas regiões homogêneas, foi empregada a medida de discordância (D_i) aos dados de intensidade máxima média de precipitação, em cada estação pluviográfica, para, então, aplicar a medida de heterogeneidade (H), definindo, então, as regiões homogêneas. As equações IDF, resultantes deste trabalho, utilizam apenas dados de precipitação média anual para serem definidas, o que facilita a sua aplicação para qualquer local dentro da região homogênea.

O Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa desenvolveu um aplicativo computacional denominado Plúvio 1.3 que permite, em diversos estados brasileiros, a obtenção dos parâmetros da equação de chuvas intensas para localidades que não dispõem destas informações (GPRH, 2000). Atualmente, estão disponíveis informações que permitem a obtenção da equação IDF para quaisquer localidades dos estados de Minas Gerais, a partir dos trabalhos desenvolvidos por PINTO (1995), para o Rio de Janeiro e o Espírito Santo, com as informações obtidas por PINTO (1999), para São Paulo com os dados estimados e espacializados por SILVA et al. (1999) e para o estado do Paraná, a partir dos dados gerados por FENDRICH (1998), bem como para diversas localidades nos demais estados (DENARDIN e FREITAS, 1982).

2.2.2 Chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro

No Estado do Rio de Janeiro, as chuvas apresentam características sazonais bem definidas. A ocorrência de chuvas no Estado pode ser atribuída à ação de fatores de macroescala e mesoescala.

Os fatores de macroescala predominantes são as entradas de massas de ar frio provindas da região Antártida. Estas massas de ar interagem com a topografia local, com a cobertura do solo e com a interface oceano/continente, produzindo, principalmente no verão, chuvas intensas. Com relação aos fatores de mesoescala destaca-se o processo convectivo local, que provoca chuvas de grande intensidade e curta duração (MARQUES et al.,2001).

No outono e inverno, período mais seco do ano, as chuvas são ocasionadas principalmente pela entrada das frentes frias, e se caracterizam por ter longa duração (três a quatro dias) e baixa intensidade, abrangendo, normalmente, todo o Estado. No período chuvoso, primavera e verão, a predominância das altas temperaturas dá origem, principalmente, às chuvas convectivas, que se caracterizam pela pequena abrangência espacial, curta duração e grande intensidade. Estas chuvas iniciam-se, normalmente, na região serrana, incidindo, principalmente, nos contrafortes das Serras do Mar e da Mantiqueira, deslocando-se para o litoral e provocando, muitas vezes, grandes inundações no Estado (MARQUES et al.,2001).

As chuvas são muito mais intensas nas regiões Sul e Metropolitana do Estado do que nas regiões Norte e Noroeste, sendo que o mesmo comportamento é também observado com relação aos totais anuais de precipitação. MARQUES et al. (2001) explicam que isto se deve à diversidade topográfica da região e à interação entre oceano e continente, características mais marcantes nas regiões Sul e Metropolitana do Estado.

Quando as frentes frias incidem sobre a área continental do Estado, no verão, as grandes diferenças de temperatura entre as massas de ar também podem provocar chuvas intensas. Foram as chuvas decorrentes deste tipo de formação que provocaram, em Petrópolis, um total precipitado de 776 mm em 24 dias no mês de fevereiro de 1988. No início deste mesmo mês, na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro, foi registrado, em um só dia, um total de 230 mm, tendo sido o período de retorno associado a este evento de 100 anos. Nos dois casos, as chuvas intensas provocaram grandes alagamentos, deslizamentos de encostas e extravasamentos das calhas dos rios,

totalizando, em todo o estado, cerca de 300 mortes e um prejuízo estimado em cerca de 50 milhões de dólares (MARQUES et al.,2001; COSTA, 2001).

COSTA (2001) também relata que, em fevereiro de 1996, novamente chuvas de grande intensidade provocaram a morte de 59 pessoas e deixaram 1500 desabrigados na região de Jacarepaguá, município do Estado do Rio de Janeiro. Na ocasião, em três dias foram registrados 470 mm de precipitação.

Nas regiões Norte e Noroeste do Estado, o encontro de uma frente fria com uma massa de ar quente e úmida vinda da Bacia Amazônica provocou, em janeiro de 1997, seis dias de chuvas fortes, propiciando a maior enchente dos últimos 20 anos na região. As chuvas obrigaram as autoridades locais a decretar estado de calamidade pública em oito municípios do Estado, provocando grandes prejuízos financeiros e um saldo de 30 mil pessoas desabrigadas (COSTA, 2001).

No início de 2000, uma frente fria estacionária provocou chuvas intensas no Nordeste de São Paulo, Sul de Minas Gerais e no Estado do Rio de Janeiro. Em Resende (RJ), foram registrados num único dia 139 mm de precipitação e, em Piraí, 160 mm. Na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, nos três primeiros dias janeiro, os totais pluviométricos registraram 219 mm em Nova Friburgo, 253 mm em Piraí, 255 mm em Resende e 201 mm em Petrópolis. O saldo destas chuvas foram diversas mortes, desabamentos, quedas de barreiras que provocaram congestionamento em cerca de 30 quilômetros na rodovia Presidente Dutra, inundações e estado de calamidade pública decretado em 16 cidades dos três estados atingidos (COSTA, 2001).

Segundo COSTA (2001), alguns dos eventos históricos marcantes ocorridos na Cidade do Rio de Janeiro foram: a) em 17 de março de 1906, 165 mm de precipitação em 24 horas provocaram desmoronamentos nos Morros de Santa Teresa, Santo Antônio e Gamboa; b) uma das maiores enchentes da história da cidade ocorreu em 11 de janeiro de 1966, quando as chuvas intensas totalizaram, em 24 horas, 237 mm, provocando colapso no transporte e na distribuição de energia elétrica; c) no período de 18 a 21 de fevereiro de 1988, chuvas intensas que totalizaram 430 mm (período de retorno estimado de 50 anos) causaram um estado de calamidade pública na Zona Norte da Cidade do Rio de Janeiro, desabrigando 14.000 pessoas.

2.3 Perfil de precipitação

As pesquisas sobre precipitação no Brasil têm-se restringido, na maioria dos casos, à caracterização das precipitações típicas da localidade de interesse a partir de séries históricas. Nestes trabalhos, tem sido dedicado especial interesse, notadamente em projetos e obras de engenharia, à determinação da precipitação máxima (PINTO, 1995; DAMÉ, 1997; VIEIRA et al., 1998; FREITAS et al., 2001). Poucos trabalhos, entretanto, consideram o perfil destas precipitações.

Os trabalhos de avaliação de perdas de solo e água desenvolvidos no Brasil têm empregado, pela falta de informações, padrões de chuvas obtidos no exterior, que, provavelmente, não condizem com os padrões que ocorrem nas diferentes regiões do território brasileiro.

FLANAGAN et al. (1987) utilizaram seis padrões diferentes de chuvas para estudar os efeitos do perfil de precipitação nas perdas de água, na infiltração e na erosão, sendo que, nos quatro primeiros perfis considerados, os picos ocorreram, respectivamente, no primeiro, segundo, terceiro e quarto quartis, considerados a partir do início da chuva. Foram utilizadas também, neste trabalho, chuvas de intensidade uniforme, muito utilizadas em trabalhos de simulação, e um sexto padrão específico proposto pelos pesquisadores. A chuva intensa com padrão atrasado, quando comparada com o padrão uniforme, proporcionou taxa de escoamento superficial cerca de seis vezes maior e três vezes mais perdas de solo, tendo os resultados obtidos indicado que o perfil das chuvas e a intensidade máxima de precipitação afetam significativamente as taxas de escoamento superficial e as perdas de solo, aos níveis de significância de 5 e 1%, respectivamente.

Utilizando 29 anos de registros pluviométricos, com intuito de fornecer subsídios para o planejamento de pesquisa em conservação de água e solo em Santa Maria-RS, MEHL (2000) caracterizou, em seu estudo, três padrões de intensidade de chuvas: avançado, intermediário e atrasado. Neste trabalho, 46,2% das chuvas erosivas analisadas foram enquadradas no padrão avançado, para o qual foi observada a ocorrência de 57,0% das chuvas intensas. Os padrões de chuvas intermediário e atrasado representaram, respectivamente, 22,8 e 20,2% das chuvas intensas. Segundo FLANAGAN et al. (1987), são estes últimos padrões que produzem maiores perdas de solo e água devido, provavelmente, à maior umidade do solo no momento de ocorrência

das máximas intensidades, o que reduz a capacidade de infiltração de água e favorece a desagregação do solo pelo impacto das gotas, e, conseqüentemente, a ocorrência tanto do selamento superficial como do escoamento superficial.

Alguns modelos buscam representar os padrões das chuvas naturais através da obtenção do perfil característico da precipitação. NICKS et al. (1995) utilizaram uma função dupla exponencial para representar os padrões de chuvas de ocorrência típica nos Estados Unidos para utilização no desenvolvimento de um gerador climático. A intensidade de chuva é exponencialmente crescente com o tempo até atingir a intensidade máxima instantânea de precipitação e a partir deste tempo decrescente até o final do evento. Entretanto CONNOLLY et al. (1998) desenvolveram um modelo de desagregação de chuvas e afirmam que esta função foi inadequada para representar alguns eventos de baixa intensidade e longa duração, além de ser imprópria para representar múltiplos picos no mesmo evento.

Uma exponencial decrescente, com a intensidade máxima instantânea de precipitação ocorrendo a partir do início do evento, é a característica do modelo proposto por PRUSKI et al. (1997). Na equação proposta, os parâmetros utilizados são obtidos a partir da equação de intensidade, duração e freqüência para a localidade em estudo, expressa por

$$i_i = i_m \left(1 - \frac{c t}{t + b} \right) \quad (1)$$

sendo

$$i_m = \frac{K T^a}{(t + b)^c} \quad (2)$$

em que

- i_i = intensidade instantânea de precipitação, mm h^{-1} ;
- i_m = intensidade máxima média de precipitação, mm h^{-1} ;
- t = duração da precipitação, min;
- T = período de retorno, anos; e
- K, a, b, c = parâmetros da equação de chuvas intensas relacionadas com a

localidade de interesse.

Um modelo estocástico simples foi apresentado por ARNOLD e WILLIAMS (1989) para gerar intensidades máximas de precipitação em 30 minutos a partir de dados diários de precipitação. Foi identificado o padrão avançado de chuva como predominante, o qual foi utilizado como sendo base para o desenvolvimento do modelo, sendo também assumido que a intensidade máxima instantânea de precipitação ocorre no início da chuva, corroborando as premissas de PRUSKI et al. (1997) e com os resultados obtidos por MEHL (2000).

Com o objetivo de estimar a erosividade de chuvas naturais, BROW e FOSTER (1987) avaliaram o potencial de três equações para representar a variação da intensidade de precipitação ao longo dos eventos de chuva nos Estados Unidos. As equações avaliadas foram

$$i_* = i_{i*} \exp(-m t_*) \quad (3)$$

$$i_* = i_{i*} \exp(1 - t_*^k) \quad (4)$$

$$i_* = i_{i*} t_*^n \quad (5)$$

em que

i_* = intensidade padronizada;

i_{i*} = razão entre intensidade máxima instantânea de precipitação e intensidade média;

m, k, n = parâmetros das equações; e

t_* = tempo padronizado;

A equação 3 foi a que melhor se ajustou aos padrões de chuvas intensas representativas das dez diferentes localidades estudadas nos Estados Unidos, num total de 54 eventos avaliados. A equação se caracteriza por ser uma exponencial decrescente, isto é, o modelo sempre representará um perfil em que a intensidade máxima

instantânea de precipitação ocorrerá no início da chuva, decaindo assintoticamente ao longo do tempo, semelhante ao modelo proposto por PRUSKI et al. (1997).

ARNOLD e WILLIAMS (1989) propuseram estimar a intensidade máxima instantânea de precipitação durante uma chuva por

$$i_i = -2 R \ln(1 - \alpha_{0,5}) \quad (6)$$

em que

- i_i = intensidade máxima instantânea de precipitação, mm h^{-1} ;
- R = precipitação total diária, mm; e
- $\alpha_{0,5}$ = parâmetro que expressa a máxima porção do total precipitado que ocorre durante 30 minutos.

2.4 Erosão hídrica e sua relação com a precipitação

A erosão é um processo degenerativo que altera as propriedades do solo, sendo considerado um dos principais fatores capazes de tornar insustentáveis os sistemas de produção agrícola. Consiste em um processo mecânico que age tanto na superfície como em profundidade, tornando-se crítica quando é acelerada pela ação degradadora do homem.

Os prejuízos com a erosão são expressivos em todo o mundo. Nos Estados Unidos, é estimado em US\$6 bilhões anualmente, resultantes não só das perdas de solo e nutrientes como também devido ao assoreamento de rios, lagos e represas. Estima-se que as áreas afetadas por erosão acelerada por influência humana cheguem a 12% na América do Norte, 18% na América do Sul, 19% na Oceania, 26% na Europa, 27% na África e 31% na Ásia (LAL, 1994).

Segundo BOARDMAN, a erosão hídrica é o maior problema ambiental que o nosso planeta tem enfrentado na atualidade. Estes autores afirmam que, durante o século 21, a erosão será influenciada pelas mudanças no uso do solo e por mudanças climáticas provocadas pela ação do homem. As mudanças climáticas causam efeitos diretos e indiretos na erosão do solo. Os efeitos diretos são relativos ao aumento da erosão hídrica em consequência do aumento dos totais precipitados, principalmente nas épocas

do ano em que o solo está desprotegido. Os efeitos indiretos são relacionados com o aumento de CO₂ na atmosfera e sua influência na produção agrícola.

A intensidade de ocorrência da erosão é dependente de vários fatores, tais como declividade, capacidade de infiltração de água no solo, distância percorrida pelo escoamento superficial, rugosidade do terreno, cobertura do solo, erodibilidade do solo, dentre outros, além do uso e manejo do solo e das práticas conservacionistas adotadas na área (LAL, 1994).

Segundo NUERNBERG (1998), o processo de erosão do solo pode ser descrito fundamental e completamente em termos de energia e trabalho. O trabalho é produzido pela força da chuva ou do escoamento superficial conseqüente, agindo contra a resistência à desagregação do solo em partículas, para posteriormente serem transportadas e depositadas. Em termos de energia, o processo é desencadeado pela energia mecânica nas formas potencial e cinética. A energia cinética é proporcional à velocidade das massas de água provenientes das gotas da chuva e do escoamento superficial associado, além da intensidade da chuva, enquanto a energia potencial está relacionada às maiores possibilidades de trabalho erosivo a ser realizado em função das maiores inclinações dos terrenos.

A erosividade de uma chuva é função de suas características, tais como intensidade, energia cinética, tamanho e forma das gotas. Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos no Brasil buscando determinar índices para representar a erosividade das chuvas através da energia cinética total da chuva, altura de precipitação, intensidade máxima média, dentre outros.

2.5 Modelagem hidrológica

O desenvolvimento e a aplicação de modelos em estudos relacionados à agricultura têm aumentado muito nos últimos anos, o que se deve ao fato de que estas ferramentas são importantes para facilitar a aplicação do conhecimento científico. Pode-se associar, dentre outras, as seguintes vantagens ao uso da modelagem em estudos agrícolas: auxílio à tomada de decisão na implantação de sistemas agrícolas; uso como ferramenta de planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas; possibilidade de uma visão sistêmica e multidisciplinar do sistema a ser modelado; e possibilidade da realização de uma série de simulações, com rapidez e a baixo custo.

A utilização de modelos em hidrologia tem proporcionado a resolução de muitos problemas relacionados com o gerenciamento dos recursos hídricos. O desenvolvimento destas ferramentas depende da disponibilidade de dados para as variáveis de interesse, tais como precipitação, vazão, escoamento superficial, perdas de solo e outros. Quando são realizados estudos estatísticos sobre estes dados, associando sua ocorrência a uma probabilidade, esses modelos são denominados de estocásticos. Por outro lado, nos modelos determinísticos, os resultados são fornecidos sem nenhum grau de probabilidade (TUCCI, 1998).

O modelo WEPP, Water Erosion Prediction Project, foi desenvolvido, através de um programa interinstitucional, pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e outras instituições, com o objetivo de desenvolver tecnologia para possibilitar o planejamento ambiental e a conservação da água e do solo através da predição do processo erosivo resultante de práticas de manejo de terras para produção agrícola. O modelo necessita de informações sobre as características de precipitação na área em estudo. Para tanto se utiliza dos dados de precipitação gerados pelo CLIGEN, gerador climático desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (NICKS et al., 1995).

Utilizando o modelo WEPP, PRUSKI e NEARING (2002) investigaram o efeito isolado e combinado da mudança do número de dias chuvosos e do total precipitado sobre o escoamento superficial e perdas de solo, em diferentes condições de clima, solo, cultura e topografia, para três localidades nos Estados Unidos, totalizando 1404 simulações. Os autores concluíram que o escoamento superficial apresentou maior sensibilidade às mudanças na precipitação total diária do que a variação do número de dias chuvosos ou devido à interação entre os dois fatores. A mesma tendência foi observada quando os autores avaliaram os resultados relativos às perdas de solo, entretanto as diferenças foram menores, o que foi atribuído ao aumento de produção de biomassa que minimizou o efeito do aumento da precipitação total diária e do número de dias chuvosos. Por este trabalho, foi possível constatar a importância da utilização de geradores climáticos em trabalhos de simulação, principalmente com relação à geração de dados de precipitação.

SILVA (1999) estabeleceu uma metodologia para a obtenção do hidrograma e a vazão máxima de escoamento para qualquer posição ao longo de uma encosta. Segundo o autor, embora a metodologia não tenha sido testada em condições reais, os resultados

obtidos nas simulações mostraram boa aproximação com o comportamento físico observado normalmente em condições de campo. Neste trabalho, o autor estabeleceu a premissa que a precipitação seria uniforme na área analisada e que a equação IDF era conhecida.

BRAGA (2000) desenvolveu um modelo hidrológico para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em qualquer posição de uma bacia hidrográfica, ampliando e aperfeiçoando a metodologia proposta por SILVA (1999). O autor realizou uma série de testes para análise do modelo em função da variação dos parâmetros de entrada, concluindo que o modelo demonstrou sensibilidade às variações das condições de precipitação.

O modelo matemático EPIC foi desenvolvido por WILLIAMS et al. (1984) para determinar as relações entre a fertilidade dos solos e a ocorrência do processo erosivo, para as condições observadas nos Estados Unidos. O modelo, que opera em ciclos diários de processamento, apresentava nove módulos principais: hidrologia, clima, erosão, nutrientes, temperatura do solo, crescimento da cultura, cultivo econômico e de controle ambiental da planta. A precipitação total diária foi gerada a partir da média, desvio padrão e coeficiente de assimetria da precipitação diária. Segundo os autores, o modelo produziu razoáveis resultados considerando as variadas condições de clima, de solo e de manejo nas quais foi testado.

2.6 Geradores climáticos

Os geradores climáticos são modelos de simulação matemática que descrevem a ocorrência de elementos climáticos e têm por objetivo a geração de um conjunto de dados com as mesmas características estatísticas da série histórica. São largamente utilizados em trabalhos de pesquisa e extensão no mundo inteiro. Essas ferramentas têm demonstrado ser de grande utilidade em muitas áreas, pois permitem, a um baixo custo, a obtenção de informações a respeito do clima local, permitindo, através de simulações, avaliar a sua influência tanto nos processos naturais como nos decorrentes da intervenção humana. Os dados climáticos simulados por estes geradores, dentre outras aplicações, são utilizados como dados de entrada em muitos modelos hidrológicos e de predição do processo erosivo. De uma forma geral, as principais variáveis estudadas são a precipitação, a radiação solar, a temperatura e o vento.

Um modelo estocástico para simular a distribuição dos parâmetros climáticos de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa foi desenvolvido por SEDIYAMA et al. (1978). Foram utilizados os dados meteorológicos da estação climatológica de Viçosa para a aplicação do modelo, sendo obtidos resultados pertinentes a um período de simulação de dez anos. Neste modelo, os autores utilizaram a primeira ordem da cadeia de probabilidade de Markov para determinar a ocorrência ou não da precipitação, sendo que, para os dias chuvosos, o valor aleatório da quantidade de chuva diária foi simulado pela função de densidade Gama incompleta, utilizando-se o método de Monte Carlo.

A simulação de elementos climáticos pelo método Monte Carlo consiste na geração aleatória de uma probabilidade associada à ocorrência de um determinado evento, aplicada a uma distribuição de probabilidade pré-definida. O objetivo do uso deste método é a obtenção do valor aleatório da variável desejada, cuja distribuição dos dados resultantes do modelo é obtida a partir de repetidas simulações. Algumas das limitações do uso deste método são a necessidade de um número de dados suficientemente grande para o estabelecimento destas distribuições e o tempo de simulação um pouco mais demorado, principalmente quando há a necessidade da geração de uma grande série de números aleatórios (ZAPPOU, 2000)

O método de Monte Carlo foi utilizado também no modelo desenvolvido por BRUHN et al. (1980) para gerar valores diários aleatórios de precipitação, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa mínima e radiação solar total. A ocorrência de chuva foi determinada por uma cadeia de Markov de primeira ordem e a lâmina precipitada obtida a partir de uma distribuição de probabilidade Gama utilizando-se, para este fim, um número aleatório. A aleatoriedade incorporada ao modelo foi defendido por estes autores, por eles entenderem que esta variabilidade é observada na natureza, explicando, inclusive, os diferentes níveis de produtividade observados nos sistemas de produção agrícola ao longo dos anos.

O modelo WGEN – Weather Generator foi desenvolvido e validado em 48 estados americanos para gerar valores diários de precipitação, temperaturas máximas e mínimas, radiação solar e velocidade do vento. A precipitação é gerada usando um modelo cadeia de Markov-Gama, sendo a distribuição Gama de dois parâmetros usada para gerar a velocidade do vento (RICHARDSON, 1981; SKILES e RICHARDSON, 1998). Segundo CASTELLVI e STÖCKLE (2001), o WGEN é a base para vários

outros geradores climáticos, incluindo o WXGEN (NICKS et al., 1990), CLIGEN (NICKS et al., 1995), USCLIMATE e ClimGen.

O WGEN (RICHARDSON, 1985; CASTELLVI et al., 2001; CASTELLVI et al., 2002) foi projetado para preservar a dependência no tempo de todas as variáveis, a correlação entre as variáveis e as características sazonais observadas nos dados climáticos do local a ser simulado. A precipitação é gerada utilizando-se a cadeia de Markov-Gama, sendo a ocorrência ou não de um dia chuvoso determinada pela cadeia de Markov de primeira ordem e a distribuição de probabilidade Gama com dois parâmetros utilizada para gerar a precipitação total diária. Foram obtidos parâmetros para o modelo para mais de 150 localidades nos Estados Unidos, sendo que, para as demais localidades, os parâmetros das equações puderam ser facilmente determinados a partir de tabelas e mapas por interpolação.

A necessidade de desenvolvimento de geradores específicos para regiões de grande variabilidade climática fez com que WILKS (1999) desenvolvesse um modelo para a região Oeste dos Estados Unidos, a partir de modificações do WGEN. A ocorrência de precipitação foi determinada por uma cadeia de Markov modificada, em que foram determinadas as seguintes probabilidades: a probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido os dois dias anteriores chuvosos - $P(W/W/W)$; a probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o dia anterior seco e o anterior a este chuvoso - $P(W/D/W)$; e probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso - $P(W/W)$. Uma função de distribuição exponencial mista foi escolhida para a estimativa da precipitação, principalmente para eventos extremos, sendo esta expressa por

$$f[r(k)] = \frac{\alpha}{\beta_1(k)} \exp\left[-\frac{r k}{\beta_1(k)}\right] + \frac{1 - \alpha}{\beta_2(k)} \exp\left[-\frac{r k}{\beta_2(k)}\right] \quad (7)$$

em que

$r(k)$ = precipitação total diária na localidade k ; e
 α, β_1, β_2 = parâmetros da distribuição.

SKILES e RICHARDSON (1998), visando a desenvolver um modelo adaptado para as condições climáticas observadas no Estado do Alaska, modificaram os parâmetros internos do WGEN e desenvolveram o WGENAL. O modelo modificado foi

validado utilizando-se uma série histórica de 40 anos da localidade de Fairbanks, tendo sido realizada a simulação das elementos climáticos para um período de 100 anos. A comparação entre as médias mensais permitiu evidenciar que, apesar do ajuste dos parâmetros ter sido especificamente para aquela região, o modelo apresentou variações acima de 10,0% em oito meses do ano.

PICKERING et al. (1994) desenvolveram o WeatherMan (Weather data Manager), gerador de dados climáticos, a partir de adaptações do gerador WGEN. O modelo foi concebido com o intuito de simplificar e automatizar muitas tarefas repetitivas, associadas com a preparação de dados climáticos brutos, fornecendo análise quantitativa dos mesmos e gerando os seguintes elementos climáticos: radiação solar, temperatura máxima e mínima, radiação fotossinteticamente ativa e precipitação.

O modelo CLIGEN – CLImate GENeration foi desenvolvido por NICKS et al. (1995), e usa estatísticas de dados climáticos históricos observados para estação com o objetivo de gerar uma série temporal de dados. O modelo requer, como dados de entrada, além das informações gerais (nome e número da estação, número do estado, latitude, longitude e altitude), as seguintes informações sobre: a precipitação máxima em 30 minutos e em seis horas; a média, desvio padrão e coeficiente de assimetria da precipitação total diária (por mês); as probabilidades de um dia ser chuvoso tendo sido anterior seco ou chuvoso (por mês); o máximo, mínimo e o desvio padrão da temperatura média diária (por mês); a média e desvio padrão da radiação solar diária (por mês); precipitação máxima em 30 minutos (por mês); a média diária da temperatura de ponto de orvalho (por mês); os valores da curva de distribuição acumulada do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação; e desvio padrão e coeficiente de assimetria da velocidade do vento para 16 direções cardiais (por mês). O modelo foi desenvolvido em 1995 a partir de um conjunto de 1078 arquivos de parâmetros de estações climáticas para 50 estados e territórios dos Estados Unidos (FLANAGAN et al., 2001).

NICKS et al. (1995) descrevem a metodologia utilizada pelo CLIGEN (Climate Generator), em diversos trabalhos de pesquisa realizados no mundo para gerar séries sintéticas de dados climáticos. Este modelo possibilita a geração de dados diários de precipitação, temperatura do ar, radiação solar, temperatura de ponto de orvalho, além da direção e velocidade de vento. Com relação à precipitação, além da precipitação total diária, o CLIGEN gera também informações sobre a duração efetiva, além dos valores

padronizados da intensidade máxima instantânea e do seu tempo de ocorrência. As informações adicionais sobre a precipitação permitem a obtenção do perfil da precipitação que, conforme comprovado por FLANAGAN et al. (1988), MEHL(2000) e YU (2000), têm influência direta na taxa de escoamento superficial e de perdas de solo.

YU (2000) identificou erros no código fonte da versão 4.2 do CLIGEN, uma vez que, no cálculo da razão entre a lâmina máxima precipitada em 30 minutos ($R_{0,5}$) e precipitação total diária (R), ambos originalmente expressos em polegadas, somente o valor de $R_{0,5}$ foi transformado para milímetros, o que acarretou superestimativas dos valores da razão entre estas duas variáveis, designada de $\alpha_{0,5}$, em 25,4 vezes. Considerando que o valor de $\alpha_{0,5}$ máximo fisicamente possível é a unidade, a checagem interna do programa, quando isto acontecia, adotava um valor constante de 0,95, o que proporcionou, para diferentes condições climáticas, valores da intensidade máxima instantânea de precipitação com resultados em média 3,1 vezes maiores e a duração dos eventos sempre próximas a três horas. Outras alterações feitas por YU (2000) no código fonte do programa foram com relação à metodologia de determinação do valor de $R_{0,5}$ e no cálculo da duração dos eventos, onde foram adotados novos parâmetros.

Confirmando as inconsistências observadas por YU (2000), ELLIOT e ARNOLD (2001) obtiveram resultados bastante discrepantes em relação aos valores reais da duração dos eventos em trabalho desenvolvido em Uganda, utilizando dados de outras duas localidades. Os autores utilizaram a versão 4.2 do CLIGEN e simularam as variáveis $P(W/W)$, $P(W/D)$, precipitação total diária, número de dias chuvosos e duração dos eventos diários. Não foram observadas diferenças significativas em relação às médias das variáveis estudadas, exceto com relação às durações, que apresentaram valores médios próximos a três horas.

FLANAGAN et al. (2001) e SCHEELE et al. (2001) evidenciaram, além dos erros observados por YU (2000) no código fonte, também uma série de inconsistências nos bancos de dados da versão 4.2 do modelo CLIGEN. Os erros encontrados foram referentes à conversão dos dados de precipitação originais da estação para o ambiente do software, o que produziu, conseqüentemente, um grande número de incorreções nos parâmetros de entrada relativos a diversas estações, o que, evidentemente, ocasiona reflexos diretos nos resultados obtidos com o modelo nas estimativas feitas para estas estações.

SCHEELE et al. (2001) descrevem as modificações implementadas no banco de dados da versão 5.0 do CLIGEN. Inicialmente, o banco de dados disponível no modelo, desenvolvido a partir de 1078 estações situadas no território americano, foi corrigido e ampliado para mais de 2600 estações, cobrindo toda a área continental dos Estados Unidos, além do Alaska, Hawaii, Ilhas do Pacífico e o território de Porto Rico. Outra alteração implementada na versão 5.0 foi a mudança da metodologia para a geração de um conjunto de números aleatórios com uma distribuição padronizada, com média igual a zero e desvio padrão igual a um.

Considerando ser mais prontamente disponíveis informações sobre a média mensal do número de dias chuvosos e, conseqüentemente, $P(W)$, SCHEELE et al. (2001) implementaram uma nova interface na versão 5.0 do CLIGEN, a fim de se obter estimativas dos parâmetros de entrada $P(W/W)$ e $P(W/D)$. As duas probabilidades associadas da primeira ordem da cadeia de Markov foram obtidas por

$$P(W / W) = \frac{1}{\left(1 - \text{Razão} + \left(\frac{\text{Razão}}{P(W)}\right)\right)} \quad (8)$$

e

$$P(W / D) = P(W / W) * \text{Razão} \quad (9)$$

onde

$$\text{Razão} = \frac{P(W / D)}{P(W / W)} \quad (10)$$

em que

$P(W / D)$ = probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco, decimal;

$P(W / W)$ = probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso, decimal;

$P(W)$ = probabilidade média mensal de ocorrência de um dia chuvoso, decimal.

Os valores mensais da razão entre as probabilidades $P(W/W)$ e $P(W/D)$, na metodologia proposta pelos autores, são obtidos a partir de interpolações das informações de estações mais próximas.

As modificações propostas por YU (2000) e FLANAGAN et al. (2001), implementadas na versão 5.0 do CLIGEN, proporcionaram, segundo os autores, resultados coerentes com a série histórica em termos precipitação, além da taxa de escoamento superficial e perdas de solos nas localidades avaliadas nos dois trabalhos quando se utilizou o modelo WEPP.

JOHNSON et al (1996) realizaram trabalhos de comparação dos modelos CLIGEN e USCLIMATE e, para este propósito, utilizaram seis estações climáticas localizadas nos Estados Unidos e com séries históricas de mais de 50 anos. Foram simulados 300 anos de dados para cada localidade e em cada modelo, sendo utilizados, para fins de comparação, os valores médios diários obtidos da precipitação, temperatura máxima e mínima, além de radiação, obtidos por ambos os modelos. Considerando-se os resultados relativos ao número de dias chuvosos e a precipitação, os resultados evidenciaram que os modelos representaram melhor as médias do que as variâncias, entretanto, uma análise mais criteriosa das estatísticas mensais e anuais obtidas (médias, desvio padrão e valores extremos) permitiu constatar que os totais diários, particularmente os valores extremos, não foram satisfatoriamente representados.

VIRGENS FILHO (1997) idealizou o modelo GEPAC – Gerador Estocástico de Parâmetros Climáticos, para geração de dados diários de precipitação, radiação solar global, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar. A partir dos testes realizados pelo autor, este concluiu que os dados gerados pelo modelo não diferem estatisticamente dos dados observados, podendo, portanto, ser considerada uma ferramenta alternativa em atividades de pesquisa em planejamento agrícola.

VIRGENS FILHO (1997 e 2001) utilizaram as distribuições de probabilidade Gama, Normal e Exponencial Negativa para o cálculo da precipitação total diária, radiação solar e temperaturas mínima e máxima. O modelo GEPAC, aperfeiçoado por VIRGENS FILHO (2001) identifica, para cada mês, de acordo com os resultados do

teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, em qual das três distribuições de probabilidade é obtido o melhor ajuste.

LARSEN e PENSE (1982) propuseram uma metodologia para simular estocasticamente a precipitação total diária, a temperatura e a radiação solar. A ocorrência ou não de precipitação foi determinada pela primeira ordem da cadeia de Markov, sendo que, nos dias chuvosos, foi simulada também a ocorrência de “traços” de precipitação, isto é, de precipitações inferiores a 0,001 polegadas. A precipitação total diária foi obtida a partir da distribuição Gama, tendo os autores considerado apenas os parâmetros α e β e assumido o parâmetro γ como igual a zero. Segundo os autores, os resultados obtidos caracterizaram, de uma maneira geral, o bom ajuste dos dados simulados em relação aos dados observados, para todas as variáveis, entretanto foram observadas variações que alcançaram 23,0 e 30,0%, respectivamente, para a probabilidade de ocorrência de precipitação e para a precipitação total diária para Columbia. Nas outras cinco localidades estudadas, estas variáveis apresentaram variações menores, mas foram da mesma ordem de grandeza.

2.6.1 Ocorrência ou não de chuva

A cadeia de Markov descreve bem a tendência de agrupamento seqüencial dos dias chuvosos e secos, que apresentam, entre si, uma dependência estocástica (VIANA, 2000). Segundo este autor, esta dependência é conhecida por “persistência”. A primeira ordem deste modelo é muito utilizada para determinar a probabilidade de ocorrência ou não de chuvas, considerando-se o fato de que a probabilidade de ocorrência precipitação em um dado dia qualquer, depende da ocorrência ou não de chuva no dia anterior (NICKS e HARP, 1990; ALMEIDA, 1995; VIRGENS FILHO, 1997 e 2001).

Os modelos USCLIMATE e CLIGEN utilizam a cadeia de Markov de primeira ordem, com dois estados, para determinar se, na série sintética produzida, um dia é chuvoso ou seco. Entretanto, o primeiro modelo simulou adequadamente a variabilidade climática, para todas as variáveis estudadas, através de série de Fourier (RICHARDSON, 1981; NICKS et al., 1995; JOHNSON et al, 1996; JIMOH e WEBSTER, 1999)

WILLIAMS et al. (1984) também utilizaram a cadeia de Markov de primeira ordem para determinar estocasticamente a ocorrência ou não de precipitação no modelo

EPIC. Nos dias chuvosos, a precipitação total diária foi calculada no EPIC utilizando-se uma distribuição Pearson tipo III, que utiliza, como dados de entrada, os valores mensais da média, desvio padrão e coeficiente de assimetria da precipitação total diária observada na série histórica.

Para gerar os valores de probabilidades de ocorrência de dias chuvosos em 10 dias consecutivos, para períodos mensais, MELO (1989) empregou modelos que condicionam tais probabilidades à ocorrência de chuva no dia antecedente ao primeiro dia de qualquer seqüência de 10 dias.

A ocorrência ou não de precipitação também é determinada pelos modelos WeatherMan, MARKSIM e WM2 utilizando a cadeia de Markov, para diferentes ordens, sendo, respectivamente, de primeira ordem, terceira ordem transformada e segunda ordem híbrida. O modelo LARS-WG utiliza também uma distribuição semi-empírica para simular a ocorrência ou não de precipitação (MAVROMATIS e HANSEN, 2001).

2.6.2 Precipitação total diária

YU (2000) propôs calcular a precipitação média mensal a partir das probabilidades associadas à primeira ordem da cadeia de Markov, por

$$R_j = \frac{P(W/D) N_d R}{1 + P(W/D) - P(W/W)} \quad (11)$$

em que

R_j = precipitação média mensal no mês j ;

$P(W/D)$ = probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco, decimal;

N_d = número de dias do mês;

$P(W/W)$ = probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso, decimal;

ASSIS (1991) elaborou um modelo para descrever a ocorrência e a lâmina diária de chuva visando a sua utilização em atividades de planejamento agrícola, como a irrigação, a drenagem, o plantio e a colheita. O trabalho foi desenvolvido utilizando dados históricos de Piracicaba-SP e Pelotas-RS, com extensão de 73 e 95 anos respectivamente. Das variáveis simuladas, a função de densidade de probabilidade Gama foi a que melhor estimou a precipitação total diária. Entretanto as seqüências de dias com ou sem chuva puderam ser melhor modeladas pela função de distribuição de probabilidade Binomial negativa, expressa por

$$\Pr(x) = \frac{(k+x-1)!}{(k-1)!x!} \frac{P^x}{(1+P)^{k+x}} \quad (12)$$

em que

- Pr (x) = probabilidade de ocorrência do evento x;
- k = numero de dias da seqüência desejada; e
- P = probabilidade de ocorrência diária de precipitação.

Quatro geradores climáticos foram avaliados com relação à simulação de variabilidade interanual e seu efeito na produção agrícola. O trabalho foi desenvolvido por MAVROMATIS e HANSEN (2001) e os modelos estudados foram: WeatherMan (weather data management program); MARKSIM; WM2; e LARS-WG. Os geradores WeatherMan e MARKSIM utilizam a distribuição de probabilidade Gama para simular a precipitação total diária, enquanto o modelo WM2 emprega uma distribuição exponencial mista e o gerador LARS-WG, uma distribuição semi-empírica. Os resultados obtidos indicaram a superioridade do modelo WM2, pois este reproduziu a variabilidade climática observada nas precipitações totais mais consistentemente do que os demais.

A distribuição de freqüência do total precipitado tem sido estimada pela distribuição de probabilidade Gama por muitos pesquisadores. Sob as mais variadas condições climáticas, essa distribuição tem-se mostrado adequada para calcular a precipitação total diária, o que justifica o uso dos dados de chuva gerados por esta distribuição para fins de planejamento das atividades agrícolas (ALMEIDA, 1995; WILKS, 1998). CASTELLVI et al. (2001), entretanto, testando as distribuições Gama e

Weibull, ambas com dois parâmetros, para estimar a precipitação total diária, concluiu que a última permitiu resultados superiores na geração desta variável, recomendando, portanto, o seu uso para esta finalidade.

MELO (1989) determinou as precipitações dependentes diárias em níveis de probabilidade compreendidos entre 0,05 e 0,95 mediante o ajuste da distribuição Gama de dois parâmetros. Os resultados obtidos mostraram que este modelo foi capaz de gerar, em primeira aproximação, as precipitações dependentes diárias nos níveis de probabilidade selecionados.

O uso de funções de densidade de probabilidade para representar a distribuição de um conjunto de dados está diretamente ligado à natureza das informações com os quais ela se relaciona. Algumas destas funções, a partir de um pequeno número de dados, apresentam boa capacidade de estimação, outras requerem grande número de série de observações. CATALUNHA (2000) testou o ajuste de diferentes funções de densidade de probabilidade aos dados pluviométricos do Estado de Minas Gerais e utilizou, para esta finalidade, 213 estações. Apesar da FAO, Food and Agricultural Organization, preconizar que 30 é o número mínimo de anos aceitável para a análise de dados climáticos, cerca de 545 estações, 67,0% do total, possuíam entre 10 e 29 anos. O autor concluiu que, para estimativas diárias, a distribuição Weibull destacou-se pelo desempenho obtido.

CAMERON et al. (2000), buscando avaliar a capacidade de três modelos em reproduzir as estatísticas de uma série histórica de precipitação, utilizaram dados horários para três localidades da Inglaterra. Os modelos estudados foram o MEEN (exponencial model), proposto por Eagleson, o CDFGPDM (Cumulative Density Function and Generalised Pareto Distribution Model), desenvolvido por Cameron et al., e o RPBLGM (Random Pulse Bartlett-Lewis Gamma Model) desenvolvido por Onof e Wheather. No modelo MEEN, as variáveis simuladas foram a intensidade média, a duração e o intervalo entre eventos, tendo sido utilizadas funções de densidade cumulativas empíricas. No segundo modelo denominado CDFGPDM, os eventos foram gerados de forma aleatória e independentemente empregando o método de Monte Carlo. O modelo RPBLGM estima os eventos de precipitação pelo processo de Poisson, utilizando para isto sete parâmetros que, segundo os autores, são de difícil determinação. Os resultados obtidos indicaram que, apesar da necessidade de realização

de ajustes nos três geradores, o modelo RPBLGM foi o que apresentou o melhor desempenho.

2.6.3 Valor mínimo para um dia ser considerado chuvoso

No modelo USCLIMATE (JOHNSON et al, 1996) as precipitações diárias nos dias chuvosos, com valores superiores a 0,1 polegadas (2,5 mm), foram calculadas por uma Distribuição Exponencial Mista ($f_n(y')$) expressa por

$$f_n(y') = \frac{\alpha(n) \exp\left[\frac{-y'}{\beta(n)}\right]}{\beta(n)} + \frac{[1 - \alpha(n)] \exp\left[\frac{-y'}{\delta(n)}\right]}{\delta(n)} \quad (13)$$

em que

- y' = precipitação total diária subtraída de 0,25 mm, mm;
- α_n = parâmetro de ponderação com valores variando entre 0 e 1 no dia n; e
- $\beta(n), \delta(n)$ = médias da distribuição exponencial.

SEDIYAMA et al. (1978) consideram um dia como chuvoso quando a lâmina de precipitação é superior a 0,1 mm, enquanto VIRGENS FILHO (1997 e 2001) adotam um valor igual ou superior a 0,2 mm para um evento ser considerado chuvoso. Este último autor definiu como “traços de chuva” os dias chuvosos com altura pluviométrica iguais a 0,2 mm, estimando a probabilidade mensal de sua ocorrência numa série diária por

$$POT = \frac{PT}{PT + PS} \quad (14)$$

em que

- POT = probabilidade mensal de ocorrência de um traço;
- PT = número de dias com precipitação pluviométrica igual a um traço; e
- PS = número de dias com precipitação pluviométrica superior a um traço.

2.6.4 Desagregação em múltiplos eventos de precipitação

HERSHENHORN e WOOLHISER (1987) descrevem um modelo de desagregação não só para simular o número de eventos de chuva por dia, como também o total precipitado, a duração e o tempo de início de cada evento a partir de dados diários de chuva simulados ou observados. O método consiste na simulação (Figura 1) de uma seqüência de pulsos em intervalos de tempo aleatórios gerando, desta forma, uma série de eventos individuais. O processo é finalizado com a obtenção do perfil de precipitação, para cada evento gerado pelo modelo. GUENNI et al. (1998) desenvolveram um modelo, baseado na metodologia de HERSHENHORN e WOOLHISER (1987), denominado RPPM (Rectangular Pulses Poisson Model), para simular a variabilidade da magnitude dos eventos diários de precipitação.

HENEKER et al. (2001) utilizaram mais de 100 anos de dados pluviográficos do Australian Bureau of Meteorology, para três localidades da Austrália, com o objetivo de desenvolver um modelo para a geração do perfil de chuvas intensas. O modelo funciona em dois estágios. O primeiro estágio gera pulsos retangulares de precipitação caracterizados por três variáveis aleatórias: o intervalo entre eventos extremos, a duração e a intensidade média de precipitação, sendo que a precipitação total da chuva é obtida pelo produto da intensidade média pela duração. No segundo estágio é feita a desagregação dos eventos, sendo simulada a distribuição temporal da intensidade de precipitação para cada evento individualmente, semelhante ao esquema apresentado na Figura 1. De posse destas informações, o modelo gera curvas de intensidade, duração e freqüência a partir da análise de freqüência dos eventos máximos anuais para diferentes durações.

Um modelo simples para a desagregação de chuvas diárias em múltiplos eventos é apresentado por CONNOLLY et al. (1998). O critério utilizado para identificar eventos independentes foi o de que não ocorresse precipitação durante um período mínimo de 30 minutos.

A desagregação foi feita utilizando-se a função densidade da distribuição de Poisson, também muito utilizada por outros autores com este objetivo, e que pode ser ajustada para um número de eventos (N) maior ou igual a um, apresentando esta a seguinte forma

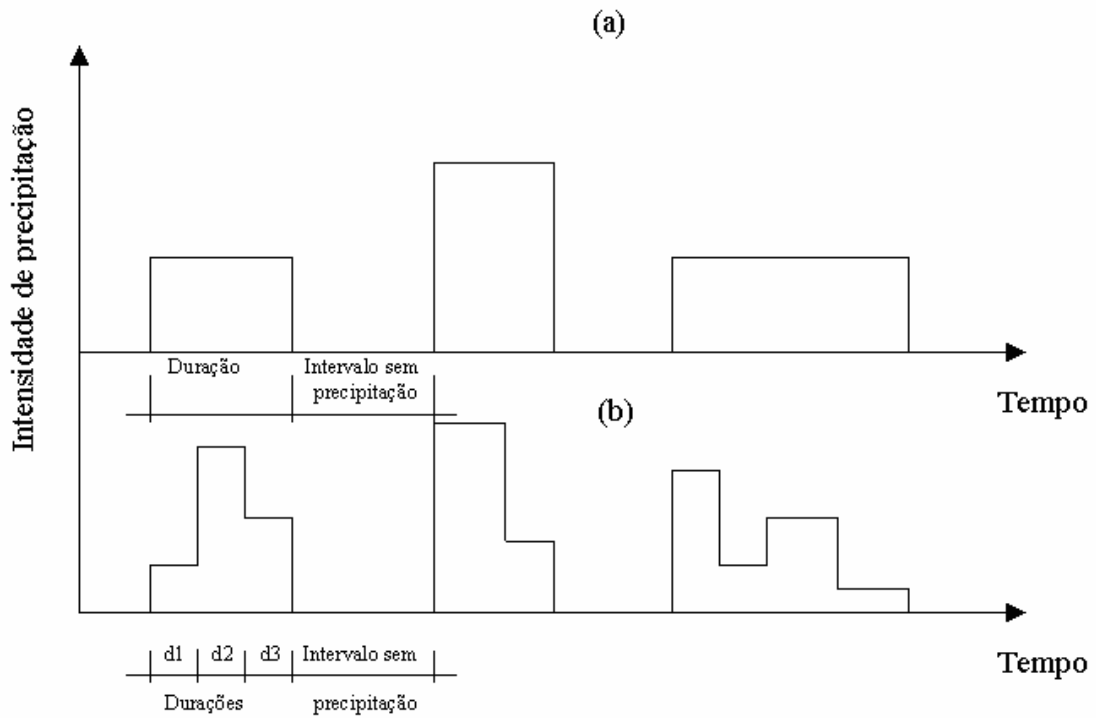


Figura 1 – Esquema de desagregação para eventos diários de precipitação. Na primeira etapa é gerada uma série de eventos ao longo do dia (a) e na segunda etapa é obtido o perfil de precipitação de cada evento individualizado (b).

$$f(n) = \lambda^{N-1} \exp(-\lambda) / (N-1)! \quad (16)$$

em que

N = número de eventos num dia chuvoso; e

λ = coeficiente de ajuste.

A média e a variância são obtidas, respectivamente, por $E(N) = \lambda + 1$ e $\text{Var}(N) = \lambda$. O tempo, a partir do início do evento até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação, também chamado de tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação, e a intensidade máxima instantânea de precipitação foram estimados no modelo por uma distribuição exponencial. Nos eventos gerados, a duração foi adequadamente representada por uma distribuição Gama e o total precipitado pela distribuição exponencial. Os autores propõem a utilização do modelo

para a avaliação de sistemas de cultivo e estimativas de ocorrência do escoamento superficial, erosão e transporte de poluentes.

Um parâmetro importante a ser considerado quando se deseja individualizar eventos de precipitação é a duração crítica, definida como o período de tempo compreendido entre duas precipitações para que os eventos de chuva sejam considerados estatisticamente independentes. Segundo BONTA (2001), as seguintes equações podem ser utilizadas para se obter uma estimativa da duração crítica

$$DC = 94222 P_{avg}^{-1,60} \quad (17)$$

$$DC = a_1 P_{avg}^{b_2} P_{ann}^{c_3} E^{d_4} \quad (18)$$

em que

- DC = duração crítica, min por mês;
- P_{avg} = precipitação média mensal, mm;
- P_{ann} = precipitação anual, mm;
- E = altitude, m; e
- a_1, b_2, c_3 e d_4 = parâmetros de ajuste.

As equações 17 e 18 necessitam de ajustes às condições climáticas locais para serem corretamente empregadas.

2.7 Avaliação dos modelos

Uma grande dificuldade relacionada com o desenvolvimento de modelos hidrológicos é a validação dos resultados obtidos. Diversos procedimentos estatísticos convencionais tem sido utilizados para este fim, tais como testes de comparação de médias, como o teste t, testes de comparação de variâncias (desvio padrão) como o teste F, intervalos de confiança e outros, a diferentes níveis de probabilidade, e para comparação de frequências de dados agrupados são normalmente utilizados os testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Entretanto, o emprego destes testes não garante resultados conclusivos com relação ao desempenho do modelo. Por este motivo,

diferentes procedimentos são apresentados na literatura a fim de avaliar a eficiência dos modelos desenvolvidos para a geração de séries climáticas sintéticas.

VIRGENS FILHO (1997) utilizou na análise de consistência dos dados simulados pelo modelo por ele desenvolvido o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância. A análise de linearidade entre as médias mensais observadas e geradas foi avaliada utilizando regressão linear. O teste t foi aplicado nos coeficientes de regressão para avaliar o comportamento dos valores médios simulados diante dos valores médios históricos.

SEDIYAMA et al. (1978) utilizaram as inter-relações conhecidas entre valores pertinentes à temperatura média, umidade relativa e os dados diários de precipitação, observados em Viçosa-MG durante um período de 30 anos, para desenvolver um modelo de simulação de dados diários de precipitação. Os resultados obtidos por estes autores foram avaliados a partir do uso de teste t para a comparação de médias e da avaliação da correlação entre os dados observados e estimados.

Em outro trabalho (VIRGENS FILHO, 2001), onde também este autor desenvolveu um modelo computacional para simulação de séries climáticas diárias, foram utilizados 17 anos de dados históricos para Campos dos Jordão. Entretanto, segundo recomendação da OMM (Organização Mundial de Meteorologia), o tamanho dos registros históricos para estudos climatológicos deve ter no mínimo 30 anos. Similar ao trabalho de VIRGENS FILHO (1997), a validação do modelo foi realizada utilizando testes estatísticos tradicionais. Neste trabalho, foram realizadas cinco repetições cujo período base usado para fazer as parametrizações iniciais foi sempre diferente do período simulado.

Os modelos USCLIMATE e CLIGEN foram desenvolvidos inicialmente a partir de séries históricas baseados em dados disponíveis entre 1950 e 1970, sendo que o número de anos utilizados para a obtenção dos parâmetros utilizados nestes modelos variou de 21 a 45 anos. O teste t foi aplicado para comparação entre médias mensais e anuais dos dados observados e gerados, além do teste F para comparar as variâncias (desvios padrões) (JOHNSON et al., 1996).

Para avaliar um modelo de simulação de elementos climáticos, LARSEN e PENSE (1982) utilizaram vários tipos de testes estatísticos. Os autores utilizaram o teste t para comparar as médias mensais, o teste F para comparar as variâncias das médias mensais da precipitação diária, temperatura máxima e mínima, e da radiação solar. Foi utilizado também o teste Qui-quadrado, para comparar as frequências dos dias chuvosos

em cada mês. Neste trabalho, o modelo foi validado utilizando séries históricas de cinco localidades dos Estados Unidos, mas apenas a localidade Columbia (Montana) dispunha de 80 anos de dados. Nas demais, os dados climáticos disponíveis eram relativos a 20 anos de dados.

O teste t tem sido utilizado em trabalhos na área de hidrologia e de conservação de água e solo para comparação de médias. Entretanto, PIMENTEL GOMES (1970) afirma que não fica provada com sua utilização a igualdade entre as médias, mas, no máximo, que não se têm motivos para afirmar que sejam diferentes a um determinado nível de probabilidade.

Quando se ajusta uma distribuição de probabilidade a um conjunto de dados, trabalha-se com a hipótese de que a distribuição representa adequadamente aquele conjunto de informações. Segundo ASSIS et al. (1996), em trabalhos de hidrologia, os testes estatísticos do Qui-quadrado (χ^2) e de Kolmogorov-Sminorv têm sido largamente utilizados para se julgar se esta hipótese é verdadeira ou falsa, sendo estes testes expressos, respectivamente pelas seguintes equações

$$\chi^2 = \sum_1^k \left(\frac{(Fo_i - Fe_i)^2}{Fe_i} \right) \quad (19)$$

em que

χ^2 = variável aleatória Qui-quadrado;

k = número de classes;

Fo_i = frequência observada;

Fe_i = frequência esperada;

e

$$D_{\max} = \text{MAX} |F(X) - F'(X)| \quad (20)$$

em que

D_{\max} = diferença máxima entre $F(x)$ e $F'(x)$;

- $F(x)$ = função de distribuição de probabilidade empírica para uma determinada classe de frequência;
- $F'(x)$ = função de distribuição de probabilidade teórica com seus parâmetros especificados;

Pode-se perceber intuitivamente, pela primeira equação, que quanto maior o valor de χ^2 , maior será a probabilidade das frequências observadas não serem provenientes da população estudada. Na segunda, se o valor de D_{\max} calculado for maior ou igual ao valor crítico de D_{\max} (tabelado) rejeita-se a hipótese de que os dados amostrais provêm de uma população com distribuição teórica.

BRUHN et al. (1980) utilizaram dez anos de dados climáticos da localidade de Geneva, Estado de New York, para desenvolver um modelo estocástico para simulação de dados climáticos. Foram simulados cinco anos de dados para os meses de maio a setembro, tanto para Geneva como também para a localidade de Fort Collins, Colorado. Vários procedimentos estatísticos foram utilizadas para comparar os dados climáticos gerados com os observados. As seqüências de dias secos e chuvosos foram analisadas pelo teste Qui-quadrado e o desvio máximo de Smirnov foi utilizado para verificar o ajuste dos dados climáticos estudados às distribuições de frequência acumulada. Os autores concluíram que, apesar do tamanho da série ser considerado pequeno segundo a OMM, os resultados favoráveis obtidos indicaram que não há necessidade de longas séries de dados para o desenvolvimento destes modelos.

RICHARDSON (1985) utilizou 20 anos de dados de precipitação para Oklahoma City, Estado de Oklahoma, para avaliar o desempenho do WGEN aplicando seus resultados num modelo de manejo de cultura. Naquele trabalho, foi simulada uma série também de 20 anos, sendo que nos resultados relativos à precipitação, considerada pelo autor como satisfatória, ocorreram variações de 8,0 a 10,0%, nos meses mais chuvosos.

Com o objetivo de avaliar modificações propostas no código fonte da versão 4.2 do modelo CLIGEN, YU (2000) utilizou dados climáticos de 14 localidades situadas em diferentes regiões dos Estados Unidos. Foram empregados dados de precipitação do tipo “break-point”, cuja extensão das séries utilizadas variou de 4 a 20 anos, com média igual a 9,8 anos. Entretanto, os autores constataram que, devido ao relativo curto período dos registros, estes apresentaram grande variabilidade.

ARNOLD e WILLIAMS (1989) utilizaram cinco localidades dos Estados Unidos para avaliar um modelo de geração de intensidades máximas de precipitação de 30 minutos. As series históricas variaram de 12 a 37 anos, sendo que em quatro localidades, estas foram menores do que 15 anos. O modelo de geração de intensidades máximas de precipitação desenvolvido neste trabalho foi, posteriormente, utilizado por NICKS et al. (1995) no CLIGEN.

A avaliação do desempenho do CLIGEN, para duas localidades em Uganda, foi realizada utilizando 20 anos de dados observados e a simulação no modelo também realizada para um mesmo período. Os resultados referentes às probabilidades da cadeia de Markov, número de dias chuvosos, precipitação total diária e duração dos eventos, foram comparados com os dados observados utilizando-se os valores das médias e desvios-padrão, além do uso de testes de aderência convencionais.

3. METODOLOGIA

O modelo desenvolvido, denominado CLIMABR – Gerador de séries sintéticas de precipitação, permite a obtenção de informações sobre a precipitação estruturadas como apresentado no Quadro 1. Conforme se observa neste quadro, a série é gerada de tal forma que se obtenha, para cada dia chuvoso, o total precipitado (P) em milímetros, a duração do evento (D), em horas, além dos parâmetros necessários para a representação do perfil de precipitação instantânea, que são os valores padronizados do tempo decorrido entre o início da chuva até a máxima precipitação instantânea, chamado de tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação (t_i^*) e da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (i_i^*).

O CLIMABR foi desenvolvido com base na premissa de que, para cada dia chuvoso, ocorreu um único evento, o qual é estatisticamente equivalente ao efeito combinado das diversas precipitações que, eventualmente, tenham ocorrido neste dia. A partir deste evento, foi gerado um único perfil instantâneo de precipitação.

Para a utilização do modelo CLIMABR, são necessários, efetivamente, somente dados de precipitação obtidos de pluviômetros, sendo o fluxograma simplificado de funcionamento do modelo mostrado na Figura 2.

A aplicação do modelo começa pela leitura dos totais diários de precipitação a partir dos dados pluviométricos da localidade em estudo.

Quadro 1 – Estrutura da série sintética de precipitações gerada pelo CLIMABR considerando uma série gerada de 100 anos

Dia	Mês	Ano	P(mm)	D(h)	t_i^*	i_i^*	a	b	c	d
1	1	1	31,20	20,90	0,81	12,08	0,00	14,91	2,80	63,58
2	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	1	1	22,60	0,60	0,14	1,64	0,55	7,76	1,96	1,26
5	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	1	1	2,60	8,58	0,08	54,75	0,00	684,38	6,40	59,51
8	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1	1	2,60	0,32	0,24	3,22	0,15	12,79	8,50	4,04
.
.
31	12	100	8,20	0,70	0,58	3,04	0,17	4,94	59,37	6,83

A determinação relativa à ocorrência ou não da precipitação é feita a partir da análise das probabilidades mensais de ocorrência de precipitação, sendo a precipitação total diária determinada pela aplicação da distribuição Pearson tipo III.

A duração diária dos eventos é calculada com base nas relações observadas entre as intensidades máxima e média das chuvas das estações consideradas (Δ) e na geração, pelo modelo, da relação entre os valores do máximo precipitado em 30 minutos e o total diário ($\alpha_{0,5}$).

A intensidade máxima instantânea de precipitação é gerada pelo modelo através de uma equação potencial obtida por regressão a partir de dados de intensidade máxima instantânea e média observadas nas estações.

O tempo decorrido entre o início dos eventos até o momento em que ocorreu a intensidade máxima instantânea de precipitação é obtido a partir do uso de um conjunto de números aleatórios gerados pelo modelo e mantidos constantes.

Finalmente o perfil de precipitação correspondente a cada evento diário de chuva é representado por uma função dupla exponencial, sendo utilizados para tanto os valores padronizados da intensidade máxima instantânea de precipitação e do seu tempo de ocorrência.

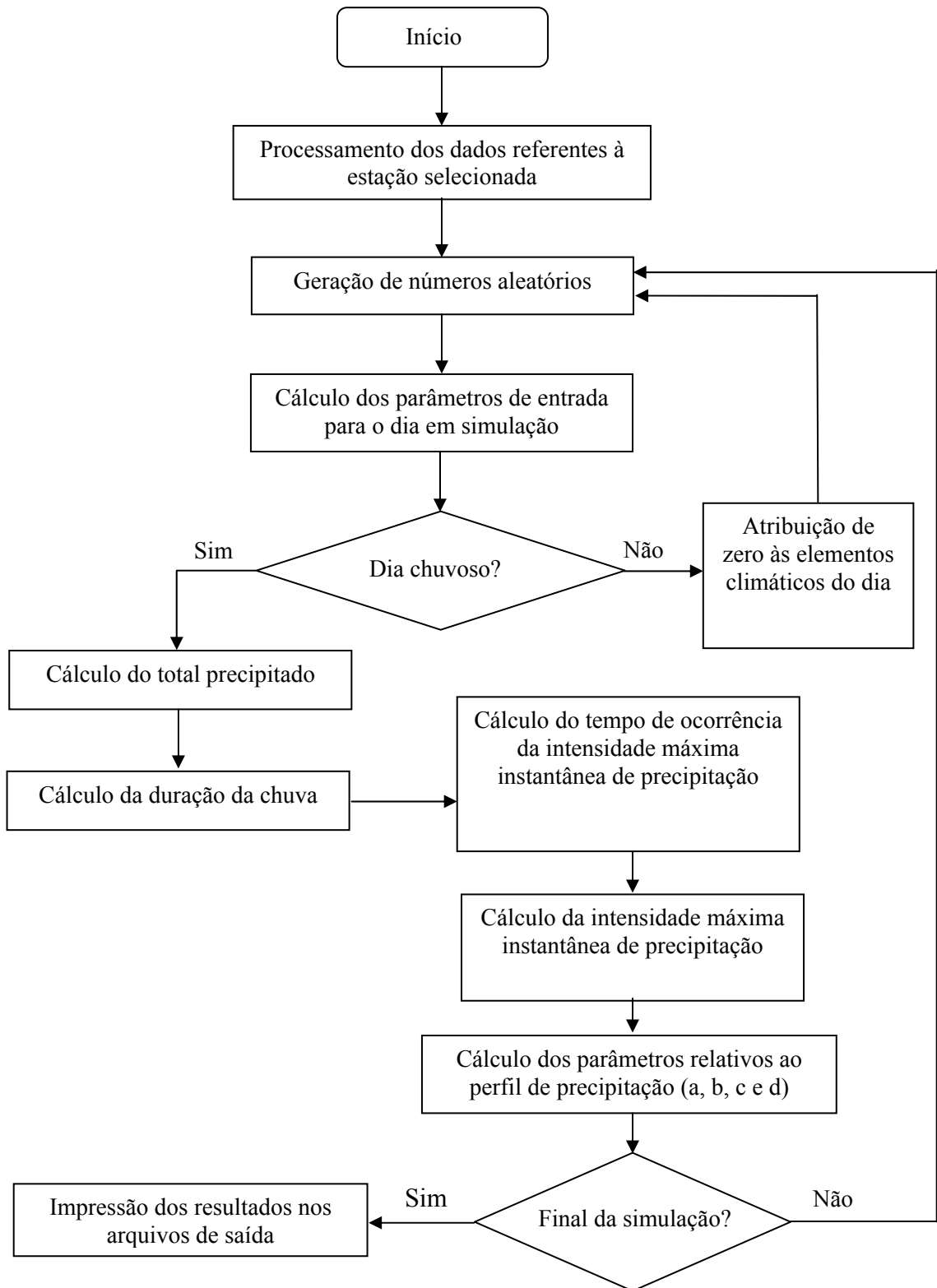


Figura 2 – Fluxograma simplificado do modelo desenvolvido para a obtenção da série sintética de precipitações.

O detalhamento da metodologia utilizada no desenvolvimento do modelo, bem como para a verificação dos resultados obtidos com o uso deste, é descrita a seguir.

3.1. Obtenção dos dados de entrada

3.1.1. Base de dados

O modelo CLIMABR foi desenvolvido a partir de informações de 11 estações meteorológicas situadas no Estado do Rio de Janeiro e operadas pela Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA e pela Companhia LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A. Foram utilizados dados originários de pluviogramas e de pluviômetros. As informações sobre as estações estudadas são apresentadas no Quadro 2 e a localização das estações consta na Figura 2.

Os dados pluviométricos já se encontravam consistidos e organizados em planilhas ou em arquivos texto, enquanto que os dados pluviográficos foram digitalizados diretamente a partir dos pluviogramas. A digitalização foi realizada em mesa digitalizadora própria com o uso do software Hidro Graph – Sistema para Digitalização de Pluviogramas (GPRH, 2002), versão 1.02, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Foram digitalizados somente os pluviogramas que apresentaram precipitação total diária maior do que 10 mm. O programa, após a transformação do pluviograma para o formato digital, calculou, para os valores interpolados em intervalos de 10 minutos, a respectiva precipitação acumulada. Os dados do tempo e da precipitação correspondente foram copiados e transferidos para planilhas eletrônicas para posterior processamento.

A média, o desvio padrão e o coeficiente de assimetria da precipitação total diária, correspondente aos dados para os dias chuvosos, além da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso e da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco foram obtidos a partir dos dados pluviométricos. As informações relativas à duração dos eventos, à precipitação máxima ocorrida em 30 minutos, a intensidade máxima instantânea de precipitação e o tempo para a sua ocorrência foram extraídas dos dados pluviográficos.

Quadro 2 - Informações relativas às estações meteorológicas, situadas no Estado do Rio de Janeiro, utilizadas como base de dados para o desenvolvimento do modelo CLIMABR

Estação	Índice	Instituição	Código	Latitude	Longitude	Município	Região do Estado	Altitude (m)	Precipitação Média Anual (mm)	Dados			
										Pluviométricos		Pluviográficos	
										Período	Nº anos	Período	Nº anos
Cachoeiras de Macacu	1	SERLA	02242095	22° 28' 46"	42° 39' 28"	Cachoeiras de Macacu	Baixadas Litorâneas	40	1804	1976 a 1993 1995 a 1998	21	1979 a 1993	15
Capela. Mayrink	2	SERLA	02242239	21° 51' 05"	42° 36' 33"	Rio de Janeiro	Metropolitana	460	2095	1976 a 2000	25	1980 a 1995	16
ELETROBRÁS	3	SERLA	02243083	22° 55' 18 "	43° 25' 12"	Rio de Janeiro	Metropolitana	40	1281	1969 a 1996	28	1979 a 1995	17
Escola União	4	SERLA	02242094	22° 35' 03"	42° 56' 27"	Magé	Metropolitana	10	1814	1976 a 1995 1998 a 2000	23	1977 a 1995	19
Ilha dos Pombos	5	LIGHT	02142362	21° 51' 05"	42° 36' 33"	Carmo	Serrana	143	1325	1929 a 2002	74	1976 a 1991	16
Posto Garraão	6	SERLA	02242098	22° 28' 56"	42° 59' 46"	Magé	Metropolitana	640	2720	1978 a 2000	23	1980 a 1995	16
Rio Mole	7	SERLA	02242101	22° 51' 11"	42° 33' 07"	Saquarema	Baixadas Litorâneas	10	1185	1979 a 2000	22	1980 a 1994	15
Santa Cecília	8	LIGHT	02243205	22° 28' 55"	43° 50' 21"	Barra do Pirai	Médio Paraíba	371	1342	1950 a 2002	53	1963 a 1996	34
Tanguá	9	SERLA	02242091	22° 42' 29 "	42° 42' 15"	Rio Bonito	Baixadas Litorâneas	40	1382	1976 a 2000	25	1980 a 1995	16
Tocos	10	LIGHT	02243103	22° 45' 15"	44° 07' 11"	Rio Claro	Médio Paraíba	479	1517	1915 a 1997	83	1981 a 1999	19
Lajes	11	LIGHT	02243251	22° 42' 03"	43° 52' 42"	Pirai	Médio Paraíba	462	1181	1949 a 2001	53	1980 a 1994	15

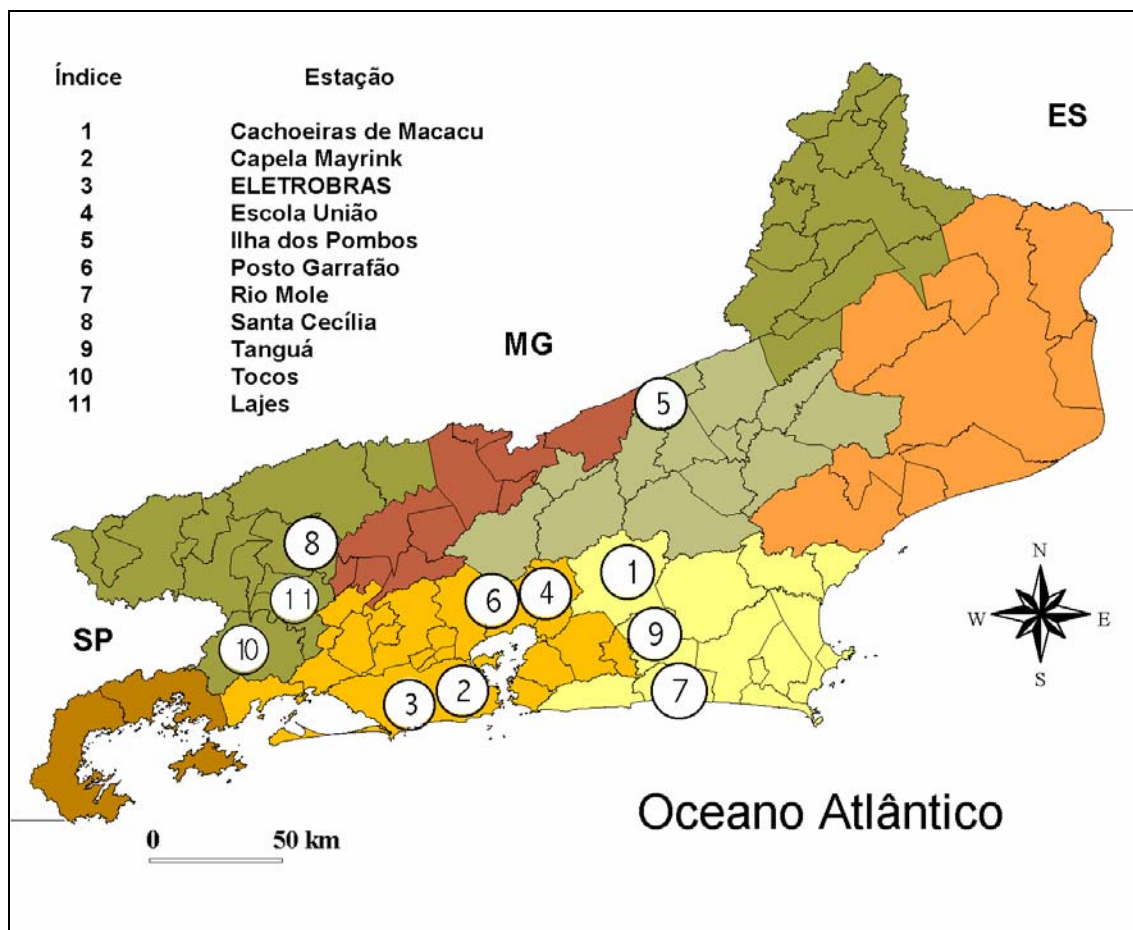


Figura 3 – Localização das estações meteorológicas do Estado do Rio de Janeiro utilizadas no desenvolvimento do modelo CLIMABR.

3.1.2. Informações obtidas dos dados pluviométricos

De posse dos dados pluviométricos das estações foram calculados, mensalmente, em cada estação, o número de dias chuvosos (NW) e secos do mês (ND), o número de dias chuvosos do mês tendo sido o anterior seco (NWD), o número de dias chuvosos do mês tendo sido o dia anterior chuvoso (NWW), a precipitação média mensal para os dias chuvosos (μ), o desvio padrão mensal da precipitação total diária para os dias chuvosos (s); e a média mensal do coeficiente de assimetria da precipitação total diária (g).

Com estes dados foram calculadas, para cada ano da série, as probabilidades $P(W)$, $P(W/D)$, $P(W/W)$. O passo seguinte foi o cálculo da média e desvio padrão

destas variáveis para a série disponível de dados nas 11 estações meteorológicas, analisadas neste estudo, para serem utilizadas como dados de entrada no modelo.

3.1.3. Informações obtidas dos dados pluviográficos

Após a digitalização dos dados pluviográficos e a transformação para dados numéricos, em forma de planilha, a precipitação foi organizada em intervalos de 10 minutos. Foram, então, calculadas, para cada dia chuvoso e em cada ano de registro, as seguintes informações: a precipitação total diária; a duração total do evento; a duração efetiva do evento; a precipitação máxima em 30 minutos; a intensidade máxima instantânea de precipitação do evento; e o tempo compreendido entre o início da precipitação até o momento da ocorrência da intensidade máxima instantânea. Foram calculados, também, a média e o desvio padrão destas variáveis, a fim de serem utilizadas como dados de entrada e para a verificação dos resultados obtidos com o CLIMABR.

A duração efetiva é igual à duração total do evento com a exclusão dos intervalos de tempo sem registro.

Os valores padronizados do tempo decorrido entre o início do evento até o momento em que ocorreu a intensidade máxima instantânea de precipitação (que variam de 0 a 1) correspondentes a cada precipitação observada na estação, foram agrupados em 12 classes iguais, para possibilitar a obtenção da distribuição acumulada de t_i para a estação, conforme a equação

$$A_k = \frac{N_k}{N} \quad (21)$$

em que

A_k = freqüência acumulada para o intervalo de classe, decimal;

N_k = total acumulado de eventos com tempos de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação até o limite superior do intervalo; e

N = número total de eventos de precipitação registrados na estação.

3.2 Descrição do Modelo

3.2.1 Determinação da ocorrência ou não de chuva

Para a definição da ocorrência ou não de precipitação num dado dia, inicialmente foi gerado internamente no modelo CLIMABR um conjunto de números aleatórios, que variou de 0 a 1, sendo a sua extensão igual ao número de dias da série sintética a ser gerada.. Utilizou-se o procedimento de obter sempre o mesmo conjunto de números aleatórios, a fim de que se obtivessem resultados iguais quando da realização das simulações em uma mesma estação, favorecendo, desta forma, o uso do modelo em estudos científicos, uma vez que, desta forma, passa a permitir a obtenção de reprodutibilidade dos resultados sob condições idênticas de simulação.

As probabilidades condicionais da cadeia de Markov de 1ª ordem empregadas neste estudo foram descritas por NICKS et al. (1995) conforme as equações:

$$P(W / D) = \frac{NWD}{ND} \quad (22)$$

$$P(D / D) = 1 - P(W / D) \quad (23)$$

$$P(W / W) = \frac{NWW}{NW} \quad (24)$$

$$P(D / W) = 1 - P(W / W) \quad (25)$$

em que

NWD = número de dias chuvosos do mês tendo sido o anterior seco, dias;

ND = número de dias secos no mês, dias;

$P(D / D)$ = probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser seco tendo sido o anterior seco, decimal;

NWW = número de dias chuvosos do mês tendo sido o anterior chuvoso, dias;

NW = número de dias chuvosos no mês, dias; e

$P(D/W)$ = probabilidade, obtida para cada mês, de um dia ser seco tendo sido o anterior chuvoso, decimal;

A probabilidade de ocorrência de um dia chuvoso foi calculada, para cada mês, pela equação

$$P(W) = \frac{NW}{NDM} \quad (26)$$

em que NDM é o número de dias do mês, dias.

Optou-se, neste estudo, pela realização dos cálculos e análise dos resultados considerando-se os valores médios mensais das variáveis estudadas, conforme metodologia adotada por diversos autores (FLANAGAN et al., 2001; ELLIOT e ARNOLD, 2001; SCHEELE et al., 2001).

3.2.2 Precipitação total diária

Para os dias chuvosos, a precipitação total diária foi estimada a partir de uma equação originada da distribuição Pearson tipo III, cujos parâmetros utilizados (média, desvio padrão e coeficiente de assimetria) foram gerados a partir dos valores médios mensais da série histórica (MEYER, 2001). A precipitação total diária é expressa por

$$P = \mu + \frac{2s}{g} \left(\left(\frac{g}{6} \left(x' - \frac{g}{6} \right) + 1 \right)^3 - 1 \right) \quad (27)$$

em que

- P = precipitação total diária, mm;
- μ = média mensal da precipitação total diária, mm;
- s = desvio padrão da precipitação total diária, mm; e
- g = coeficiente de assimetria da precipitação total diária, adimensional;
- x' = variável normal padrão, adimensional.

Os valores diários da variável normal padrão utilizados na equação 27 foram obtidos a partir da padronização de um novo conjunto de números aleatórios obtidos no modelo. A padronização consiste na transformação dos números aleatórios em um novo conjunto cuja média seja igual a zero e o desvio padrão igual a 1. De acordo com MEYER (2001), a padronização pode ser obtida aplicando-se as seguintes condições:

Se aleatório $\geq 0,5$

então

$$\text{sgn} = 1,0$$

$$\text{hp} = 1,0 - \text{aleatório}$$

senão

$$\text{sgn} = -1,0$$

$$\text{hp} = \text{aleatório}$$

em que

$\text{sgn} =$ constante que define o sinal da variável normal padrão, adimensional; e

$\text{hp} =$ valor do número aleatório a ser utilizado na padronização, adimensional;

De posse dos valores de sgn e de hp , o valor da variável normal padrão x' foi calculado utilizando as equações

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{\text{hp}^2}\right)} \quad (28)$$

$$x' = \text{sgn} \left[t - (2,30753 + 0,27061 t) / (1 + 0,99229 t + 0,04481 t^2) \right] \quad (29)$$

em que t é um fator de aleatorização, adimensional.

Após a geração da precipitação total diária para a série, o CLIMABR realiza uma correção nas médias mensais e nos desvios-padrão, de forma a reduzir diferenças entre os valores gerados e observados. A correção da média é dada por

$$P = \frac{\mu_c}{\mu} P_c \quad (30)$$

em que

μ_c = média mensal da precipitação total diária calculada; e

P_c = precipitação total diária calculada sem correção, mm.

e a correção do desvio padrão é obtida por

$$P = (P_c - \mu) \frac{s_c}{s} + \mu \quad (31)$$

em que s_c é o desvio padrão da precipitação total diária calculada a partir da série sintética.

3.2.3 Duração dos eventos

A duração das chuvas foi estimada, conforme proposto por YU (2000), considerando-se o valor do parâmetro Δ e a precipitação máxima em 30 minutos ($\alpha_{0,5}$) por

$$D = -\frac{\Delta}{2 \ln(1 - \alpha_{0,5})} \quad (32)$$

em que

D = duração efetiva do evento, h;

$\alpha_{0,5}$ = razão entre a precipitação máxima ocorrida em 30 minutos e a precipitação total diária, adimensional; e

Δ = parâmetro que expressa a relação entre os valores diários de intensidade máxima instantânea de precipitação e de intensidade média, adimensional.

O parâmetro Δ expressa a relação entre a intensidade máxima, precipitação total diária e duração dos eventos. Visando à utilização do CLIMABR em localidades em que só existam dados pluviométricos disponíveis, analisou-se o desempenho do modelo CLIMABR considerando-se tanto o uso de um valor específico para cada localidade como considerando o uso de um valor único de Δ para todas as localidades.

Para obter este valor, inicialmente gerou-se um gráfico relacionando os valores da intensidade máxima instantânea de precipitação (ordenada) com os da intensidade média (abscissa) para os dias chuvosos observados na série. A intensidade média (i_b) foi calculada dividindo o total precipitado pela duração total do evento, sem a exclusão dos intervalos de tempo durante o evento em que não houve precipitação. Uma equação linear interceptando a origem (0,0) foi ajustada aos pontos, sendo o coeficiente angular desta reta correspondente ao valor do parâmetro Δ .

Os valores de $\alpha_{0,5}$ foram calculados a partir da razão entre a precipitação máxima ocorrida em 30 minutos e a precipitação total diária, sendo, então, ajustada à distribuição Gama de probabilidade aos valores de $\alpha_{0,5}$.

A função acumulativa de probabilidade da distribuição Gama, que segundo SEDIYAMA et al. (1978) e SEDIYAMA (2002), se ajusta muito bem a variáveis aleatórias contínuas em climatologia, é expressa por

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (33)$$

em que

$F(x)$ = probabilidade de ocorrência do evento x ;

x = variável aleatória contínua;

$\Gamma(\alpha)$ = função Gama do parâmetro α ;

β = parâmetro de escala de x ;

α = parâmetro de forma; e

e = base do logaritmo neperiano.

A aplicação da função Gama foi realizada utilizando-se o aplicativo ECLima - Estatística Aplicada à Climatologia, versão 1.1, desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (SEDIYAMA et al., 2000) com o propósito de realizar cálculos estatísticos, dentre os quais, o ajuste de distribuições de probabilidade a conjuntos de dados observados.

Para a aplicação da distribuição Gama aos valores de $\alpha_{0,5}$, estes foram agrupados em 10 classes e organizados, no aplicativo, num quadro de frequência, onde, além da frequência observada em cada classe, foram preenchidos inicialmente os dados relativos à amplitude e ao limite inferior da primeira classe. A frequência estimada para a distribuição Gama foi obtida no aplicativo e os parâmetros de posição α e de escala β foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança.

Para verificar se a distribuição probabilística representa adequadamente o conjunto de dados observados, o aplicativo calcula os resultados dos testes de aderência de Qui-Quadrado (χ^2) e de Kolmogorov-Smirnov, respectivamente a níveis de 5 e 20% de significância.

O procedimento para a geração dos valores de $\alpha_{0,5}$ para os dias chuvosos segue o que é proposto por SEDIYAMA et al. (1978). A metodologia consiste na geração de valores de $\alpha_{0,5}$ para os dias chuvosos, a partir do conhecimento da probabilidade de ocorrência dos eventos de chuva ($F(x)$) e dos valores dos parâmetros α e β da função de densidade probabilística Gama. Um novo conjunto de números aleatórios é gerado pelo modelo, com as mesmas características dos demais, sendo, então, mantido inalterado, conforme já justificado anteriormente. A probabilidade de ocorrência da precipitação ($F(x)$) é igual ao número aleatório obtido para o dia, que, junto com os parâmetros α e β , são usados pela equação 33 para o cálculo do valor de $\alpha_{0,5}$.

O procedimento utilizado está representado na Figura 4. Com o valor da probabilidade de ocorrência na ordenada, igual ao número aleatório, calcula-se o valor de $\alpha_{0,5}$ a partir do conhecimento da função e dos seus parâmetros, conforme a indicação apresentada na figura.

3.2.4 Intensidade máxima instantânea de precipitação

O cálculo da intensidade máxima instantânea de precipitação foi realizado utilizando-se uma equação ajustada do tipo potencial. A variável x da equação potencial

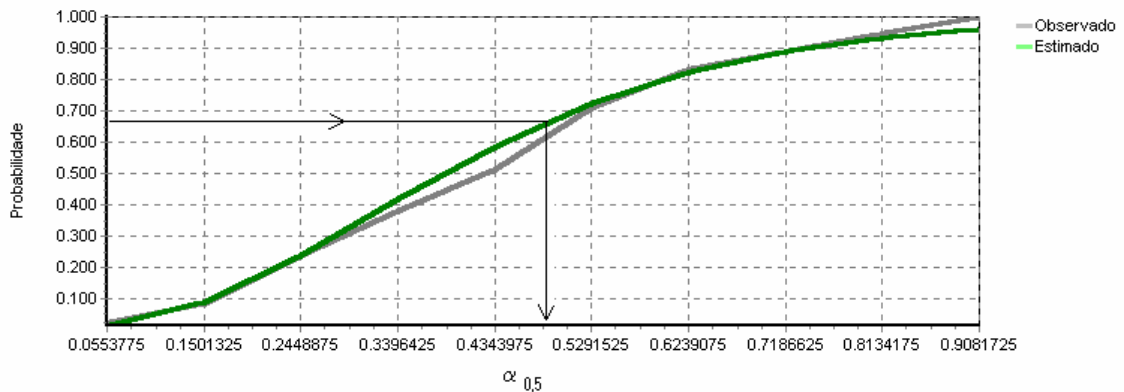


Figura 4 – Procedimento para gerar um valor aleatório a partir de uma distribuição de probabilidade.

foi obtida a partir da razão entre a precipitação total diária e a duração efetiva da chuva e a intensidade máxima instantânea de precipitação foi determinada como uma função de x (Figura 5).

Pode-se observar que a maior concentração de pontos ocorre próximo à origem do gráfico. O valor do coeficiente de determinação de 0,61 é consequência da dispersão dos dados observados nas estações.

O valor padronizado da intensidade máxima instantânea de precipitação é obtido pela razão entre a intensidade máxima instantânea de precipitação e a intensidade média de precipitação do dia. Por sua vez, a intensidade média é obtida pela razão entre a precipitação total diária e a duração efetiva dos eventos gerados pelo modelo CLIMABR.

3.2.5 Tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação

A obtenção do tempo compreendido entre o início do evento de chuva até o tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação foi feita através de estudo de frequência dos valores obtidos na série histórica considerada. Conforme metodologia proposta por NICKS et al.(1995), também descrita por FLANAGAN (2001), o CLIMABR, inicialmente, gerou internamente doze intervalos de classes de mesma amplitude, variando de 0,0 a 1,0, que foram: 0,0-0,0833; 0,0833-0,1667; 0,1667-0,25; 0,25-0,3333; 0,3333-0,4167; 0,4167-0,5; 0,5-0,5833; 0,5833-0,6667; 0,6667-0,75; 0,75-0,8333; 0,8333-0,9167; e 0,9167-1,0.

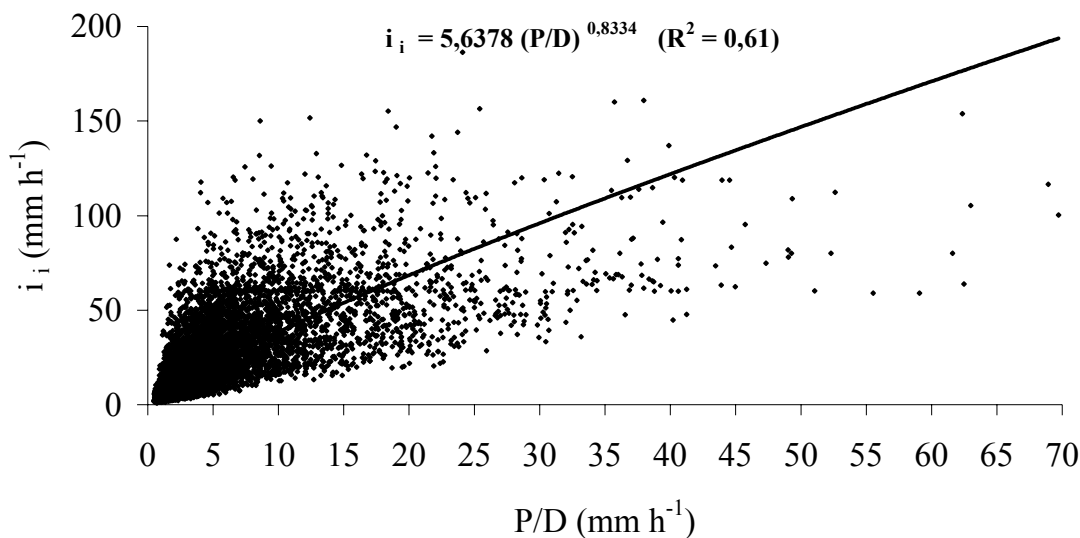


Figura 5 – Representação gráfica do procedimento para obtenção da equação potencial utilizada na geração da intensidade máxima instantânea de precipitação.

O valor padronizado da intensidade máxima instantânea de precipitação é obtido pela razão entre a intensidade máxima instantânea de precipitação e a intensidade média.

O procedimento utilizado consiste na geração de dois novos conjuntos de números aleatórios pelo modelo, com as mesmas características dos demais, que são mantidos inalterados, conforme já justificado anteriormente. O primeiro conjunto define a classe onde ocorrerá o tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação, sendo o valor do número aleatório igual à frequência acumulada. O segundo é utilizado no cálculo do valor do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação dentro da classe, através de interpolação, obtida pelo resultado do produto entre o número aleatório e a amplitude da classe. O valor do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação é igual à soma do valor interpolado como o limite inferior da classe.

A Figura 6 exemplifica numericamente o método utilizado. O primeiro aleatório define que o tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação está na 5ª classe e o segundo aleatório define o valor interpolado dentro da classe, resultado do produto entre o seu valor (0,30) e a amplitude da classe (0,0837), que é igual a 0,025. O valor interpolado dentro da classe (0,025) somado ao limite inferior da

Distribuição acumulada	0,652	0,746	0,789	0,830	0,845	0,857	0,873	0,893	0,903	0,930	0,961	1,000	
Classes de t_i	0	0,0833	0,167	0,250	0,333	0,4167	0,500	0,5833	0,6667	0,7500	0,8333	0,9167	1,0
					(0,358)								

Figura 6 - Procedimento para gerar o tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação.

classe (0,333) é igual ao tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação (0,358).

3.2.6 Perfil de precipitação

O perfil instantâneo de precipitação é obtido individualmente para cada evento considerado, utilizando-se para este fim uma função dupla exponencial (Figura 7) . A função duplo exponencial consiste numa exponencial crescente do início do evento até o momento em que ocorre a intensidade de precipitação máxima e, a partir deste momento, uma outra exponencial decrescente descreve o comportamento do perfil até o fim do evento. As informações necessárias para se ajustar este perfil são a intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada pela intensidade média do evento (i_i^*), obtida no item 3.2.4, e o tempo padronizado de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação (t_i^*), cuja metodologia para determinação foi descrita no item 3.2.5.

3.2.6.1 Função dupla exponencial

A função dupla exponencial (NICKS et al., 1995) é expressa pelas seguintes equações:

$$i(t) = \begin{cases} a e^{bt} & \dots\dots\dots 0 \leq t \leq tp \\ c e^{-dt} & \dots\dots\dots tp < t \leq 1,0 \end{cases} \quad (34)$$

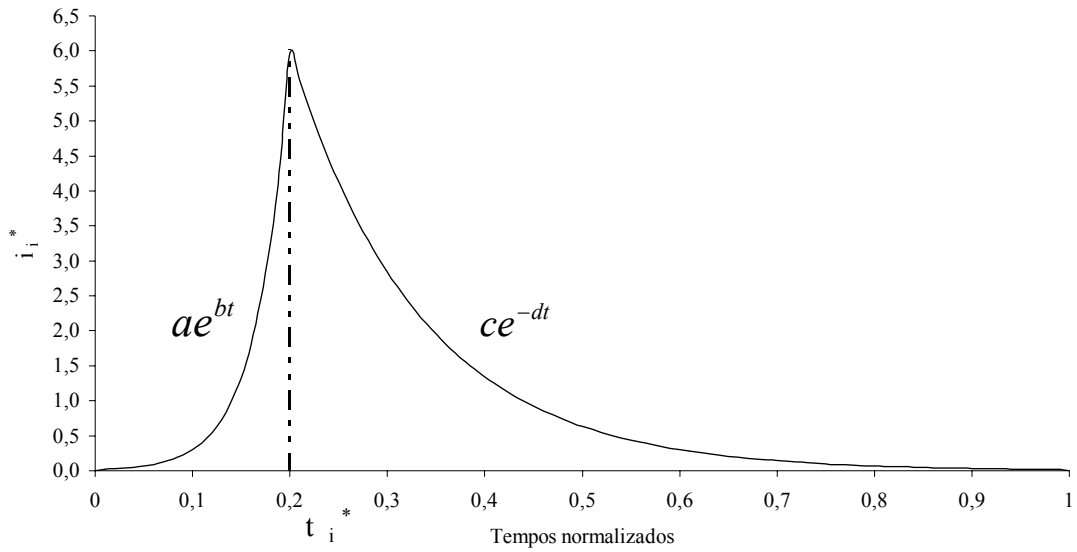


Figura 7 - Representação gráfica da função dupla exponencial e das variáveis a ela associadas.

em que

- $i(t)$ = intensidade padronizada, decimal;
- a, b, c, d = parâmetros do modelo a serem determinados; e
- t_p = tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação.

O desenvolvimento matemático para a obtenção da equação 34 é apresentado integralmente no Apêndice A. Os parâmetros a, b, c e d foram determinados a partir das seguintes equações

$$1 - e^{-b t_p} = \frac{b t_p}{i_p} \tag{35}$$

$$d = \frac{b t_p}{(1 - t_p)} \tag{36}$$

$$a = i_p e^{-b t_p} \tag{37}$$

$$c = i_p e^{d t_p} \quad (38)$$

O valor de b na equação 35 foi determinado pelo método de Newton-Raphson, o que permitiu o cálculo de d na equação 36.

Para obtenção dos valores reais da duração e intensidade instantânea para quaisquer pares de valores padronizados (t , $i(t)$), basta multiplicar o valor do tempo padronizado (t) pela duração do evento (D) e multiplicar o valor da intensidade padronizada ($i(t)$) pela intensidade média (i_b).

3.3. Análise do desempenho do modelo

Para possibilitar uma avaliação qualitativa e quantitativa do desempenho do CLIMABR, foram realizadas análises comparativas entre a metodologia proposta nesta pesquisa em relação aos dados observados e ao modelo CLIGEN, que foi utilizado como referência neste trabalho para fins de caracterização do desempenho do modelo desenvolvido.

3.3.1. Obtenções das séries sintéticas

Foram geradas séries sintéticas para 100 anos tanto para o CLIGEN como pelo CLIMABR neste trabalho. Os resultados foram apresentados e discutidos em termos de médias mensais correspondentes ao número de dias chuvosos, à probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso, à probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco, à precipitação total diária, à duração efetiva dos eventos diários de precipitação, à intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada e ao tempo padronizado até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação.

Os resultados foram apresentados na forma de gráficos e tabelas a fim de permitir uma comparação visual entre os resultados obtidos pelo CLIMABR com os obtidos no CLIGEN e aos dados observados. Objetivando avaliar a tendência das 12 médias mensais simuladas ao longo do ano, foram ajustadas também equações de regressão linear simples para verificação da dispersão das médias mensais simuladas em relação às médias mensais observadas. A verificação foi realizada com base na análise

dos gráficos de dispersão por meio do coeficiente de determinação (R^2) das regressões, permitindo uma avaliação da correlação entre os resultados obtidos pelo modelo e os dados observados.

Foram também calculadas as variações percentuais (δ) entre as médias mensais geradas pelos modelos e os valores observados nas estações. A partir do módulo dos valores das variações percentuais (δ) foi calculado, em cada estação, o valor médio das variações percentuais (VMVP), o que permitiu a comparação entre os valores gerados pelos modelos CLIMABR e CLIGEN e entre as estações estudadas.

Utilizou-se, também, o cálculo do intervalo de confiança, a um nível de 95% de significância, para as médias mensais, com o objetivo de se avaliar estatisticamente os valores gerados, através do uso do gráfico de barras. O intervalo de confiança foi obtido por

$$IC = \bar{X} \pm t_{0,025} \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (39)$$

em que

- IC = intervalo de confiança;
- \bar{x} = média gerada pelo modelo; e
- $t_{0,025}$ = valor de t crítico ao nível de 5,0%
- s = desvio padrão dos dados observados; e
- N = numero de dados da amostra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de apresentação e discussão dos resultados, dividiu-se a análise considerando-se, de forma individualizada, o comportamento das seguintes variáveis: número de dias chuvosos (NW); probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso ($P(W/W)$); probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($P(W/D)$); precipitação total diária (P); duração efetiva da chuva (D); intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (i_1^*); tempo do início do evento até o momento de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação (t_1^*); e perfil de precipitação instantânea.

Com o intuito de possibilitar uma discussão mais detalhada dos resultados deste trabalho, foi selecionada a estação Santa Cecília, na região do Médio Paraíba, tendo em vista o fato desta estação se localizar numa região representativa do Estado. Para as demais estações, os resultados obtidos encontram-se nos Apêndices B a J, nos quais são apresentadas as diferenças entre as médias e os desvios-padrão gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN em relação aos dados observados.

4.1. Número de dias chuvosos

Os resultados relativos aos valores médios mensais do número de dias chuvosos e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, as variações percentuais em relação aos dados observados e o valor médio destas

variações, além dos próprios dados observados nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice B.

Constatou-se, de uma maneira geral, que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentaram maiores variações percentuais em relação aos valores observados nos desvios-padrão do que nas médias mensais. Outro comportamento evidenciado foi a tendência de obtenção de valores, tanto pelo CLIMABR como pelo CLIGEN, inferiores aos observados. Esta tendência foi constatada tanto para a média do número médio de dias chuvosos como em relação ao desvio padrão.

Com relação aos resultados gerados pelo modelo CLIMABR, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de -17,9% (em Santa Cecília no mês de junho) a 11,5% (em Capela Mayrink no mês de abril), ambas localizadas na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de 37,5% (Tanguá, em agosto) a uma subestimativa de 60,3% (Posto Garrafão, em março).

As variações percentuais entre os resultados obtidos utilizando-se o CLIGEN e os valores observados apresentaram uma menor amplitude, variando de -10,8% (Santa Cecília em julho) a 10,3% (Tanguá, em janeiro). Os desvios-padrão obtidos pelo CLIGEN apresentaram variações percentuais em relação aos dados observados que oscilaram de -61,5% (Posto Garrafão, em janeiro), até 33,3%, o que ocorreu nas estações Cachoeiras de Macacu e Tanguá, nos meses de abril e agosto, respectivamente.

Considerando-se os valores médios das variações percentuais (VMVP) obtidos para o CLIMABR, o maior VMVP da média mensal ocorreu na estação Santa Cecília, sendo igual a 6,5%. Na estação Lajes foi gerado o maior VMVP para o desvio padrão de 31,6%.

Para os dados gerados pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP ocorreram também nas estações Santa Cecília e Lajes, sendo que, na primeira, o VMVP para a média mensal foi de 6,3%, enquanto em Lajes o desvio padrão apresentou VMVP igual a 31,7%.

Pelos resultados apresentados, pode-se notar que o CLIMABR gerou, em relação ao CLIGEN, tanto uma maior amplitude nas variações percentuais das médias mensais quanto maiores valores médios das variações percentuais, sendo que, para apenas duas séries geradas pelo CLIMABR, dentre as 11 estações estudadas, os valores de VMVP foram inferiores aos do CLIGEN. A maior amplitude das variações percentuais dos

desvios-padrão também foi obtida para o CLIMABR, entretanto, somente na estação Rio Mole o VMVP gerado pelo CLIMABR foi superior ao obtido pelo CLIGEN.

Na comparação dos resultados obtidos para as estações localizadas em regiões próximas ao litoral (Cachoeiras de Macacu, ELETROBRÁS, Escola União, Rio Mole e Tanguá) com os gerados nas estações localizadas em maiores altitudes (Capela Mayrink, Ilha dos Pombos, Posto Garrafão, Santa Cecília, Tocos e Lajes) foram observados comportamentos diferenciados nos resultados, principalmente em relação às médias geradas pelos modelos. Os maiores valores de VMVP para as médias mensais geradas pelo CLIMABR ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes, tendência também que se repetiu nos VMVP's das médias mensais e desvios-padrão geradas pelo CLIGEN. Com relação aos desvios-padrão gerados pelo CLIMABR, os maiores valores obtidos também ocorreram para estações localizadas em maiores altitudes (Lajes e Santa Cecília), entretanto, para as demais estações houve uma alternância na ordem desses valores. Nitidamente, observa-se que as estações Santa Cecília e Lajes foram as que apresentaram os maiores valores de VMVP para as médias e desvios-padrão, tanto no CLIMABR quanto no CLIGEN.

O desempenho diferenciado na geração de dados de precipitação em regiões com maiores altitudes já foi constatado por outros autores (WILKS, 1999; YU, 2001). Este comportamento pode ser explicado pela predominância de chuvas orográficas nestas regiões, proporcionando uma grande variabilidade com relação à ocorrência de eventos de precipitação.

Outros trabalhos consultados também apresentam variações de magnitude similar ou superior às variações evidenciadas neste trabalho para o número de dias chuvosos. VIRGENS FILHO (1997) desenvolveu um modelo, chamado GEPAC, em que o número de dias chuvosos foi superestimado para quatro localidades do Estado de São Paulo. As variações percentuais observadas alcançaram valores de 12,0% no mês de agosto para Botucatu, 17,0% em novembro para Campos do Jordão, 23,0% em agosto para Pontal e 24,0% em setembro para Votuporanga. VIRGENS FILHO (2001) também determinou o número de dias chuvosos utilizando este mesmo modelo, sendo que os resultados obtidos, para 30 anos de simulação, variaram em até 43,0% em relação aos dados observados.

O número médio de dias chuvosos para cada um dos meses do ano (\overline{NW}) observados para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 8. Pela comparação dos resultados gerados

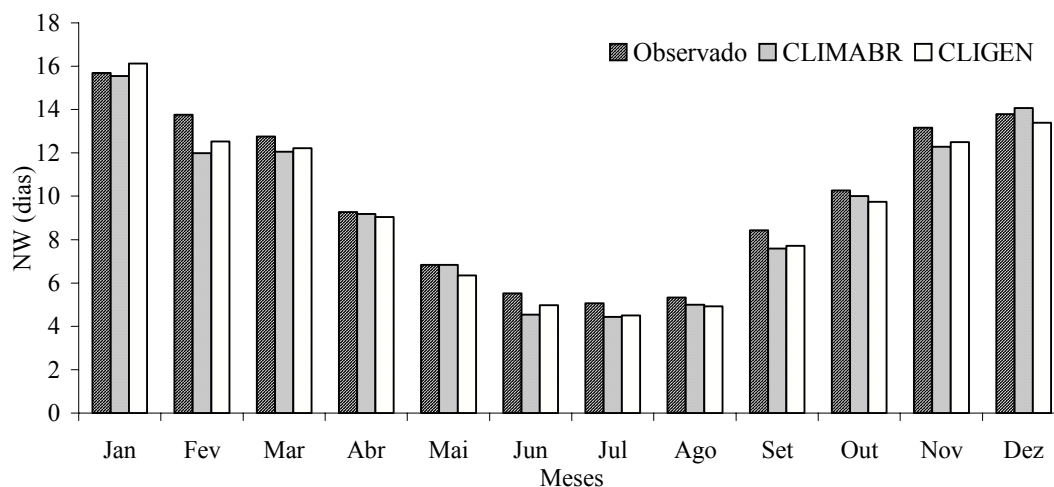


Figura 8 – Número de dias chuvosos, para a estação Santa Cecília, para cada um dos meses do ano, considerando os valores observados e estimados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN.

pelo CLIMABR com os dados observados, verifica-se que as maiores variações percentuais ocorreram em fevereiro e junho. Em fevereiro, a média mensal gerada pelo CLIMABR subestimou os dados observados em 12,8% e em junho a média mensal observada foi subestimada em 17,9%. Com relação aos desvios-padrão, em dezembro foi observada uma subestimativa igual a 41,4%, seguido do mês de novembro, com uma subestimativa de 39,8% (Apêndice B). O VMVP das médias mensais foi igual a 6,5%, cerca de cinco vezes menor que o obtido para o desvio padrão (30,1%), demonstrando que o modelo CLIMABR, nesta estação, estimou o número de dias chuvosos com boa precisão a média. Entretanto, não apresentou o mesmo desempenho para representar a variabilidade pertinente a este parâmetro.

Ainda com relação às médias mensais geradas pelo CLIMABR na estação Santa Cecília, constata-se que dez meses apresentaram subestimativas da média mensal do número de dias chuvosos e, em todos os meses, houve subestimativa dos desvios-padrão. Nos meses de janeiro, abril e maio, as médias mensais apresentaram pequenas variações percentuais, inferiores a 1,0%.

Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho semelhante ao CLIMABR com relação às médias mensais e aos desvios-padrão estimados. Em seis meses, os resultados gerados pelo CLIGEN para a média mensal do número de dias

chuvosos foram melhores que os estimados pelo CLIMABR, sendo que, somente no mês de janeiro, ocorreu uma superestimativa de 2,8%.

Em três meses, os desvios-padrão do CLIGEN apresentaram variações percentuais menores do que o CLIMABR. Nos demais meses, o CLIMABR apresentou um desempenho melhor, sendo que todos os valores dos desvios-padrão foram subestimados pelo CLIGEN.

A Figura 9 mostra a correlação entre os dados observados e gerados pelo modelo CLIMABR para a estação Santa Cecília. Nesta Figura, evidencia-se a presença de segmentos tanto acima como abaixo dos pontos de correlação, chamados de barras de erros, que indicam o intervalo de confiança associado a um nível de significância de 95% para cada ponto de correspondência entre os dados observados e gerados pelo modelo nos meses do ano. A linha contínua posicionada a 45° , chamada por muitos autores de linha de equivalência, representa uma condição de igualdade entre os valores comparados.

A análise da equação de regressão entre o $NW_{CLIMABR}$ e o $NW_{observado}$ permite evidenciar um coeficiente angular de 0,9528 e um coeficiente de determinação igual a 1,00, de onde se conclui que, de uma maneira geral, o CLIMABR gerou valores subestimados. No entanto, ocorreu uma correlação satisfatória entre os dados observados e os gerados pelo modelo.

A maioria das barras de erros relativas às médias mensais intercepta a linha de equivalência ou a linha de regressão. Das doze barras de erros, duas não interceptam nenhuma das linhas, o que ocorre nos meses de fevereiro e junho. O fato destas barras não tocarem a linha de equivalência pode ser compreendido pela análise da equação 39. Considerando-se que o tamanho da amostra (N) refere-se a um período de 100 anos, o número total de dias chuvosos para cada mês neste período é grande, o que, associado aos reduzidos valores dos desvios-padrão observados, proporcionam um intervalo de confiança pequeno e, conseqüentemente, as barras de erros apresentaram pequenas magnitudes, mascarando, de certa forma, os resultados positivos obtidos para as médias mensais do número de dias chuvosos.

Comparando-se os resultados obtidos pelo CLIMABR com os resultados do CLIGEN, conclui-se que, apesar da pequena vantagem deste sobre o CLIMABR, os resultados obtidos por ambos podem ser considerados próximos entre si e demonstram uma boa capacidade de predição do CLIMABR com relação à média mensal do número de dias chuvosos.

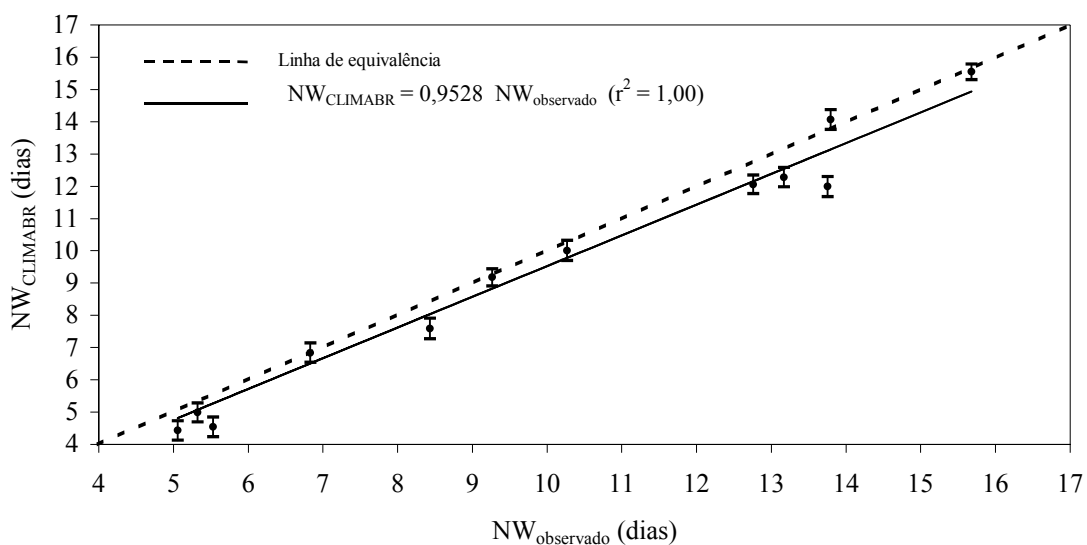


Figura 9 – Correlação, para a estação Santa Cecília, entre os valores observados e estimados pelo CLIMABR para o número de dias com precipitação (NW) e o intervalo de confiança associado a um nível de significância de 95%.

4.2. Probabilidades condicionais da cadeia de Markov

4.2.1. Probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso

Os resultados relativos aos valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, as variações percentuais e o valor médio destas variações, em relação aos dados observados, nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice C.

Evidenciou-se, de uma maneira geral, que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentaram maiores variações percentuais em relação aos valores observados nos desvios-padrão do que nas médias mensais. Outro comportamento constatado foi a tendência de obtenção de valores, tanto pelo CLIMABR como pelo CLIGEN, inferiores aos observados. Esta tendência também foi constatada tanto para a média da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso como em relação ao desvio padrão.

Com relação aos resultados estimados pelo modelo, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de $-50,0\%$ (em

Ilha dos Pombos no mês de junho) a 0,0%, resultado que ocorreu em pelo menos um mês em todas as estações, com exceção da própria estação Ilha dos Pombos. Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de 77,8% (Capela Mayrink em outubro) a uma subestimativa de 58,1% (Posto Garrafão em maio).

As variações percentuais entre os resultados obtidos utilizando o CLIGEN e os valores observados apresentaram uma menor amplitude, variando de -41,7% (Ilha dos Pombos em julho) a 6,2% (Tanguá em setembro). Os desvios-padrão obtidos pelo CLIGEN apresentaram maiores variações percentuais em relação aos dados observados do que os obtidos pelo CLIMABR, sendo que estes oscilaram de -61,3% até 80,0%, o que ocorreu nas estações Posto Garrafão e Capela Mayrink, nos meses de janeiro e maio, respectivamente.

Considerando-se os VMVP's obtidos pelo CLIMABR, verifica-se o maior valor da média mensal ocorreu na estação Ilha dos Pombos, sendo igual a 15,2%. Na estação Tanguá foi gerado o maior VMVP para o desvio padrão, igual a 30,4%. Para os dados gerados pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP ocorreram também nas estações Ilha dos Pombos e Tanguá, sendo que na primeira o VMVP para a média mensal foi de 15,4%, enquanto em Tanguá o desvio padrão apresentou um VMVP de 24,9%.

Pelos resultados apresentados, pode-se notar que o CLIMABR gerou, em relação ao CLIGEN, uma maior amplitude nas variações percentuais das médias mensais, sendo que, para quatro séries geradas pelo CLIMABR, dentre as 11 estações estudadas, os valores de VMVP foram inferiores aos do CLIGEN. A maior amplitude das variações percentuais dos desvios-padrão foi obtida para o CLIGEN, sendo que, das 11 estações estudadas, em cinco o CLIMABR apresentou valores de VMVP inferiores aos obtidos pelo CLIGEN.

Na comparação dos resultados obtidos para as estações localizadas em regiões próximas ao litoral com os gerados nas estações localizadas em maiores latitudes, foram observados, mais uma vez, comportamentos diferenciados nos resultados, principalmente em relação às médias geradas pelos modelos. Os maiores valores de VMVP para as médias mensais geradas pelo CLIMABR ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes, tendência também que se repetiu nos VMVP's das médias mensais geradas pelo CLIGEN. Com relação aos desvios-padrão gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP obtidos ocorreram, nos dois casos, na estação Tanguá, seguido pelas estações localizadas em maiores altitudes. A

estação Ilha Pombos foi a que apresentou o maior valor de VMVP para as médias tanto no CLIMABR quanto no CLIGEN.

As probabilidades de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso observadas para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 10. Pela comparação dos resultados gerados pelo CLIMABR com os dados observados, verifica-se que as maiores variações percentuais ocorreram em junho e julho. Em junho, a média mensal gerada pelo CLIMABR subestimou os dados observados em 21,2% e em julho a média mensal observada foi subestimada em 27,8%. Com relação aos desvios-padrão, nos meses de novembro e dezembro foi observada uma subestimativa igual a 36,4%, seguido do mês de fevereiro, com uma subestimativa de 31,6%.

Com relação às médias mensais geradas pelo CLIMABR na estação Santa Cecília, constata-se que dez meses apresentaram subestimativas da média e em todos os meses houve subestimativa dos desvios-padrão, com exceção de agosto, quando se obteve uma variação igual a zero.

Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho semelhante ao CLIMABR com relação às médias mensais e aos desvios-padrão estimados. Em seis meses, os resultados gerados pelo CLIGEN para a estimativa do valor médio da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso foram melhores que os estimados pelo CLIMABR, sendo que todos estes meses corresponderam a subestimativas dos valores observados.

Em três meses, os desvios-padrão estimados pelo CLIGEN apresentaram variações percentuais menores do que os gerados pelo CLIMABR. Nos demais meses, o CLIMABR apresentou um desempenho melhor, sendo que todos os valores dos desvios-padrão estimados pelo CLIGEN corresponderam a subestimativas dos valores reais.

A Figura 11 mostra a correlação entre os dados observados e gerados pelo modelo para a estação Santa Cecília. A análise da equação de regressão entre $P(W/W)_{\text{CLIMABR}}$ e $P(W/W)_{\text{observado}}$ indica que o CLIMABR gerou valores subestimados desta variável (coeficiente angular igual 0,9266). O coeficiente de determinação igual a 0,96 sugere que, apesar das diferenças observadas em alguns meses, houve uma satisfatória correlação entre os dados observados e os gerados pelo modelo.

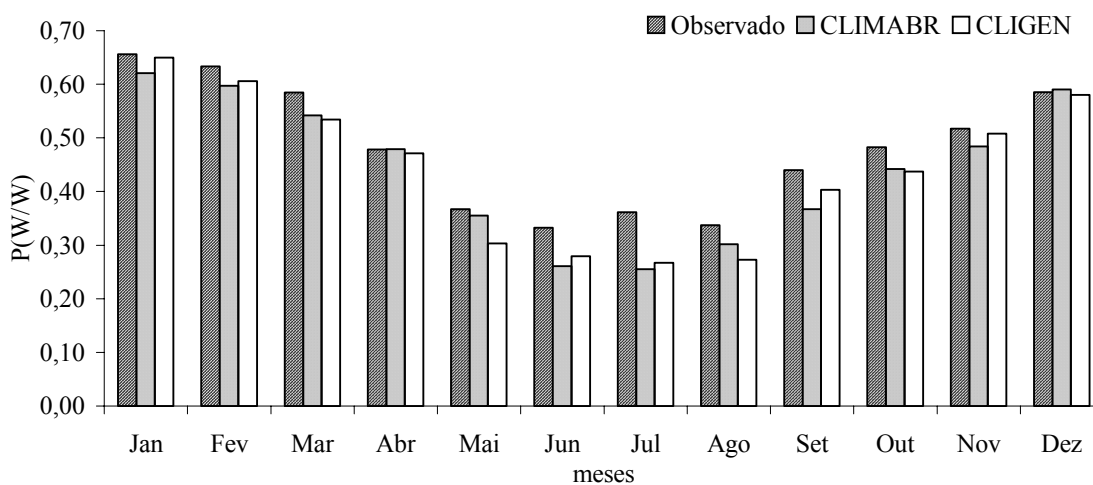


Figura 10 – Distribuição mensal de $P(W/W)$ para a estação Santa Cecília.

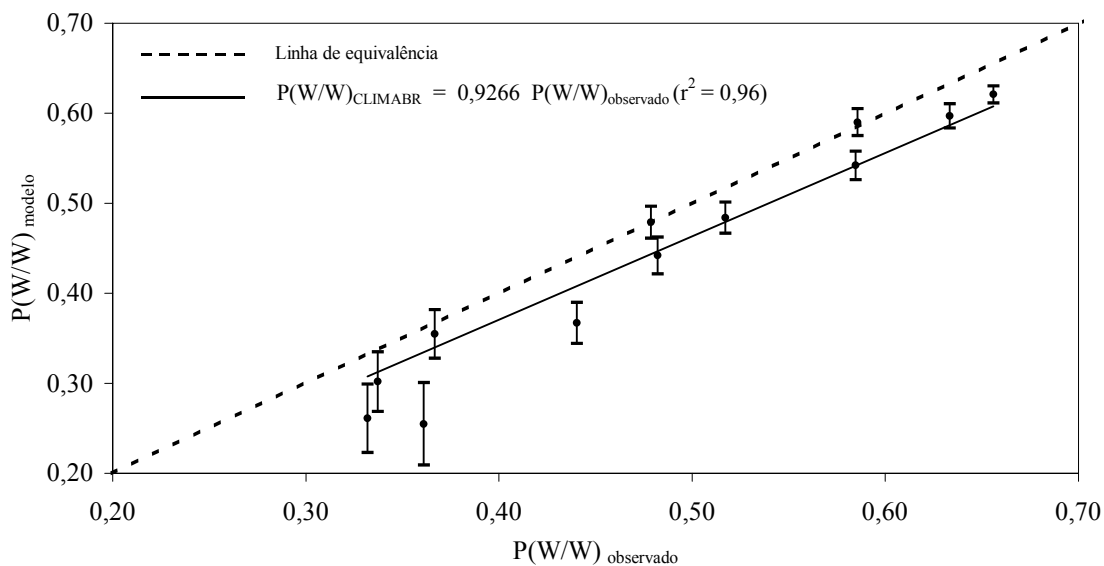


Figura 11 – Correlação entre a $P(W/W)$ gerada no modelo e a observada na estação Santa Cecília.

A maioria das barras de erros relativas às médias mensais intercepta as linhas de equivalência e de regressão. Isto ocorre em oito barras de erros, sendo que apenas para os meses de janeiro, junho, julho e setembro não ocorre a interceptação destas linhas.

Comparando-se os resultados obtidos pelo CLIMABR com os resultados do CLIGEN, pode-se verificar que, apesar da pequena vantagem deste sobre o CLIMABR, os resultados obtidos por ambos podem ser considerados próximos entre si, o que evidencia que o modelo apresenta uma boa capacidade de predição com relação à estimativa da probabilidade média mensal de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso.

4.2.2. Probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco

Os resultados relativos aos valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, as variações percentuais em relação aos dados observados e o valor médio destas variações, nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice D.

Percebe-se, de uma maneira geral, que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentam maiores variações percentuais em relação aos valores observados, nos desvios-padrão, do que nas médias mensais, semelhante ao que ocorreu nos resultados obtidos para NW e P(W/W). Outro comportamento evidenciado foi a tendência de obtenção de valores, tanto pelo CLIMABR como pelo CLIGEN, superiores aos observados com relação às médias mensais.

Com relação aos resultados gerados pelo CLIMABR, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de 0,0% (o que ocorreu em todas as estações com exceção do Posto Garrafão) a 14,3%, resultado observado em novembro na estação Posto Garrafão. Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de 80,0% (Tanguá, em junho) a uma subestimativa de 69,2% (Tanguá, em janeiro).

As variações percentuais entre os resultados obtidos utilizando-se o CLIGEN e os valores observados apresentaram um comportamento semelhante ao CLIMABR, variando de 0,0% (Escola União, em julho) a 14,7% (Tocos, em fevereiro). Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais em relação aos dados observados que

oscilaram de $-66,7\%$ até $60,0\%$, o que ocorreu nas estações Tanguá e Capela Mayrink, nos meses de janeiro e junho, respectivamente.

Considerando-se os VMVP's obtidos para o CLIMABR, verifica-se que o maior valor da média mensal ocorreu na estação Posto Garrafão, sendo igual a $8,3\%$. Na estação Tanguá foi gerado o maior VMVP para o desvio padrão, igual a $31,5\%$. Para os dados gerados pelo CLIGEN os maiores valores de VMVP ocorreram nas estações Tocos e Tanguá, sendo que na primeira o VMVP, para a média mensal, foi de $7,5\%$, enquanto na estação Tanguá o desvio padrão apresentou VMVP de $27,0\%$.

Pelos resultados apresentados, pode-se notar que os modelos geraram semelhantes amplitudes das variações percentuais das médias mensais, sendo que foram obtidos maiores VMVP's em cinco séries geradas pelo CLIMABR dentre as 11 estações estudadas, mesmo número em que o CLIGEN apresentou maiores valores de VMVP. Na estação Tanguá, tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentaram valores similares, sendo que nas estações Capela Mayrink, Rio Mole, Tocos e Lajes os VMVP's das médias mensais foram bem próximos. A maior amplitude das variações percentuais dos desvios-padrão foi obtida para o CLIMABR, no entanto, das 11 estações estudadas, em sete o CLIMABR apresentou valores de VMVP inferiores aos obtidos pelo CLIGEN.

Considerando-se os resultados obtidos para $P(W/D)$, não ficou evidenciada uma tendência de comportamento em relação à altitude das estações. Os maiores valores de VMVP para as médias mensais geradas pelo CLIMABR e pelo CLIGEN ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes, tendência que não se repetiu para os VMVP's dos desvios-padrão gerados pelos dois modelos. Com relação aos desvios-padrão gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, os maiores valores obtidos ocorreram, nos dois casos, na estação Tanguá, seguido pelas estações localizadas em maiores altitudes, Posto Garrafão e Ilha dos Pombos, no entanto, não se constatou uma predominância dos maiores valores para as estações localizadas na região serrana.

Os valores de $P(W/D)$ observados para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 12. Observa-se que o CLIMABR apresentou uma tendência de superestimativa na geração das médias mensais e de subestimativa dos desvios-padrão. Em abril, a média mensal gerada pelo CLIMABR superestimou os dados observados em $9,5\%$ e em dezembro o

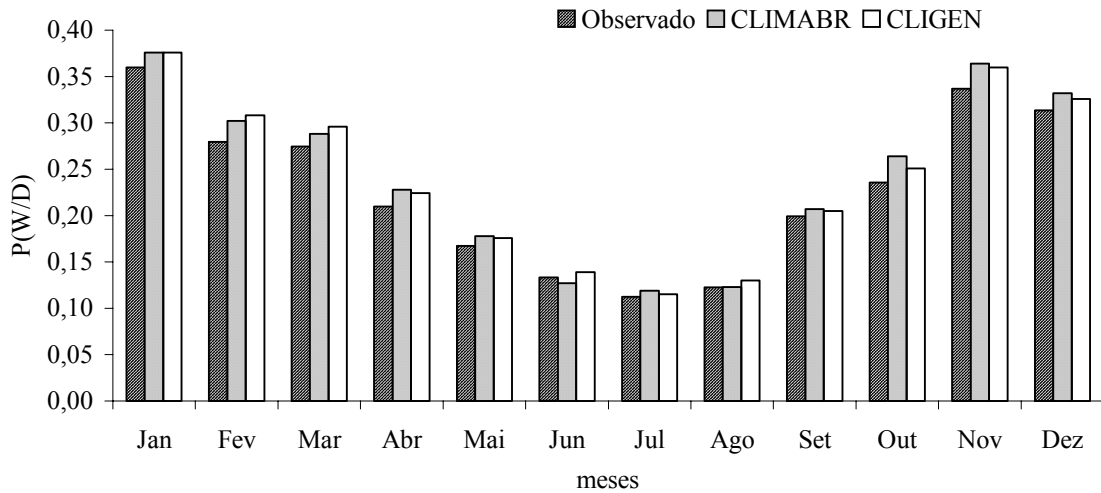


Figura 12 – Distribuição mensal de $P(W/D)$ para a estação Santa Cecília.

desvio padrão foi subestimado em 31,3%. O VMVP das médias mensais foi igual a 5,9% e 16,0% para o desvio padrão, valores menores do que aqueles obtidos a partir dos dados gerados pelo CLIGEN.

Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho inferior ao modelo CLIMABR com relação às variações percentuais das médias mensais e dos desvios-padrão estimados. Em quatro meses, os resultados gerados pelo CLIMABR para a média mensal da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco foram superiores quando comparados com os estimados pelo CLIGEN e para o mesmo número de meses o CLIMABR superou o CLIGEN quando considerados os desvios-padrão gerados. O comportamento semelhante dos modelos pode ser constatado nesta estação, onde, em seis meses, a média mensal gerada apresentou valores idênticos e em quatro o mesmo ocorreu para o desvio padrão.

A análise da equação de regressão entre o $P(W/D)_{CLIMABR}$ e o $P(W/D)_{observado}$ (Figura 13) confirma a tendência de superestimativa das médias mensais (coeficiente angular igual a 1,0629) e o coeficiente de determinação igual a 1,00 indica, também nesta variável, a correlação adequada entre os dados observados e os gerados pelo modelo. Este resultado é confirmado pelas barras de erros que interceptam a linha de equivalência ou a linha de regressão.

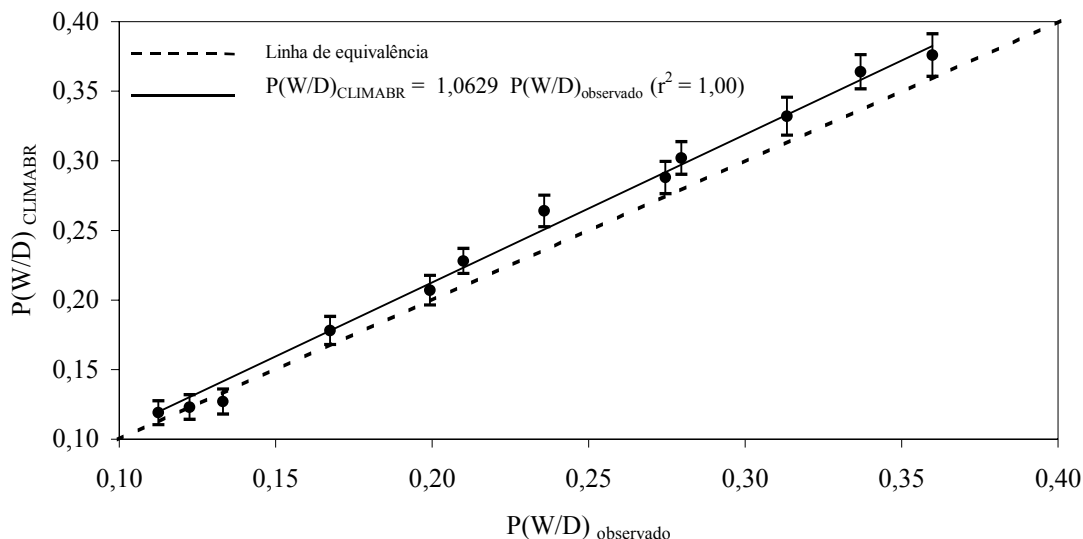


Figura 13 – Correlação entre o $P(W/D)$ gerado no modelo e o observado na estação Santa Cecília.

Comparando-se os resultados obtidos pelo CLIMABR com os resultados do CLIGEN, pode-se verificar uma superioridade do CLIMABR, principalmente com relação ao desvio padrão, entretanto os resultados obtidos por ambos podem ser considerados próximos entre si.

As variáveis $P(W/W)$ e $P(W/D)$ foram utilizadas no CLIMABR para a geração estocástica do número dias chuvosos a partir da cadeia de Markov (equações de 22 a 25) onde as magnitudes das variações percentuais observadas nos modelos CLIGEN e CLIMABR foram similares e não invalidam o processo de simulação, principalmente se o resultado final apresentar uma tendência de ajuste com os dados históricos.

Os resultados obtidos para o número de dias chuvosos no mês (NW) e para as probabilidades $P(W/W)$ e $P(W/D)$ indicam grande potencial de uso do modelo CLIMABR em simular adequadamente estas variáveis.

4.3. Precipitação total diária

Os resultados relativos aos valores médios mensais da precipitação total diária e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, as variações percentuais em relação aos dados observados e o valor médio destas variações, nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice E.

Constatou-se, de uma maneira geral, que o CLIMABR apresentou um desempenho mais adequado do que o CLIGEN na geração das médias mensais e dos desvios-padrão da precipitação total diária. Foi evidenciada uma tendência, tanto pelo CLIMABR como pelo CLIGEN, de superestimativa dos dados observados com relação às médias mensais e de subestimativa dos desvios-padrão.

Com relação aos resultados gerados pelo CLIMABR, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de, no máximo, 5,7% (Rio Mole em janeiro). Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que subestimaram os dados observados em até 3,6% (Ilha dos Pombos em julho). SEDIYAMA et al. (1978), utilizando uma função gama incompleta para simular a precipitação total diária para os dias chuvosos, obteve erros máximos na ordem de 6,2% em relação aos dados observados, considerando a precipitação média simulada correspondente a um período de 10 anos, enquanto VIRGENS FILHO (1997) observou que a distribuição Gama ajustou-se adequadamente às séries históricas analisadas para quatro localidades do Estado de São Paulo. No entanto, foram verificadas diferenças em relação aos dados observados da precipitação total diária de até 28,0% para Votuporanga e 12,0% para Campos do Jordão.

O SEDAC_R gerou resultados que alcançaram variações de até 46,0%, observada no mês de setembro, em 30 anos de simulação. Nas simulações com períodos de 19 e 7 anos, os valores médios observados foram superestimados em 48,0 e 111,0%, nos meses de julho e novembro, respectivamente. Diante dos resultados obtidos, o autor concluiu que, à medida que se diminui o período base de geração dos parâmetros do modelo, ocorre uma tendência de maior dispersão dos pontos, indicando que a duração do período base influenciou na exatidão e qualidade dos dados gerados (VIRGENS FILHO, 2001).

As variações percentuais entre os resultados obtidos utilizando-se o CLIGEN e os valores observados apresentaram uma maior amplitude, variando de -97,9% (ELETROBRÁS, em dezembro) a 10,5% (Capela Mayrink, em abril). Os desvios-padrão obtidos pelo CLIGEN apresentaram também maiores variações percentuais que o CLIMABR em relação aos dados observados e oscilaram de -100,0% (ELETROBRÁS, em outubro, novembro e dezembro) até 3,0% (Tanguá, nos meses de julho e agosto).

Considerando-se os valores médios das variações percentuais (VMVP) obtidas para o CLIMABR, a maior VMVP da média mensal ocorreu na estação Rio Mole,

sendo esta igual a 3,2%. Na estação Tocos foi gerado o maior VMVP para o desvio padrão, sendo este igual a 2,0%.

Para os dados gerados pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP ocorreram na estação ELETROBRÁS, sendo que o valor de VMVP para a média mensal foi de 27,5%, enquanto para o desvio padrão foi igual a 28,4%. As grandes variações percentuais obtidas pelo CLIGEN nos meses de outubro, novembro e dezembro, para as médias mensais e para os desvios-padrão, proporcionaram os altos valores de VMVP observados. Para estes três meses, o CLIGEN gerou valores iguais a 0,3 mm para média mensal de precipitação e iguais a 0,0 mm para os desvios-padrão. YU (2000) já havia encontrado inconsistências na versão 4.2 do CLIGEN, uma vez que, devido a erros de conversão no código fonte do programa (MAYER, 2001), os valores relativos à duração dos eventos de precipitação apresentavam sempre resultados próximos a três horas. Neste trabalho, a versão utilizada foi a 5.0, na qual este programa já estava corrigido no código fonte. Diante deste fato, as possíveis causas para a ocorrência deste comportamento incoerente podem estar relacionadas com os dados de entrada ou com erros nas rotinas internas do código fonte da versão 5.0 do CLIGEN.

Outro fato a destacar foram os valores das variações percentuais iguais a zero ocorridas nas médias mensais e nos desvios-padrão nas estações Posto Garrafão e Tanguá e para os dados gerados pelo CLIMABR. Estes resultados são explicados a partir da correção dos valores gerados na série implementada no CLIMABR a partir das médias mensais e dos desvios-padrão (equações 30 e 31). Provavelmente, os resultados gerados pelo modelo apresentavam pequenas variações percentuais e, após o emprego da correção, os valores gerados pelo modelo igualaram-se aos observados.

Pelos resultados apresentados pode-se notar que o CLIMABR gerou, em relação ao CLIGEN, uma menor amplitude nas variações percentuais das médias mensais, sendo que em todas as 11 estações estudadas, as séries geradas pelo CLIMABR apresentaram menores valores médios das variações percentuais. A maior amplitude das variações percentuais dos desvios-padrão também foi obtida para o CLIGEN.

Considerando-se os resultados, obtidos para a precipitação total diária, não ficou evidenciada uma correlação entre os resultados obtidos e a altitude das estações. Com relação às médias mensais e os desvios-padrão gerados pelo CLIMABR, os maiores valores de VMVP foram obtidos, respectivamente, para as estações Rio Mole (próxima ao litoral) e Tocos (em alta altitude). Com relação aos valores das médias mensais e dos desvios-padrão gerados pelo CLIMABR, os maiores valores de VMVP ocorreram na

estação ELETROBRÁS, onde o comportamento foi incoerente. Entretanto, não foi observada uma preponderância, com relação aos valores de VMVP, das estações localizadas próximas ao litoral ou em maiores altitudes.

Os valores observados da precipitação total diária para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 14. A tendência de superestimativa das médias mensais e subestimativas dos desvios-padrão, com relação aos dados observados, é observada nos dois modelos. A partir da comparação dos resultados gerados pelo CLIMABR com os dados observados, é possível constatar que as maiores variações percentuais das médias mensais da precipitação total diária ocorreram em abril e julho. Em abril, a média mensal gerada pelo CLIMABR superestimou os dados observados em 3,3%, valor que se repetiu para julho.

Com relação aos desvios-padrão obtidos pelo CLIMABR, nos meses de maio e julho foram observadas, respectivamente, subestimativas iguais a 2,8 e 3,1%. O CLIMABR gerou valores de VMVP menores que os estimados pelo CLIGEN, o valor de VMVP para as médias mensais foi igual a 2,2% e, para o desvio padrão, o valor foi de 1,9%.

Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho inferior ao modelo CLIMABR com relação às médias mensais calculadas e aos desvios-padrão estimados. Em dez meses, os resultados gerados pelo CLIMABR para a média mensal da precipitação total diária foram melhores quando comparados com os estimados pelo CLIGEN e em 11 meses o CLIMABR superou o CLIGEN quando considerados os desvios-padrão gerados.

A Figura 15 mostra a correlação entre os dados observados e gerados pelo modelo para a estação Santa Cecília. A análise da equação de regressão entre o P_{CLIMABR} e o $P_{\text{Observado}}$ confirma a tendência de superestimativa observada anteriormente (coeficiente angular de 1,0194). Foi obtido um coeficiente de determinação igual a 1,00, o que indica também uma correlação adequada entre os dados observados e os gerados pelo modelo. Este resultado é confirmado pelas barras de erros em que se interceptam, simultaneamente, as linhas de equivalência e de regressão.

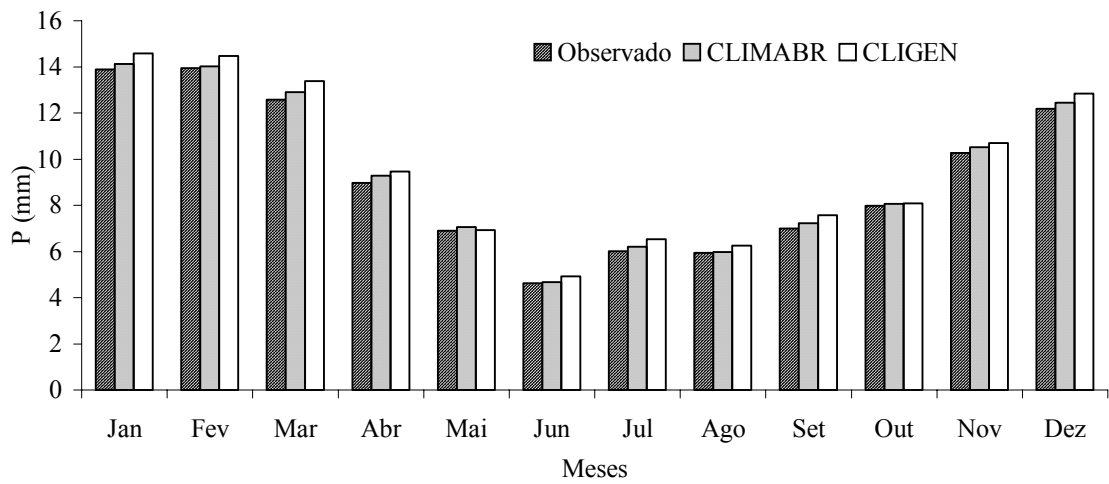


Figura 14 – Distribuição mensal do precipitação total diária (P) para a estação Santa Cecília.

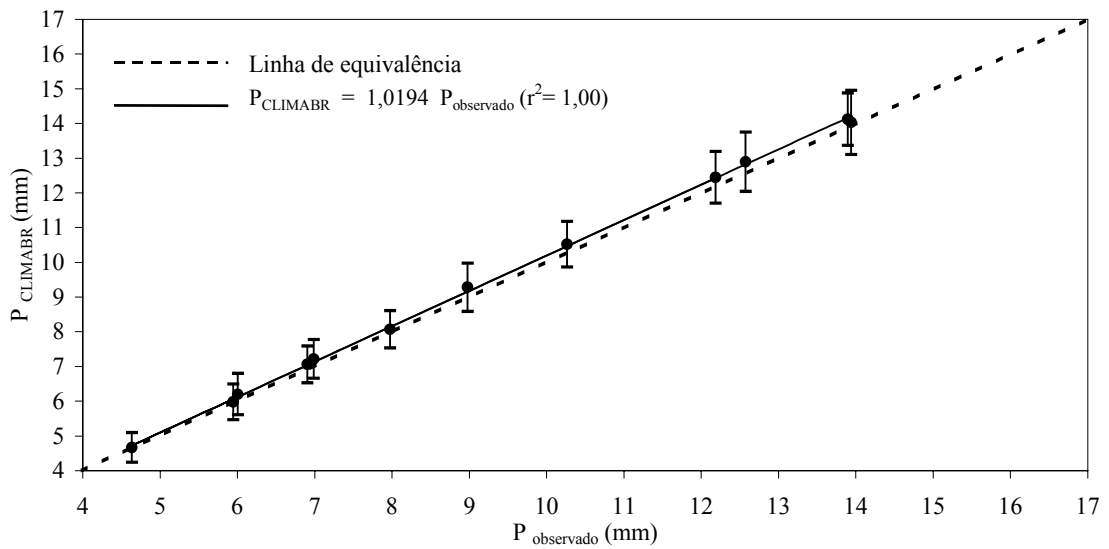


Figura 15 – Comparação da média mensal da precipitação total diária (P) observada com a gerada pelo modelo na estação Santa Cecília, associado a um intervalo de confiança de 95%.

Comparando-se os resultados obtidos pelo CLIMABR com os resultados do CLIGEN, pode-se constatar os melhores resultados obtidos com o uso do CLIMABR, tanto para as médias mensais como para os desvios-padrão.

4.4. Duração efetiva da precipitação

4.4.1. Duração efetiva dos eventos diários de precipitação considerando parâmetros gerais

A Figura 16 apresenta o gráfico de determinação do parâmetro Δ , utilizado na equação 32 para cálculo das durações efetivas dos eventos diários de precipitação pelo CLIMABR. Na obtenção deste parâmetro, foram utilizados dados observados de todas as estações estudadas. Nota-se que valores relativos à intensidade máxima instantânea (ordenada) e intensidade média (abscissa) dos eventos de precipitação observados se concentram próximos à origem, o que indica a predominância de eventos de baixa intensidade. Entretanto, também podem ser identificados eventos com valores de intensidade máxima instantânea de precipitação acima de 150 mm h^{-1} .

Os resultados relativos aos valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados pelo CLIMABR pelo CLIGEN, as variações percentuais em relação aos dados observados e o valor médio destas variações, nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice F.

Percebe-se, de uma maneira geral, que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentam grandes variações percentuais em relação aos valores observados, tanto para as médias mensais quanto para os desvios-padrão. Outro comportamento evidenciado foi a tendência de obtenção, por parte do CLIMABR, de valores inferiores aos observados pelo CLIGEN, constatada tanto para a média como em relação ao desvio padrão.

Com relação aos resultados gerados pelo CLIMABR, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de $-53,5\%$ (Capela Mayrink, em junho) a $74,3\%$ (Ilha dos Pombos, em de maio), ambas localizadas na região serrana do Estado. Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de $96,6\%$ (Ilha dos Pombos, em abril) a uma subestimativa de $19,1\%$ (Capela Mayrink, em novembro).

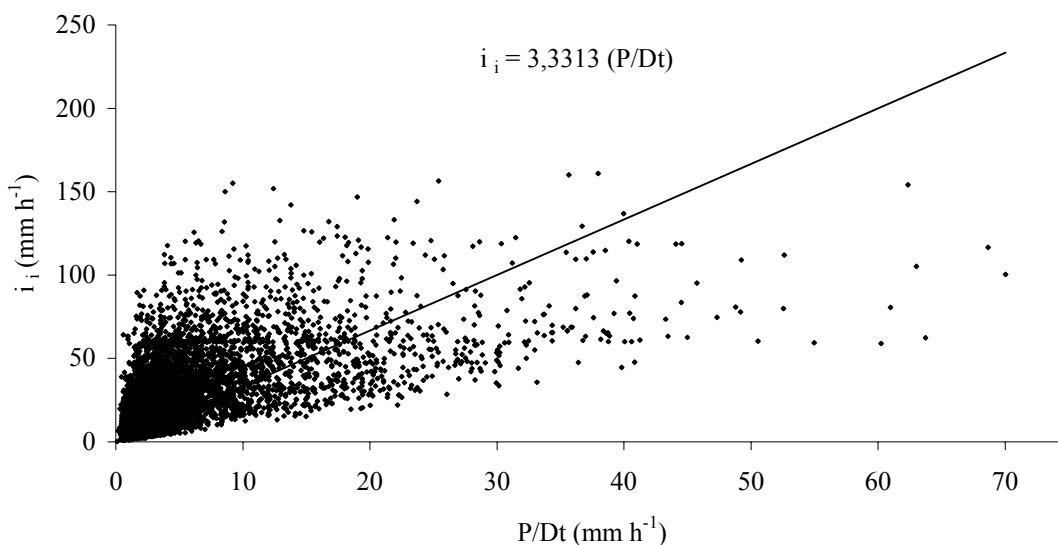


Figura 16 – Gráfico de determinação do parâmetro Δ .

O CLIGEN apresentou uma tendência de subestimar tanto as médias mensais como os desvios-padrão da duração efetiva dos eventos diários de precipitação. As variações percentuais entre os resultados obtidos para as médias mensais utilizando-se o CLIGEN e os valores observados nas estações apresentaram uma menor amplitude com relação ao CLIMABR, variando de $-75,4\%$ (Santa Cecília em junho) a $24,6\%$ (Posto Garrafão em março). Os desvios-padrão obtidos pelo CLIGEN apresentaram variações percentuais em relação aos dados observados que oscilaram de $-78,8\%$ (Posto Garrafão em janeiro) até $-28,2\%$, o que ocorreu nas estações Lajes e Cachoeiras de Macacu, nos meses de agosto e março, respectivamente.

Considerando-se os VMVP's obtidos para o CLIMABR, verifica-se que o maior valor da média mensal ocorreu na estação Capela Mayrink, sendo esta igual a $39,5\%$. Por outro lado, o maior VMVP para o desvio padrão foi observado na Ilha dos Pombos sendo igual a $29,8\%$. Nota-se que, neste caso, o maior valor médio das variações percentuais ocorreu para a média mensal e não para o desvio padrão como freqüentemente é observado.

Para os dados gerados pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP ocorreram na estação Lajes, tanto para a média mensal quanto para o desvio padrão, cujos valores foram de $54,7$ e $64,4\%$, respectivamente.

Pelos resultados apresentados, pode-se notar que o CLIGEN gerou, em relação ao CLIMABR, maiores VMVP's, sendo que, nas séries geradas pelo CLIMABR, em

oito estações dentre as 11 estações estudadas, os valores de VMVP foram inferiores aos do CLIGEN. A maior amplitude das variações percentuais dos desvios-padrão também foi obtida para o CLIMABR, entretanto não se observou, em nenhuma estação, valor de VMVP gerado pelo CLIMABR maiores que o obtido pelo CLIGEN.

Notam-se comportamentos bastante diferenciados nos resultados obtidos para as estações localizadas em regiões próximas ao litoral comparados com os gerados nas estações localizadas em regiões com maiores altitudes. Os maiores valores de VMVP tanto para as médias como para os desvios-padrão gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes.

ARNOLD e WILLIAMS (1989) estimaram a duração dos eventos de chuva em cinco localidades dos Estados Unidos, a partir de uma distribuição triangular e dos valores de $\alpha_{0,5}$, para as quais foram calculadas as médias e os respectivos desvios-padrão. Para Safford, Estado do Arizona, a média mensal foi superestimada em 89,0% em maio, enquanto que, em dezembro os valores simulados superaram os dados observados em 87,0%. Considerando-se o desvio padrão médio mensal em fevereiro, houve uma superestimativa de 147,0% dos valores observados em Reynolds, Estado de Idaho e 123,0% em Safford. O CLIMABR e o CLIGEN demonstram um fraco desempenho na geração da duração efetiva dos eventos diários de precipitação, já que proporcionaram uma grande amplitude das variações percentuais e altos valores de VMVP, tanto para a média como para o desvio padrão.

Os valores da duração efetiva dos eventos diários de precipitação observados para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 17. Pela comparação dos resultados gerados pelo CLIMABR com os dados observados, verifica-se que as maiores variações percentuais ocorreram em julho e setembro. Em julho, a média mensal gerada pelo CLIMABR superestimou os dados observados em 10,7% e, em setembro, a média mensal observada foi subestimada em 40,2%. Com relação aos desvios-padrão, em julho foi observada uma superestimativa igual a 78,1%, seguido do mês de novembro também com uma superestimativa de 35,7% (Apêndice F). O VMVP das médias mensais foi igual a 14,8% e, para o desvio padrão, o valor foi de 24,8%.

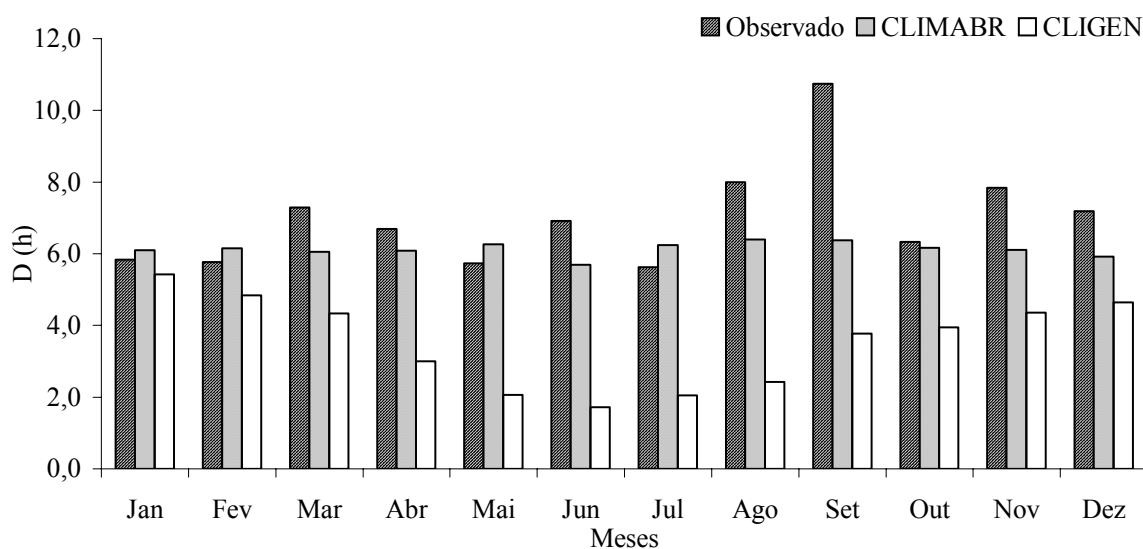


Figura 17 – Distribuição mensal da duração efetiva dos eventos diários de precipitação para a estação Santa Cecília.

Na estação Santa Cecília, em oito meses ocorreram subestimativas das médias mensais geradas pelo CLIMABR e, em 11 meses, os desvios-padrão foram superestimados.

Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho inferior ao modelo CLIMABR com relação às médias mensais calculadas e aos desvios-padrão estimados. Em todos os meses, os resultados gerados pelo CLIGEN para a média mensal da duração efetiva dos eventos diários de precipitação foram inferiores aos estimados pelo CLIMABR. Todos os valores para a média mensal e desvio padrão foram subestimados pelo CLIGEN.

Comparando-se os resultados obtidos pelos modelos, percebe-se claramente que o CLIMABR obteve estimativas superiores em relação aos dados simulados pelo CLIGEN, entretanto, os resultados obtidos pelo CLIMABR apresentaram grandes variações percentuais quando comparados com os resultados observados, o que mostra a necessidade do aperfeiçoamento da metodologia para estimativa da duração efetiva dos eventos diários de precipitação.

4.4.2. Duração efetiva dos eventos diários de precipitação considerando parâmetros gerais e específicos

Os valores obtidos para os parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos de cada estação se encontram no Quadro 3. Observa-se que os valores dos parâmetros apresentam variações. A estação Rio Mole apresentou valor do parâmetro Δ superior às demais estações, enquanto a estação Santa Cecília, os maiores valores dos parâmetros α e $\Gamma(\alpha)$ e a Escola União, a maior estimativa de β . Os parâmetros α , β e $\Gamma(\alpha)$ são usados na geração dos valores de $\alpha_{0,5}$ a partir da função de densidade de probabilidade Gama (equação 33) e junto com o parâmetro Δ são empregados no cálculo da duração efetiva dos eventos diários de precipitação, sendo que estes são obtidos a partir de dados pluviográficos, conforme metodologia descrita no item 3.1.3.

Os resultados das médias mensais e dos respectivos desvios-padrão da duração efetiva dos eventos diários de precipitação gerados pelo CLIMABR, considerando-se valores dos parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ específicos para cada estação, as variações percentuais em relação aos dados observados e o valor médio destas variações em relação ao uso dos valores gerais destes parâmetros, encontram-se no Apêndice G.

Observou-se, de uma maneira geral, que o CLIMABR apresentou consideráveis variações percentuais quando foram geradas as durações efetivas a partir dos parâmetros específicos das estações comparados com os valores obtidos utilizando os valores gerais destes parâmetros, tanto para as médias mensais quanto para os desvios-padrão.

As médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de -24,1% (Lajes em junho) a 14,3% (Tanguá em maio). Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de 14,8% (Tanguá em junho) a uma subestimativa de 25,0% (Lajes em setembro e outubro).

Considerando-se os valores médios das variações percentuais (VMVP) entre as durações efetivas dos eventos diários de precipitação a partir do uso de parâmetros gerais e específicos no CLIMABR, verifica-se que o maior VMVP da média mensal ocorreu na estação Lajes, sendo esta igual a 23,2% e para o desvio padrão o valor foi igual a 23,3% na mesma estação. Verifica-se que os parâmetros específicos α e $\Gamma(\alpha)$ pertencentes à estação de Lajes, utilizados na obtenção de $\alpha_{0,5}$, são superiores aos valores parâmetros gerais, o que pode explicar o maior valor de VMVP e as

Quadro 3 - Valores dos parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$, necessários para a estimativa da duração efetiva da precipitação considerando cada estação individualmente e os valores gerais para todas as estações

Estação	Δ	α	β	$\Gamma(\alpha)$
Cachoeiras de Macacu	3,218	2,55641	0,14081	1,38420
Capela Mayrink	3,206	2,28020	0,16769	1,15305
ELETROBRÁS	3,081	2,47041	0,14410	1,30225
Escola União	3,290	2,03010	0,17302	1,01310
Ilha dos Pombos	3,517	2,34877	0,15565	1,20213
Posto Garrafão	3,086	2,01560	0,16342	1,00669
Rio Mole	4,048	2,19195	0,13110	1,09701
Santa Cecília	3,365	3,44059	0,13451	3,11435
Tanguá	3,441	2,91674	0,14561	1,85466
Tocos	3,178	2,50427	0,15740	1,33334
Lajes	3,602	3,14264	0,14329	2,29037
Geral	3,331	2,32501	0,16035	1,18455

subestimativas geradas tanto para as médias mensais como para os desvios-padrão. A estação Santa Cecília apresentou um comportamento semelhante ao da estação de Lajes com relação às variações percentuais, onde também foram observados valores dos parâmetros α e $\Gamma(\alpha)$ superiores aos parâmetros gerais.

A comparação dos resultados obtidos para as estações localizadas em regiões próximas ao litoral com os gerados nas estações localizadas em maiores altitudes mostra comportamentos bastante diferenciados nos resultados. Os maiores valores de VMVP, tanto para as médias mensais quanto para os desvios-padrão gerados pelo CLIMABR, ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes, que foram Lajes, Santa Cecília e Posto Garrafão. Para as demais estações, houve uma alternância na ordem desses valores.

Avaliando-se os resultados obtidos, constatou-se claramente que o modelo CLIMABR apresentou consideráveis variações percentuais nos resultados gerados das durações efetivas dos eventos diários de precipitação quando estas foram calculadas a partir dos parâmetros específicos das estações em comparação com os valores obtidos utilizando parâmetros gerais. O uso de valores diferenciados para estes parâmetros proporcionam variações percentuais nos resultados da duração efetiva no CLIMABR, entretanto, o emprego de valores comuns destes parâmetros permite a obtenção desta

variável, na região estudada, em estações que só disponham de dados pluviométricos, o que justificaria o seu uso.

4.5. Intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada

4.5.1. Intensidade máxima instantânea de precipitação considerando parâmetros gerais

Os resultados relativos aos valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados tanto pelo CLIMABR como pelo CLIGEN, as variações percentuais em relação aos dados observados e o valor médio destas variações, nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice H.

Conforme descrito no item 3.2.4., a intensidade máxima instantânea de precipitação foi padronizada para cada evento diário de precipitação pela intensidade média, que, por sua vez, foi obtida pela razão entre a precipitação total diária e a duração efetiva. Portanto, os parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ influenciam também os valores gerados da intensidade instantânea máxima de precipitação padronizada, sendo que, neste caso, foram utilizados os parâmetros gerais.

Percebe-se, de uma maneira geral, que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentaram grandes variações percentuais em relação aos valores observados, tanto para as médias mensais quanto para os desvios-padrão.

Com relação aos resultados gerados pelo CLIMABR, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de $-20,0\%$ a $82,9\%$, as quais ocorreram na estação Santa Cecília, nos meses de dezembro e julho, respectivamente. Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de $222,2\%$ (Posto Garrafão, em agosto) a uma subestimativa de $86,5\%$ (em Tanguá, em dezembro), sendo que outras estações apresentaram também grandes variações percentuais (Cachoeiras de Macacu e Ilha dos Pombos). Esta grande amplitude observada tanto para as médias e, principalmente, com relação aos desvios-padrão nestas estações compromete a qualidade dos dados gerados pelo CLIMABR.

As variações percentuais entre os resultados obtidos utilizando o CLIGEN e os valores observados apresentaram uma maior amplitude, variando de $-75,7\%$ (Lajes, em janeiro) a $77,1\%$ (Santa Cecília, em julho). Os desvios-padrão obtidos apresentaram

variações percentuais em relação aos dados observados que oscilaram de -63,8% a 240,0%, o que ocorreu na estação Santa Cecília nos meses de dezembro e julho, respectivamente.

Considerando-se os valores médios das variações percentuais (VMVP) obtidos para o CLIMABR, verifica-se que o maior VMVP da média mensal ocorreu na estação Posto Garrafão, sendo esta igual a 32,5%. O maior VMVP para o desvio padrão observado foi de 109,1%, que ocorreu na estação Cachoeiras de Macacu. Para os dados gerados pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP ocorreram na estação Ilha dos Pombos, sendo iguais a 36,1% e 70,6% para a média mensal e o desvio padrão, respectivamente o que ocorreu na estação Santa Cecília.

Pelos resultados apresentados, pode-se notar que o CLIGEN gerou, em relação ao CLIMABR, maiores valores médios das variações percentuais para os valores médios mensais da intensidade máxima instantânea padronizada, sendo que, em dez séries geradas pelo CLIMABR, dentre as 11 estações estudadas, os valores de VMVP foram inferiores aos do CLIGEN. Por outro lado, o CLIMABR apresentou um maior valor de VMVP para o desvio padrão (Cachoeiras de Macacu) em relação ao CLIGEN, sendo que o CLIGEN apresentou um desempenho superior ao CLIMABR em oito das 11 estações estudadas.

A comparação dos resultados obtidos para as estações localizadas em regiões próximas ao litoral com os gerados nas estações localizadas em maiores altitudes indica, também para esta variável, comportamentos bastante distintos nos resultados, principalmente com relação aos resultados obtidos pelo CLIGEN. Os maiores valores de VMVP para as médias mensais e para os desvios-padrão gerados pelo CLIGEN ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes, tendência que não ocorreu nos VMVP's das médias mensais e desvios-padrão geradas pelo CLIMABR. Com relação às médias mensais e aos desvios-padrão gerados pelo CLIGEN, os maiores valores obtidos ocorreram para estações localizadas em maiores altitudes (Ilha dos Pombos, Santa Cecília, Lajes e Capela Mayrink), entretanto, para as demais estações, houve uma alternância na ordem desses valores.

Os valores observados da intensidade máxima instantânea de precipitação observados para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 18. Pela comparação dos resultados gerados pelo CLIMABR com os dados observados, verifica-se que as maiores variações percentuais ocorreram em julho e dezembro. Em julho, a média mensal gerada pelo

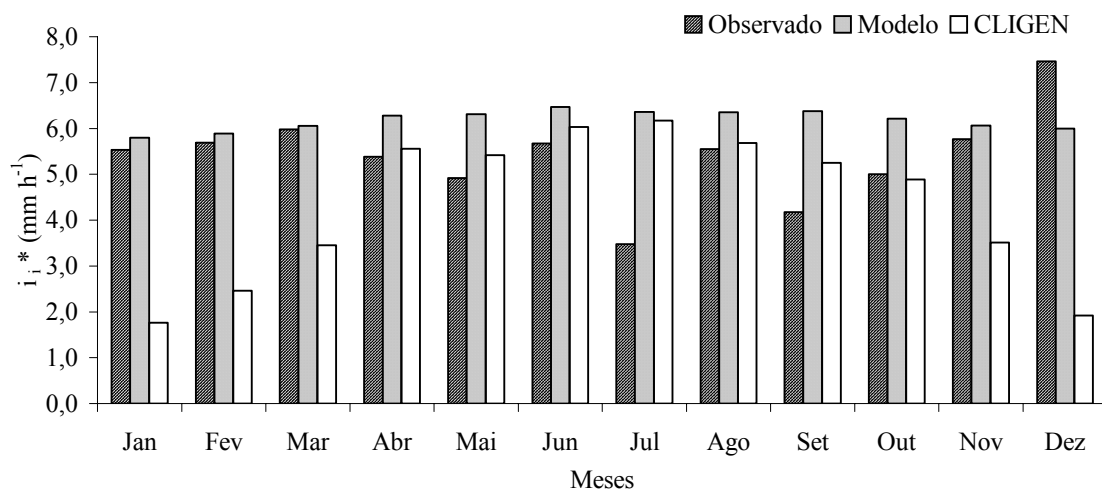


Figura 18 – Distribuição mensal da intensidade máxima instantânea de precipitação para a estação Santa Cecília.

CLIMABR superestimou os dados observados em 82,9% e, em dezembro, a média mensal observada foi subestimada em 20,0%. Com relação aos desvios-padrão, em julho foi observada uma superestimativa igual a 5,0% e, em dezembro, uma subestimativa de 60,3% (Apêndice H). O VMVP das médias mensais foi igual a 22,4% e para o desvio padrão o valor foi de 33,6%.

Considerando-se as médias mensais geradas pelo CLIMABR na estação Santa Cecília, constata-se que 11 meses apresentaram superestimativas da média e em 11 meses também as variações percentuais dos desvios-padrão foram subestimadas. Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho inferior ao CLIMABR com relação às médias mensais calculadas e aos desvios-padrão estimados. Em sete meses, as variações percentuais geradas pelo CLIGEN para a média mensal da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada foram inferiores às estimadas pelo CLIMABR e, em cinco meses, o CLIGEN superou o CLIMABR quando analisadas as variações percentuais dos desvios-padrão.

Comparando-se os resultados obtidos pelos modelos, percebe-se claramente que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN geraram dados que apresentaram grandes variações percentuais em relação aos dados observados. Os resultados obtidos indicam a necessidade do aperfeiçoamento da metodologia para a estimativa da intensidade máxima instantânea de precipitação. Este aperfeiçoamento é de grande importância, visto que a intensidade máxima instantânea de precipitação tem influência direta na

variação das taxas de perdas de solo e de água que ocorrem no processo erosivo (FLANAGAN et al., 1988; MEHL, 2000).

4.5.2. Intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada considerando parâmetros gerais e específicos

Os resultados das médias mensais e dos respectivos desvios-padrão da intensidade máxima instantânea de precipitação gerados pelo CLIMABR, considerando-se valores dos parâmetros (Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$) específicos de cada estação (Quadro 3), as variações percentuais e o valor médio destas variações, em relação ao uso de valores gerais destes parâmetros, encontram-se no Apêndice I.

Observa-se, de uma maneira geral, que o CLIMABR apresentou pequenas variações percentuais quando foram geradas as intensidades máximas instantâneas a partir dos parâmetros específicos das estações em comparação com os valores obtidos utilizando-se os valores gerais destes parâmetros.

As médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas, apresentaram variações de -13,0% (Tanguá, no mês de setembro) a 2,2% (Posto Garrafão, nos meses de janeiro, fevereiro, março, setembro e novembro). Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de 14,3% (Posto Garrafão nos meses de janeiro, maio, setembro e outubro) a uma subestimativa de 20,0% (Tanguá em junho).

Considerando-se os valores médios das variações percentuais (VMVP) obtidos pelo CLIMABR, verifica-se que o maior VMVP da média mensal ocorreu na estação Tanguá, sendo esta igual a 5,8%. O maior VMVP para o desvio padrão observado foi de 6,7%, na estação Posto Garrafão.

A comparação dos resultados obtidos para as estações localizadas em regiões próximas ao litoral com os gerados nas estações localizadas em regiões de maiores altitudes, indica, também para esta variável, uma tendência no comportamento dos resultados. Com exceção da estação Tanguá, os maiores valores de VMVP, tanto para as médias mensais como para os desvios-padrão gerados pelo CLIMABR, ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes, que foram Lajes, Santa Cecília e Posto Garrafão.

Os resultados obtidos sugerem que o uso de parâmetros gerais para esta variável mostrou-se adequado, o que indica a possibilidade de aplicação da metodologia de cálculo para a obtenção da intensidade máxima instantânea de precipitação mesmo para estações localizadas fora da região de estudo, nos quais só estejam disponíveis dados pluviométricos e que, portanto, não apresentam informações que permitiam o cálculo da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada. O mesmo raciocínio não se aplica à duração efetiva dos eventos diários de precipitação, pois foram observadas variações percentuais consideráveis nos dados gerados utilizando-se os parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ específicos das estações, quando da sua comparação com os valores obtidos utilizando-se parâmetros gerais.

4.6. Tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado

Os resultados correspondentes aos valores médios mensais ao tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado e dos respectivos desvios-padrão dos dados gerados pelo CLIMABR pelo CLIGEN, as variações percentuais em relação e o valor médio destas variações, nas diversas estações estudadas, encontram-se no Apêndice J.

Percebeu-se, de uma maneira geral, que tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentaram variações percentuais em relação aos valores observados, tanto para as médias mensais como para os desvios-padrão.

Com relação aos resultados gerados pelo CLIMABR, as médias mensais, considerando-se todas as estações estudadas apresentaram variações de $-23,8\%$ (Rio Mole em setembro) a $63,2\%$ (Santa Cecília em junho). Os desvios-padrão apresentaram variações percentuais que oscilaram entre uma superestimativa de $136,4\%$ (Ilha dos Pombos em julho) a uma subestimativa de $22,9\%$ (ELETROBRÁS em outubro).

As variações percentuais entre os resultados obtidos utilizando-se o CLIGEN e os valores observados apresentaram uma maior amplitude, variando de $-26,3\%$ (Lajes em setembro) a $80,0\%$ (Ilha dos Pombos em junho). Os desvios-padrão obtidos por este modelo apresentaram variações percentuais em relação aos dados observados que oscilaram de $-23,5\%$ até $163,6\%$, o que ocorreu na estação Ilha dos Pombos nos meses de setembro e julho, respectivamente.

Considerando-se os valores médios das variações percentuais (VMVP) obtidos para o CLIMABR, verifica-se que o maior VMVP da média mensal ocorreu na estação Ilha dos Pombos, sendo igual a 21,6%. O maior VMVP para o desvio padrão também foi observado nesta estação e foi igual a 30,0%.

Para os dados gerados pelo CLIGEN, os maiores valores de VMVP também ocorreram na estação Ilha dos Pombos, tanto para a média mensal quanto para o desvio padrão, cujos valores foram de 26,1 e 33,0%, respectivamente.

Pelos resultados apresentados, pode-se notar que o CLIGEN gerou, em relação ao CLIMABR, menores valores médios das variações percentuais, sendo que, em oito séries geradas pelo CLIMABR, dentre as 11 estações estudadas, os valores de VMVP foram superiores aos obtidos pelo CLIGEN.

Apesar da desvantagem do CLIMABR com relação aos valores do VMVP gerados para as estações, foi o CLIGEN que apresentou maior amplitude das variações percentuais tanto para as médias mensais como para os desvios-padrão.

Ficou evidenciado, pela ordenação das estações em função dos valores obtidos de VMVP, que houve um comportamento distinto entre os resultados obtidos para as estações localizadas próximas ao litoral e aquelas situadas em maiores altitudes. Os maiores valores de VMVP para as médias mensais e para os desvios-padrão gerados pelo CLIMABR ocorreram nas estações localizadas em maiores altitudes (Ilha dos Pombos, Santa Cecília, Lajes e Tocos) tendência que também se repetiu nos VMVP's das médias mensais e desvios-padrão gerados pelo CLIGEN (Ilha dos Pombos, Santa Cecília e Lajes).

Os valores observados do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado observados para a estação Santa Cecília, bem como os dados gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, são apresentados na Figura 19.

Pela comparação dos resultados gerados pelo CLIMABR com os dados observados, verifica-se que ocorreram variações percentuais diferenciadas em junho e outubro. Em junho, a média mensal gerada pelo CLIMABR superestimou os dados observados em 63,2% e, em outubro, a média mensal observada foi subestimada em 13,2%. Com relação aos desvios-padrão, em agosto foi observada uma superestimativa igual a 36,8%, enquanto que, no mês de julho, ocorreu uma subestimativa de 16,1%. O VMVP das médias mensais foi igual a 21,1% e, para o desvio padrão, o valor foi de 11,3%.

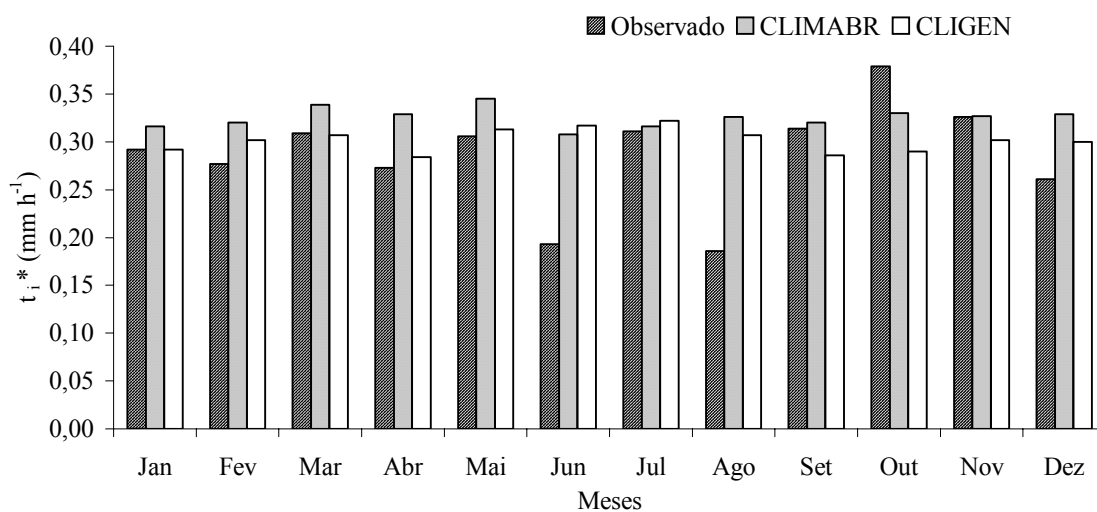


Figura 19 – Distribuição mensal do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado para a estação Santa Cecília.

As médias mensais geradas pelo CLIMABR na estação Santa Cecília apresentaram, em 11 meses, superestimativas da média e em seis meses as variações percentuais dos desvios-padrão foram subestimadas.

Nesta mesma estação, o CLIGEN apresentou um desempenho superior ao modelo CLIMABR com relação às médias mensais calculadas e inferior com relação aos desvios-padrão estimados. Em sete meses, os resultados gerados pelo CLIGEN para a média mensal do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado foram inferiores aos estimados pelo CLIMABR e em relação aos desvios-padrão este mesmo fato ocorreu em seis meses.

De uma maneira geral, o CLIMABR apresentou um desempenho inferior ao CLIGEN. No entanto, os dois modelos apresentaram grande amplitude com relação às variações percentuais obtidas tanto para as médias mensais quanto para os desvios-padrão, o que demonstra que a metodologia para obtenção do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado precisa ser aperfeiçoada, para que seja possível a sua utilização na representação dos perfis de precipitação.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Desenvolveu-se um modelo denominado CLIMABR que permite a obtenção de séries sintéticas de precipitação. A série foi gerada de tal forma que se obtivesse, para cada dia chuvoso, a precipitação total diária (P), em mm, a duração do evento (D), em h, além dos parâmetros necessários para a representação do perfil de precipitação instantânea, que foram obtidos a partir dos valores padronizados do tempo decorrido entre o início da chuva até a intensidade máxima instantânea de precipitação, chamado de tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado (t_i^*) e da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (i_i^*).

O modelo foi desenvolvido com base na premissa de que, para cada dia chuvoso, ocorreu um único evento, o qual é estatisticamente equivalente aos eventos que ocorreram diariamente na série histórica. A partir deste evento, foi gerado um único perfil instantâneo de precipitação. Foram utilizados, no desenvolvimento do modelo, informações de 11 estações meteorológicas situadas no Estado do Rio de Janeiro e operadas pela Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA e pela Companhia LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A.

Foram utilizados, no modelo, parâmetros médios obtidos a partir de um conjunto de dados que reuniu as informações de todas as estações estudadas, procedimento que visa à utilização do CLIMABR mesmo em estações que só disponham de dados pluviométricos.

Foram simuladas, para fins de comparação do desempenho dos modelos, séries sintéticas de 100 anos de dados para todas as estações e calculadas as médias e os desvios-padrão mensais utilizando-se tanto o CLIMABR, como também o CLIGEN, que foi usado, junto com os dados observados, como referência neste trabalho. Os dados gerados tanto pelo modelo desenvolvido como pelo CLIGEN, foram também confrontados com os dados observados nas estações.

A determinação relativa à ocorrência ou não da precipitação foi feita a partir da análise das probabilidades mensais de ocorrência de precipitação determinadas pela cadeia de Markov de primeira ordem, sendo que a precipitação total diária foi determinada pela aplicação da equação originada da distribuição Pearson tipo III.

A duração efetiva dos eventos diários de precipitação foi calculada com base nas relações observadas entre as intensidades máxima e média das chuvas nas estações consideradas (parâmetro Δ) e na geração, pelo modelo, da relação entre os valores do máximo precipitado em 30 minutos e o total diário ($\alpha_{0,5}$), enquanto que a intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada foi gerada pelo CLIMABR através de uma equação potencial obtida por regressão a partir de dados de intensidade máxima instantânea e média observadas nas estações.

O tempo decorrido entre o início dos eventos até o momento em que ocorreu a intensidade máxima instantânea de precipitação foi determinado a partir do uso de um conjunto de números aleatórios gerados pelo modelo e o perfil de precipitação correspondente a cada evento diário de chuva foi representado por uma função dupla exponencial, sendo utilizados, para este fim, os valores padronizados da intensidade máxima instantânea de precipitação e do seu tempo de ocorrência.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

- Para o número de dias chuvosos tanto o CLIMABR quanto o CLIGEN apresentaram estimativas próximas aos valores observados;
- O CLIMABR subestimou a média mensal da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o dia anterior chuvoso ($P(W/W)$). Entretanto, a tendência não foi observada para o desvio padrão desta variável;
- Para a probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($P(W/D)$) foi evidenciada uma tendência do CLIMABR em superestimar as médias mensais;

- Foi evidenciada uma tendência do CLIMABR em superestimar as variações das médias mensais e subestimar as variações do desvio padrão observadas para a precipitação total diária;
- Os modelos CLIMABR e CLIGEN apresentaram grandes variações percentuais em relação aos valores observados para a duração efetiva dos eventos diários de precipitação;
- Os modelos CLIMABR e CLIGEN apresentaram grandes variações percentuais em relação aos dados observados da intensidade máxima instantânea de precipitação;
- Os valores do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada gerados tanto pelo CLIMABR quanto pelo CLIGEN apresentaram consideráveis variações percentuais em relação aos dados observados nas estações;
- A comparação dos dados gerados pelo CLIMABR com as observações para o número de dias chuvosos, para as probabilidades $P(W/W)$ e $P(W/D)$, além da precipitação total diária, mostrou um bom desempenho para a estimativa destas variáveis, desempenho este que também foi obtido pelo CLIGEN, entretanto a análise do desempenho relativo à geração das variáveis pertinentes à representação do perfil de precipitação demonstrou um desempenho inadequado;
e
- O desempenho obtido pelo CLIMABR foi similar ao obtido pelo CLIGEN, sendo que as principais limitações foram relativas ao uso destes para a representação adequada do perfil de precipitação.

6. RECOMENDAÇÕES

O modelo desenvolvido pode ser considerado um expressivo avanço para geração de séries sintéticas de precipitação. No entanto, são necessários trabalhos complementares e, por este motivo, recomenda-se:

- desenvolver um aplicativo computacional a fim de facilitar o uso do CLIMABR em diferentes regiões do Brasil, a partir de informações sobre precipitação já disponíveis;
- aperfeiçoar o desenvolvimento de metodologia, adaptada às condições climáticas encontradas no Brasil, para a geração da duração efetiva dos eventos diários de precipitação, da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada e do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado;
- desenvolver uma metodologia para desagregar os eventos diários de precipitação em múltiplos eventos ao longo do dia;
- ampliar a base de dados utilizada no modelo proposto neste trabalho para as diferentes regiões do Brasil;
- incorporar ao CLIMABR a simulação de outros elementos climáticos, tais como temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, evaporação, evapotranspiração e outros;
- desenvolver trabalho com simuladores de chuva a fim de verificar a influência da magnitude e do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação nas taxas de escoamento superficial e de perdas de solo; e

– incorporar em estudos futuros a análise de outros parâmetros estatísticos como, por exemplo, a amplitude da variação das variáveis contempladas no modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.M.B. **Características climatológicas do regime de chuva em Minas Gerais**. 1995. 64p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), UFV, Viçosa, MG.

ALVES, A.R. Aquecimento global fato ou ficção; Efeito estufa; Mudanças climáticas. **Revista Ação Global**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

ARNOLD, J.G., WILLIAMS, J.R. Stochastic generation of internal storm structure at a point. **Transactions of the Asae**, St. Joseph, v.32, n.1, p.161-167, 1989.

ASSIS, F.N. **Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva e de dias secos em Piracicaba-SP e Pelotas-RS**. 1991. 134p. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ, USP, Piracicaba.

DENARDIM, J., FREITAS, P. L., WÜNCHE, W. A., WENDT, W. Características fundamentais da chuva no Brasil. **Pesquisa Agropecuária no Brasil**. v. 17, p. 1409-1416, 1982. Brasília.

FENDRICH, R. **Chuvas intensas para obras de drenagem: (No Estado do Paraná)**. Curitiba: Champagnat, 1998. 99p.

ASSIS, F.N., ARRUDA, H.V., PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas : Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161p.

BOARDMAN, J., FAVIS-MORTLOCK, D. T. How will future climate change and land-use change affect rates of erosion on agricultural land? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ASAE, 2001, Honolulu. **Soil Erosion Research for the 21⁰ Century**, HI, USA. 2001. p. 498-501.

BONTA, J.V. Characterizing and estimating spatial and temporal variability of times between storms. **Transactions of the Asae**, v.44(6), p.1593-1601, 2001.

BRAGA, J. C. **Modelo hidrológico de parâmetros distribuídos para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em qualquer posição de uma bacia hidrográfica**. 2000. 76p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BROWN, L.C., FOSTER, G.R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 2, p. 379-386, 1987.

BRUHN, J.A., FRY, W.E., FICK, G.W. Simulation of daily weather data using theoretical probability distributions. **Journal of Applied Meteorology**, v. 19, n. 9, p. 1029-1036, 1980.

CAMERON, D., BEVEN, K., TAWN, J. An evaluation of three stochastic rainfall models. **Journal of Hydrology**, p.130-149, 2000.

CASSOL, E.A. **Predição da erosão hídrica do solo**. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 15p. Notas de Aula.

CASTELLVI, F., STOCKLE, C.O., IBAÑEZ, M. Comparing a locally calibrated versus a generalized temperature generation process. **Transactions of the Asae**, v.44, n.5, p.1143-1148, 2001.

CASTELLVI, F., STOCKLE, C.O., MORMENEO, I., VILLAR, J.M. Testing the performance of different processes to generate temperature and solar radiation: A case study at Lleida (Northeast Spain). **Transactions of the Asae**, v.45, n. 3, p.571-580, 2002.

CATALUNHA, M.J. **Avaliação do ajustamento de funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no estado de Minas Gerais**. UFV, 2000. 72p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CONNOLLY, R.D., SCHIRMER, J., DUNN, P.K. A daily rainfall disaggregation model. **Agricultural and Forest Meteorology**, p.105-117, 1998.

COSTA, H. **Enchentes no estado do Rio de Janeiro - uma abordagem geral**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 160 p.: il.

DAMÉ, R.C.F. **Desagregação da chuva diária para obtenção das relações intensidade-duração-freqüência de ocorrência das precipitações**. Artigo Técnico. [S. l.: s.n., 200-]

ELLIOT, W. J., ARNOLD, C. D. Validation of the weather generator CLIGEN with precipitation data from Uganda. **Transactions of the Asae**, p.53-58, 2001.

FEDOROVA, N. **Meteorologia sinótica**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2001, v. 2. 242p.

FERREIRA, A.G. **Interpretação de imagens de satélites meteorológicos: uma visão prática e operacional do hemisfério sul**. Brasília: Stilo, 2002. 272p.

FLANAGAN, D. C., MEYER, C. R., YU, B., SCHEELE, D. I. Evaluation and enhancement of the CLIGEN weather generator. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ASAE, 2001, Honolulu. **Soil Erosion Research for the 21⁰ Century**. HI, USA. 2001. p. 107-110.

FLANAGAN, D.C. **Format of CLIGEN weather station statistics input files for CLIGEN**, 2001. 10p.

FLANAGAN, D.C., FOSTER, G.R., MOLDENHAUER, W.C. How storm patterns affect infiltration, runoff, erosion, and nutrient loss. In: **PRE-CONFERENCE OF THE Proceedings of the International Conference on Infiltration Development and Application**. Proceedings..., 1987. p. 443-457.

FREITAS, A.J. et al. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Companhia de saneamento de Minas Gerais ; Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 65p.

GPRH – Grupo de pesquisas em recursos hídricos. Hidro Graph – **Sistema para digitalização de pluviogramas**. Versão 1.02. Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, 2002. 1 CD.

GPRH – Grupo de pesquisas em recursos hídricos. **Plúvio 1.3 – Chuvas intensas para o Brasil (software)**. Departamento de engenharia agrícola – UFV. 2000.

GUENNI, L., HUTCHINSON, MICHAEL F. Spatial interpolation of the parameters of a rainfall model from ground-based data. **Journal of Hydrology**, p. 335-347, 1998.

HARTMANN, D.L. **Global physical climatology**. San Diego. Academic Press, 1994. v.56. 408p.

HENEKER, T. M., LAMBERT, M. F., KUCZERA, G. A point rainfall model for risk-based design. **Journal of Hydrology**. v. 247. p. 54-71, 2001.

HERSHENHORN, J., WOOLHISER, D.A. Disaggregation of daily rainfall. **Journal of Hydrology**, p.299-322, 1987.

JIMOH, O.D., WEBSTER, P. Stochastic modeling of daily rainfall in Nigeria: intra-annual variation of model parameters. **Journal of Hydrology**, p.1-17, 1999..

JOHNSON, G.L., HANSON, C.L., HARDEGREE, S.P., BALLARD, E.B. Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models. **Journal of Applied Meteorology**, v. 35, p. 1878-1896, 1996.

LAL, R. **Soil erosion research methods**. [S. L.] St. Lucie Press. Soil and Water Conservation Society and, 340p, 1994.

LARSEN, G.A., PENSE, R.B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 510-514, 1982..

LIMA, DE M.I.P., GRASMAN, J. Multifractal analysis of 15-min and daily rainfall from a semi-arid region in Portugal. **Journal of Hydrology**, p.1-11, 1999.

MADOV, N., GRECO, A., SAMPAIO, F., COUTINHO, L. A terra pede socorro. **Revista VEJA**, 2000, ago, 2002.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 16, n. 1, p. 1-18, jun., 2001(a).

MARENGO, J.A. Variabilidade da precipitação no Brasil. **Ação Ambiental**, n. 20, p. 10-13, 2001(b).

MARQUES, V. da S. WASHINGTON, D. C., SUCHAROV, E. C., SANTOS FILHO, H. M. O sistema de meteorologia do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 12, n.1, p.77-82, 1997

MARQUES, V.da S., CARDOSO, D., PINHEIRO, F. M. A., MOREIRA, J.C. Análise de temporais intensos no Rio de Janeiro. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 16, p. 145-156, 2001.

MAVROMATIS, T., HANSEN, JAMES W. Interannual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. **Agricultural and Forest Meteorology**, p.283-296, 2001.

MEHL, H.U. **Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS) e sua relação com as perdas de solo e água em entressulcos**. 2000. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria.

MELO, J.S.P. **Modelo versátil para estimar as probabilidades de dias chuvosos em intervalos mensais e de alturas diárias de chuvas**. 1989. 93p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola). UFV, Viçosa, MG.

MEYER, C.R. Cligen version 5.110. code font 10/26/2001.

MILLAR, A. A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978, 276p.

NICKS, A.D., HARP, J.F. Stochastic generation of temperature and solar radiation data. **Journal of Hydrology**, p.1-17, 1980.

NICKS, A.D., LANE, L.J., GANDER, G.A. Weather Generator: USDA-Water erosion prediction project (WEPP). IN: **USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory**, West Lafayette, cap. 2, p. 22, 1995.

NUERNBERG, N.J. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. 160p.

PICKERING, N.B., HANSEN, J.W., JONES, J.W., WELLS, C.M., CHAN, V.K., GODWIN, D.C. WeatherMan: A utility for managing and generating daily weather data. **Agronomy Journal**. Vol. 86. 1994. p. 332-337.

PINTO, F. R. L. **Equações de intensidade-duração-frequencia da precipitação para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo: estimativa e espacialização**. UFV,

1999. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1970. 456p.

PINHEIRO, M.M.G. **Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte**: RMBH. 1997. 81p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PINTO, F. A. **Chuvas intensas no estado de Minas Gerais: análises e modelos**. UFV, 1995. 87p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PRUSKI, F.F., FERREIRA, P.A., RAMOS, M.M., CECON, P.R. Model to design level terraces. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Lafayette, January/February 1997.

PRUSKI, F.F., NEARING, M.A. **Runoff and soil-loss responses to changes in precipitation: A computer simulation study**. Journal of Soil and Water Conservation, vol. 57, p. 7-16, 2002..

RICHARDSON, C.W. Weather simulation for crop management models. **Transactions of the Asae**, (1985. p. 1602-1606).

RICHARDSON, C.W. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. **Water Resources Research**, v.17, n.1, p.182-190, fev.1981.

SCHEELE, D. I., ELLIOT, W. J., HALL, D. E. Enhancements to the CLIGEN weather Generator for mountainous or custom applications. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ASAE, 2001, Honolulu. **Soil Erosion Research for the 21^o Century**. HI, USA. 2001. p. 392-395.

SEDIYAMA, G. C., BOECHAT S. P. C., CATALUNHA, M. J. **ECLIMA – Estatística aplicada a climatologia**. Versão 1.1. (software). Departamento de engenharia agrícola–UFV. 2000.

SEDIYAMA, G.C., CHANCELLOR, W.J., BURKHARDT, T.H., GOSS, J.R. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. **Revista Ceres**, v.25, n. 141, 1978..

SEDIYAMA. G.C. **Métodos quantitativos em climatologia**. Viçosa, mg: [S. n.], 2002. Notas de aula.

SILVA, J.M.A. **Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial ao longo de uma encosta**. UFV, 1999. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SKILES, J. W., RICHARDSON, C. W. A stochastic weather generation model for Alaska. **Ecological modelling**. v. 110, p. 211-232, 1998.

- TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374p.
- TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. 943p.
- TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1998. 669p.
- VALVERDE, A.E.L. **Regionalização de chuvas intensas para a bacia do Rio Doce**. 2001.208p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília:INMET, 2001. 532p.
- VIANA, T. V. de A., ARAUJO, W. F., ANDRADE JÚNIOR, A. S., AZEVEDO, B. M., CRISÓSTOMO JÚNIOR, R. R. Análise estocástica da ocorrência de períodos secos e chuvosos para o município Cedro-Ceará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 11., 2000, Cedro-CE. Resumos..., 2000. p.8.
- VIANELLO, R.L., ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 449p.
- VIEIRA, D.B., LOMBARDI NETO, F., SANTOS, R.P. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Mococa, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1215-1220, 1998.
- VILLELA, S.M., MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- VIRGENS FILHO, J.S. **Ferramenta computacional para simulação de séries climáticas diárias, baseada na parametrização dinâmica das distribuições de probabilidade**. 2001. 92p. Dissertação (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura), Fac. de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu.
- VIRGENS FILHO, J.S. **Modelo computacional para simulação de dados climáticos**. 1997. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura), Fac. de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu.
- WILKS, D.S. Interannual variability and extreme-value characteristics of several stochastic daily precipitation models. **Agricultural and Forest Meteorology**, p.153-169, 1999.
- WILKS, D.S. Multisite generalization of a daily stochastic precipitation generation model. **Journal of Hydrology**, p. 178-191, 1998..
- WILLIAMS, J.R., JONES, C.A., DYKE, P.T. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. **Transactions of the Asae**, p.129-144, 1984.

YU, B. Improvement and evaluation of CLIGEN for storm generation. **Transactions of the Asae**, v. 43, n.2, p.301-307, 2001.

ZOPPOU, C. Review of urban storm water models. Environmental modelling & software. **Journal of Hidrology**, p. 195-231. Elsevier. 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Desenvolvimento matemático para obtenção dos parâmetros do modelo de perfil de precipitação da dupla exponencial.

APÊNDICE A

Desenvolvimento matemático para obtenção dos parâmetros do modelo de perfil de precipitação da dupla exponencial.

A função dupla exponencial, como já descrito na metodologia, é expressa pelas seguintes equações:

$$i(t) = \begin{cases} a e^{bt} & \dots\dots\dots 0 \leq t \leq t_p & (1) \\ c e^{-dt} & \dots\dots\dots t_p < t \leq 1,0 & (2) \end{cases}$$

em que

- $i(t)$ = intensidade padronizada, decimal; e
- a, b, c, d = Parâmetros do modelo a serem determinados.

A representação gráfica do modelo da dupla exponencial é mostrada na Figura 1.

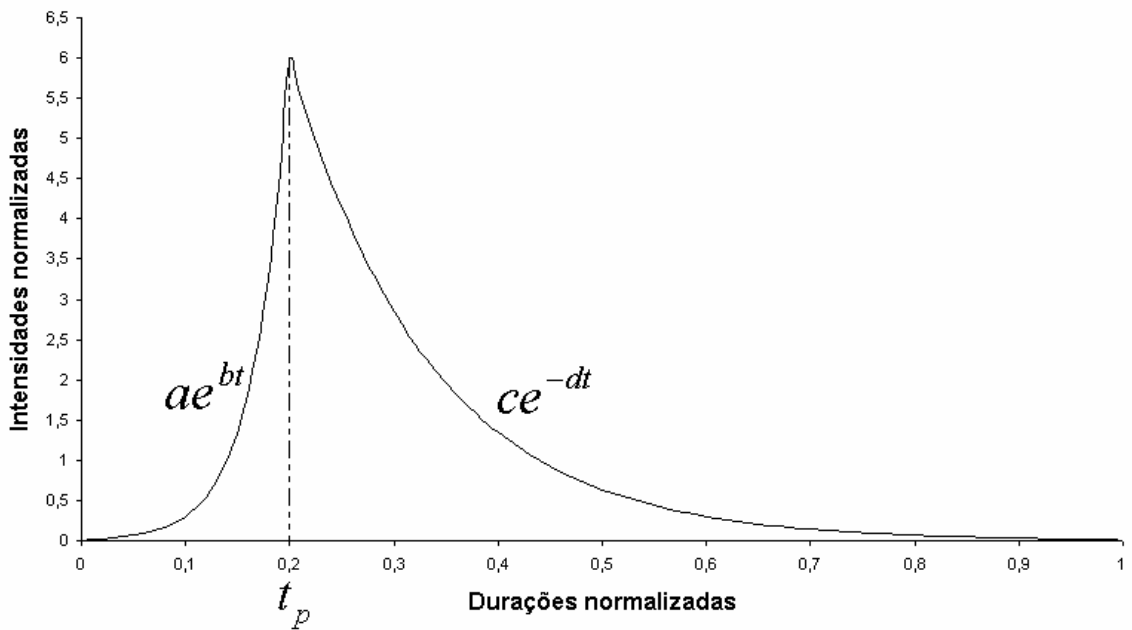


Figura 1 – Representação gráfica do modelo da função dupla exponencial.

Considerando que a área sob a curva no intervalo de zero a t_p é igual a t_p e no intervalo de t_p a 1,0 é igual a $1-t_p$, assumindo o fato que $i(t = t_p) = i_p$:

Para $i(t) = a e^{bt}$ tem-se que:

$$i(t = t_p) = a e^{bt_p} = i_p \therefore \text{para } t = t_p$$

$$a = i_p e^{-bt_p} \tag{3}$$

Substituindo o valor de a na equação 1, tem-se que

$$i(t) = i_p e^{-bt_p} e^{bt} \therefore i(t) = i_p e^{-bt_p + bt} \therefore$$

$$i(t) = i_p e^{b(t-t_p)} \quad \text{para } 0 \leq t \leq t_p \tag{4}$$

Para a equação $i(t) = ce^{-dt}$ tem-se que:

$$i(t = t_p) = c e^{-dt_p} = i_p \therefore \text{para } t = t_p$$

$$c = i_p e^{dt_p} \tag{5}$$

Substituindo o valor de c no segundo na equação 2:

$$i(t) = i_p e^{dt_p} e^{-dt} \therefore$$

$$i(t) = i_p e^{d(t_p - t)} \quad \text{para } t_p < t \leq 1,0 \tag{6}$$

Então as equações 1 e 2 podem ser reescritas como

$$i(t) = \begin{cases} i_p e^{b(t-t_p)} & \dots\dots\dots 0 \leq t \leq t_p & (7) \\ i_p e^{d(t_p-t)} & \dots\dots\dots t_p < t \leq 1,0 & (8) \end{cases}$$

Desta forma a equação fica reduzida a duas incógnitas (**b** e **d**) que foram determinadas como mostrado a seguir.

A integração da equação 7 resulta em:

$$I(t_p) = \int_0^{t_p} i_p e^{b(t-t_p)} dt = t_p \quad (9)$$

$$\frac{i_p e^{b(t-t_p)}}{b} \Bigg|_0^{t_p} = t_p \therefore \frac{i_p}{b} - \frac{i_p e^{-bt_p}}{b} = t_p \therefore$$

$$\frac{i_p}{b} (1 - e^{-bt_p}) = t_p \therefore i_p (1 - e^{-bt_p}) = bt_p \therefore$$

$$1 - e^{-bt_p} = \frac{bt_p}{i_p} \quad (10)$$

O valor de **b** na equação 10 é obtido por interação.

A solução da integral da equação 8 é dada por:

$$I(1,0) = \int_{t_p}^{1,0} i_p e^{d(t_p-t)} dt = 1 - t_p \quad (11)$$

$$-\frac{i_p e^{d(t_p-t)}}{d} \Bigg|_{t_p}^{1,0} = 1 - t_p \therefore -\frac{i_p}{d} (e^{d(t_p-1,0)} - 1) = 1 - t_p \therefore$$

$$\frac{i_p}{d} (1 - e^{d(t_p-1,0)}) = 1 - t_p \therefore$$

$$1 - e^{-d(t_p-1,0)} = \frac{d(1-t_p)}{i_p} \therefore \quad (12)$$

Considerando que $i(t=0)$ e $i(t=1)$ são iguais, pontos de início e fim do perfil de precipitação do modelo, o valor de d é obtido a partir da solução das equações 7 e 8:

$$i_p e^{-b(t-t_p)} \Big|_{t=0} = i_p e^{-d(t_p-t)} \Big|_{t=1} \therefore \quad (13)$$

$$i_p e^{-b(0-t_p)} = i_p e^{-d(t_p-1)} \therefore$$

$$e^{-b(0-t_p)} = e^{-d(t_p-1)} \therefore \quad (\text{aplicando o logaritmo natural e multiplicando por } -1)$$

$$b t_p = d(1-t_p) \therefore$$

$$d = \frac{b t_p}{(1-t_p)} \quad (14)$$

Depois de determinado o valor de b na equação 10, o valor de d foi facilmente determinado na equação 14.

O valor dos Parâmetros a e c foram obtidos a partir da equação 14 como mostrado a seguir:

Para $i(t) = a e^{-bt}$ substituindo t por t_p em $a e^{-bt}$ e sabendo que $i(t_p) = i_p$ então:

$$i(t_p) = a e^{-bt_p} \therefore i_p = a e^{-bt_p} \therefore$$

$$a = i_p e^{-bt_p} \quad (15)$$

De modo semelhante para $i(t) = c e^{-dt}$ tem-se que:

$$i(t_p) = c e^{-dt_p} \quad \therefore \quad i_p = c e^{-dt_p}$$

$$c = i_p e^{d t_p} \tag{16}$$

A integral $I(t)$ da dupla exponencial, considerando os Parâmetros **a**, **b**, **c** e **d**, pode ser obtida a partir também das equações 1 e 2 por:

$$I(t) = \int_0^t a e^{b t} \therefore \quad I(t) = \frac{a}{b} e^{b t} \Big|_0^t \therefore$$

$$I(t) = \frac{a}{b} (e^{b t} - 1) \quad \text{para } 0 \leq t \leq t_p \tag{17}$$

$$I(t) = \int_{t_p}^{1,0} c e^{-d t} \therefore \quad I(t) = -\frac{c}{d} e^{-d t} \Big|_t^{1,0} \therefore$$

$$I(t) = \left(-\frac{c}{d}\right) (e^{-d} - e^{-d t}) \therefore$$

$$I(t) = \left(-\frac{c}{d}\right) (e^{d(t_p - t)} - 1) \quad \text{para } t_p < t \leq 1,0 \tag{18}$$

Portanto a integral $I(t)$ da função dupla exponencial é dada por:

$$i(t) = \begin{cases} \frac{a}{b} (e^{bt} - 1) \dots\dots\dots 0 \leq t \leq t_p & (19) \\ \left(-\frac{c}{d}\right) (e^{d(t_p - t)} - 1) \dots\dots\dots t_p < t \leq 1,0 & (20) \end{cases}$$

APÊNDICE B

Valores médios mensais do número de dias chuvosos (\overline{NW}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE B

Quadro 1B – Valores médios mensais do número de dias chuvosos (\overline{NW}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW} (dias)	s (dias)	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %
Jan	16,9	5,2	16,9	0,0	4,1	-21,2	17,1	1,2	3,6	-30,8
Fev	14,3	5,1	14,3	0,0	3,5	-31,4	14,6	2,1	3,2	-37,3
Mar	15,9	5,3	16,3	2,5	2,9	-45,3	16,4	3,1	2,9	-45,3
Abr	11,8	2,7	12,3	4,2	3,3	22,2	12,3	4,2	3,6	33,3
Mai	9,4	4,1	10,2	8,5	3,4	-17,1	9,4	0,0	3,6	-12,2
Jun	6,8	3,5	6,8	0,0	3,5	0,0	7,3	7,4	3,1	-11,4
Jul	7,2	3,4	7,1	-1,4	2,7	-20,6	7,0	-2,8	2,9	-14,7
Ago	8,5	2,5	8,4	-1,2	3,2	28,0	8,4	-1,2	3,0	20,0
Set	11,9	5,2	11,7	-1,7	3,2	-38,5	11,8	-0,8	3,2	-38,5
Out	12,1	4,3	12,5	3,3	3,7	-14,0	12,2	0,8	3,8	-11,6
Nov	13,5	4,1	13,3	-1,5	3,4	-17,1	13,7	1,5	3,1	-24,4
Dez	16,0	5,1	16,4	2,5	3,5	-31,4	16,0	0,0	3,5	-31,4
VMVP				2,2		23,9		2,1		25,9

(b)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW} (dias)	s (dias)	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %
Jan	13,2	5,1	12,8	-3,0	4,3	-15,7	13,5	2,3	3,8	-25,5
Fev	10,6	5,1	9,7	-8,5	3,1	-39,2	9,9	-6,6	3,1	-39,2
Mar	13,6	4,9	13,7	0,7	3,3	-32,7	13,8	1,5	3,0	-38,8
Abr	11,3	4,2	12,6	11,5	3,7	-11,9	12,1	7,1	4,2	0,0
Mai	11,2	3,5	11,8	5,4	3,6	2,9	11,2	0,0	3,7	5,7
Jun	8,9	2,8	8,4	-5,6	3,5	25,0	8,7	-2,2	3,2	14,3
Jul	9,2	3,8	9,1	-1,1	3,2	-15,8	9,2	0,0	3,1	-18,4
Ago	10,5	3,4	10,9	3,8	3,8	11,8	10,5	0,0	3,5	2,9
Set	12,1	4,9	12,6	4,1	3,7	-24,5	12,7	5,0	3,6	-26,5
Out	13,8	4,1	14,5	5,1	4,1	0,0	13,7	-0,7	3,9	-4,9
Nov	13,6	3,5	13,4	-1,5	3,4	-2,9	13,9	2,2	3,0	-14,3
Dez	14,7	4,0	15,4	4,8	3,5	-12,5	15,0	2,0	3,6	-10,0
VMVP				4,6		16,2		2,5		16,7

(c)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW} (dias)	s (dias)	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %
Jan	12,6	4,5	12,7	0,8	4,4	-2,2	13,3	5,6	3,8	-15,6
Fev	9,6	4,7	9,4	-2,1	3,1	-34,0	9,9	3,1	3,2	-31,9
Mar	10,9	4,5	10,8	-0,9	3,5	-22,2	11,1	1,8	3,6	-20,0
Abr	10,4	3,6	11,0	5,8	3,1	-13,9	10,9	4,8	3,8	5,6
Mai	8,6	3,2	8,9	3,5	3,2	0,0	8,2	-4,7	3,4	6,2
Jun	7,0	3,3	6,1	-12,9	3,3	0,0	6,7	-4,3	3,1	-6,1
Jul	6,4	2,9	6,0	-6,3	2,7	-6,9	6,2	-3,1	2,8	-3,4
Ago	8,0	2,8	8,0	0,0	3,2	14,3	8,0	0,0	3,0	7,1
Set	10,4	4,6	9,9	-4,8	3,2	-30,4	10,2	-1,9	3,2	-30,4
Out	12,7	3,1	13,0	2,4	3,5	12,9	13,0	2,4	3,4	9,7
Nov	12,4	3,5	12,2	-1,6	3,6	2,9	12,4	0,0	3,1	-11,4
Dez	12,9	4,4	13,7	6,2	3,4	-22,7	13,0	0,8	3,5	-20,5
VMVP				3,9		13,5		2,7		14,0

Quadro 2B – Valores médios mensais do número de dias chuvosos (\overline{NW}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW}	s	\overline{NW}	δ	s	δ	\overline{NW}	δ	s	δ
	(dias)	(dias)	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
Jan	16,8	5,2	17,3	3,0	3,9	-25,0	17,4	3,6	3,4	-34,6
Fev	13,6	5,0	13,3	-2,2	3,2	-36,0	13,6	0,0	3,2	-36,0
Mar	14,7	4,6	15,4	4,8	2,9	-37,0	15,3	4,1	2,9	-37,0
Abr	12,0	3,3	12,5	4,2	3,2	-3,0	12,4	3,3	3,5	6,1
Mai	9,6	3,4	10,0	4,2	2,9	-14,7	9,3	-3,1	3,0	-11,8
Jun	6,9	4,1	6,2	-10,1	3,0	-26,8	6,6	-4,3	2,8	-31,7
Jul	7,2	2,8	7,2	0,0	2,8	0,0	7,1	-1,4	2,8	0,0
Ago	8,0	3,1	8,2	2,5	3,4	9,7	8,1	1,3	3,2	3,2
Set	12,0	4,6	11,8	-1,7	3,6	-21,7	12,0	0,0	3,5	-23,9
Out	13,3	4,5	14,1	6,0	3,7	-17,8	13,9	4,5	3,5	-22,2
Nov	14,0	4,5	14,4	2,9	3,6	-20,0	14,7	5,0	3,2	-28,9
Dez	17,5	4,4	18,0	2,9	3,5	-20,5	17,8	1,7	3,0	-31,8
VMVP				3,7		19,3		2,7		22,3

(e)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW}	s	\overline{NW}	δ	s	δ	\overline{NW}	δ	s	δ
	(dias)	(dias)	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
Jan	15,7	6,0	16,6	5,7	4,2	-30,0	17,0	8,3	3,9	-35,0
Fev	13,5	5,4	11,3	-16,3	3,6	-33,3	12,0	-11,1	3,8	-29,6
Mar	11,7	4,0	11,3	-3,4	3,3	-17,5	11,5	-1,7	3,2	-20,0
Abr	7,6	5,3	7,4	-2,6	2,8	-47,2	7,3	-3,9	3,1	-41,5
Mai	4,2	2,3	4,1	-2,4	2,4	4,3	3,9	-7,1	2,3	0,0
Jun	3,4	2,2	2,9	-14,7	1,5	-31,8	3,2	-5,9	1,6	-27,3
Jul	3,1	2,0	3,0	-3,2	1,8	-10,0	3,1	0,0	1,7	-15,0
Ago	3,2	2,5	3,2	0,0	2,1	-16,0	2,9	-9,4	2,0	-20,0
Set	5,6	3,5	5,3	-5,4	2,4	-31,4	5,3	-5,4	2,5	-28,6
Out	9,8	4,4	9,7	-1,0	3,5	-20,5	9,4	-4,1	3,4	-22,7
Nov	13,3	3,7	12,6	-5,3	3,5	-5,4	12,8	-3,8	3,2	-13,5
Dez	14,5	5,8	14,2	-2,1	3,7	-36,2	13,4	-7,6	3,9	-32,8
VMVP				5,2		23,6		5,7		23,8

(f)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW}	s	\overline{NW}	δ	s	δ	\overline{NW}	δ	s	δ
	(dias)	(dias)	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
Jan	17,0	7,8	16,5	-2,9	3,5	-55,1	16,9	-0,6	3,0	-61,5
Fev	14,5	6,4	15,1	4,1	3,6	-43,8	15,4	6,2	3,0	-53,1
Mar	16,0	6,8	16,3	1,9	2,7	-60,3	16,1	0,6	2,8	-58,8
Abr	13,0	5,2	13,7	5,4	3,3	-36,5	13,5	3,8	3,8	-26,9
Mai	10,8	3,1	11,4	5,6	3,4	9,7	10,6	-1,9	3,4	9,7
Jun	8,3	3,5	7,7	-7,2	3,5	0,0	8,3	0,0	3,1	-11,4
Jul	8,1	3,2	7,9	-2,5	2,9	-9,4	7,8	-3,7	2,9	-9,4
Ago	10,5	3,6	10,9	3,8	3,6	0,0	10,4	-1,0	3,4	-5,6
Set	13,7	5,8	13,7	0,0	3,5	-39,7	13,7	0,0	3,5	-39,7
Out	15,6	4,7	16,0	2,6	3,5	-25,5	15,6	0,0	3,4	-27,7
Nov	17,5	4,6	17,7	1,1	3,6	-21,7	17,6	0,6	3,0	-34,8
Dez	18,2	4,8	18,9	3,8	3,7	-22,9	18,7	2,7	3,0	-37,5
VMVP				3,4		27,1		1,8		31,3

Quadro 3B – Valores médios mensais do número de dias chuvosos (\overline{NW}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá.

(g)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW} (dias)	s (dias)	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %
Jan	12,0	4,3	11,2	-6,7	3,9	-9,3	12,3	2,5	3,7	-14,0
Fev	8,9	4,9	8,5	-4,5	3,0	-38,8	8,8	-1,1	3,0	-38,8
Mar	10,9	4,4	10,6	-2,8	3,4	-22,7	11,0	0,9	3,5	-20,5
Abr	9,4	3,2	9,6	2,1	3,0	-6,3	9,6	2,1	3,4	6,2
Mai	9,4	3,3	10,3	9,6	3,4	3,0	9,5	1,1	3,4	3,0
Jun	7,0	2,8	6,5	-7,1	3,4	21,4	6,9	-1,4	3,0	7,1
Jul	8,1	2,5	7,9	-2,5	3,0	20,0	8,0	-1,2	3,1	24,0
Ago	7,5	3,1	7,4	-1,3	3,0	-3,2	7,3	-2,7	3,0	-3,2
Set	11,0	5,4	10,9	-0,9	3,1	-42,6	11,1	0,9	3,0	-44,4
Out	11,4	4,8	11,3	-0,9	3,3	-31,3	11,1	-2,6	3,4	-29,2
Nov	11,4	3,6	11,5	0,9	3,5	-2,8	11,6	1,8	3,2	-11,1
Dez	12,9	4,2	13,6	5,4	3,4	-19,0	12,8	-0,8	3,5	-16,7
VMVP				3,7		18,4		1,6		18,2

(h)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW} (dias)	s (dias)	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %
Jan	15,7	4,9	15,6	-0,8	4,1	-15,5	16,1	2,8	3,5	-28,4
Fev	13,8	5,4	12,0	-12,8	3,3	-38,5	12,5	-8,9	3,5	-34,9
Mar	12,8	5,1	12,1	-5,4	3,4	-32,3	12,2	-4,3	3,4	-32,9
Abr	9,3	4,1	9,2	-0,9	3,0	-26,9	9,0	-2,4	3,6	-12,0
Mai	6,8	4,0	6,8	0,1	2,7	-32,6	6,3	-7,2	2,9	-27,8
Jun	5,5	3,3	4,5	-17,9	2,4	-26,5	5,0	-9,9	2,4	-26,2
Jul	5,1	3,3	4,4	-12,4	2,3	-28,2	4,5	-10,8	2,3	-29,8
Ago	5,3	3,3	5,0	-6,2	2,8	-15,5	4,9	-7,5	2,7	-18,5
Set	8,4	4,4	7,6	-10,0	2,9	-33,7	7,7	-8,5	2,7	-38,4
Out	10,3	5,1	10,0	-2,5	3,6	-29,9	9,8	-5,0	3,5	-31,1
Nov	13,2	5,4	12,3	-6,8	3,2	-39,8	12,5	-5,1	3,0	-44,4
Dez	13,8	5,8	14,1	2,0	3,4	-41,4	13,4	-2,9	3,6	-38,2
VMVP				6,5		30,1		6,3		30,2

(i)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW} (dias)	s (dias)	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %	\overline{NW} (dias)	δ %	s (dias)	δ %
Jan	13,6	4,8	14,1	3,7	3,6	-25,0	15,0	10,3	3,3	-31,3
Fev	11,4	5,5	11,1	-2,6	2,9	-47,3	11,3	-0,9	3,0	-45,5
Mar	13,7	4,7	13,5	-1,5	3,0	-36,2	13,3	-2,9	3,0	-36,2
Abr	10,4	3,2	10,9	4,8	3,1	-3,1	10,8	3,8	3,8	18,8
Mai	9,0	3,2	9,5	5,6	3,3	3,1	8,7	-3,3	3,5	9,4
Jun	7,2	2,7	6,8	-5,6	3,1	14,8	7,4	2,8	3,0	11,1
Jul	7,6	2,9	7,5	-1,3	3,0	3,4	7,5	-1,3	3,2	10,3
Ago	8,4	2,4	8,5	1,2	3,3	37,5	8,4	0,0	3,2	33,3
Set	11,4	4,8	11,4	0,0	3,4	-29,2	11,6	1,8	3,3	-31,3
Out	12,1	3,7	12,7	5,0	3,8	2,7	12,3	1,7	3,8	2,7
Nov	12,8	3,2	13,1	2,3	3,9	21,9	13,1	2,3	3,4	6,2
Dez	15,2	4,4	15,7	3,3	3,3	-25,0	15,5	2,0	3,3	-25,0
VMVP				3,1		20,8		2,8		21,7

Quadro 4B – Valores médios mensais do número de dias chuvosos (\overline{NW}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes.

(j)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW}	s	\overline{NW}	δ	s	δ	\overline{NW}	δ	s	δ
	(dias)	(dias)	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
Jan	18,5	4,5	18,9	2,2	3,7	-17,8	19,0	2,7	3,4	-24,4
Fev	16,7	4,9	15,4	-7,8	3,7	-24,5	15,5	-7,2	3,4	-30,6
Mar	15,5	4,8	15,8	1,9	3,2	-33,3	15,6	0,6	3,1	-35,4
Abr	11,2	3,8	11,2	0,0	3,1	-18,4	11,2	0,0	3,7	-2,6
Mai	7,9	3,3	8,1	2,5	3,1	-6,1	7,5	-5,1	3,2	-3,0
Jun	5,8	3,0	5,1	-12,1	2,6	-13,3	5,6	-3,4	2,6	-13,3
Jul	5,3	2,8	4,6	-13,2	2,4	-14,3	4,7	-11,3	2,3	-17,9
Ago	5,5	3,1	5,3	-3,6	3,0	-3,2	5,1	-7,3	2,8	-9,7
Set	9,1	4,8	8,2	-9,9	3,0	-37,5	8,5	-6,6	2,8	-41,7
Out	12,4	4,2	12,7	2,4	3,8	-9,5	12,4	0,0	3,7	-11,9
Nov	14,8	4,6	13,8	-6,8	3,3	-28,3	14,2	-4,1	2,8	-39,1
Dez	16,2	5,1	16,4	1,2	3,4	-33,3	16,1	-0,6	3,5	-31,4
VMVP				5,3		20,0		4,1		21,8

(k)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\overline{NW}	s	\overline{NW}	δ	s	δ	\overline{NW}	δ	s	δ
	(dias)	(dias)	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%	(dias)	%
Jan	16,2	5,5	16,1	-0,6	3,9	-29,1	16,6	2,5	3,4	-38,2
Fev	14,4	5,2	12,7	-11,8	3,2	-38,5	13,2	-8,3	3,2	-38,5
Mar	12,8	5,0	12,6	-1,6	3,2	-36,0	12,3	-3,9	3,1	-38,0
Abr	10,3	4,4	10,2	-1,0	3,0	-31,8	10,0	-2,9	3,5	-20,5
Mai	8,0	4,0	8,1	1,3	3,2	-20,0	7,5	-6,3	3,3	-17,5
Jun	7,2	3,9	6,4	-11,1	2,8	-28,2	6,9	-4,2	2,8	-28,2
Jul	6,7	3,4	6,2	-7,5	2,6	-23,5	6,3	-6,0	2,8	-17,6
Ago	7,4	3,9	7,7	4,1	3,2	-17,9	7,3	-1,4	3,2	-17,9
Set	10,0	5,0	8,9	-11,0	3,1	-38,0	9,1	-9,0	3,0	-40,0
Out	13,3	5,3	13,1	-1,5	3,8	-28,3	12,8	-3,8	3,7	-30,2
Nov	14,1	5,5	12,8	-9,2	3,3	-40,0	13,2	-6,4	3,0	-45,5
Dez	13,9	6,7	13,3	-4,3	3,5	-47,8	12,5	-10,1	3,5	-47,8
VMVP				5,4		31,6		5,4		31,7

APÊNDICE C

Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso ($\overline{P(W/W)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE C

Quadro 1C – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso ($\overline{P(W/W)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações:
 (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)											
Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN					
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,69	0,13	0,66	-4,3	0,12	-7,7	0,68	-1,4	0,12	-7,7	
Fev	0,64	0,19	0,61	-4,7	0,12	-36,8	0,63	-1,6	0,14	-26,3	
Mar	0,62	0,16	0,60	-3,2	0,12	-25,0	0,61	-1,6	0,11	-31,3	
Abr	0,57	0,12	0,56	-1,8	0,14	16,7	0,57	0,0	0,16	33,3	
Mai	0,48	0,14	0,45	-6,2	0,18	28,6	0,42	-12,5	0,19	35,7	
Jun	0,50	0,22	0,45	-10,0	0,23	4,5	0,46	-8,0	0,22	0,0	
Jul	0,39	0,19	0,33	-15,4	0,18	-5,3	0,33	-15,4	0,20	5,3	
Ago	0,42	0,15	0,39	-7,1	0,20	33,3	0,37	-11,9	0,20	33,3	
Set	0,55	0,17	0,50	-9,1	0,15	-11,8	0,52	-5,5	0,12	-29,4	
Out	0,55	0,17	0,52	-5,5	0,17	0,0	0,51	-7,3	0,16	-5,9	
Nov	0,57	0,17	0,54	-5,3	0,14	-17,6	0,57	0,0	0,12	-29,4	
Dez	0,65	0,16	0,63	-3,1	0,14	-12,5	0,64	-1,5	0,12	-25,0	
VMVP				6,3		16,7		5,6		21,9	

(b)											
Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN					
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,61	0,18	0,57	-6,6	0,17	-5,6	0,62	1,6	0,15	-16,7	
Fev	0,51	0,25	0,48	-5,9	0,16	-36,0	0,47	-7,8	0,19	-24,0	
Mar	0,58	0,14	0,54	-6,9	0,13	-7,1	0,54	-6,9	0,13	-7,1	
Abr	0,61	0,18	0,61	0,0	0,14	-22,2	0,61	0,0	0,14	-22,2	
Mai	0,53	0,10	0,50	-5,7	0,17	70,0	0,47	-11,3	0,18	80,0	
Jun	0,50	0,18	0,46	-8,0	0,20	11,1	0,48	-4,0	0,19	5,6	
Jul	0,50	0,19	0,43	-14,0	0,19	0,0	0,47	-6,0	0,17	-10,5	
Ago	0,53	0,14	0,49	-7,5	0,18	28,6	0,47	-11,3	0,17	21,4	
Set	0,63	0,17	0,58	-7,9	0,16	-5,9	0,59	-6,3	0,13	-23,5	
Out	0,62	0,09	0,60	-3,2	0,16	77,8	0,57	-8,1	0,15	66,7	
Nov	0,59	0,13	0,56	-5,1	0,13	0,0	0,59	0,0	0,13	0,0	
Dez	0,62	0,12	0,61	-1,6	0,14	16,7	0,61	-1,6	0,12	0,0	
VMVP				6,0		23,4		5,4		23,1	

(c)											
Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN					
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,63	0,14	0,59	-6,3	0,18	28,6	0,63	0,0	0,15	7,1	
Fev	0,58	0,24	0,54	-6,9	0,16	-33,3	0,54	-6,9	0,18	-25,0	
Mar	0,54	0,16	0,49	-9,3	0,16	0,0	0,48	-11,1	0,17	6,3	
Abr	0,51	0,17	0,51	0,0	0,15	-11,8	0,51	0,0	0,18	5,9	
Mai	0,45	0,17	0,42	-6,7	0,19	11,8	0,38	-15,6	0,19	11,8	
Jun	0,47	0,22	0,40	-14,9	0,25	13,6	0,43	-8,5	0,23	4,5	
Jul	0,40	0,23	0,32	-20,0	0,19	-17,4	0,33	-17,5	0,22	-4,3	
Ago	0,41	0,19	0,38	-7,3	0,21	10,5	0,35	-14,6	0,20	5,3	
Set	0,51	0,21	0,46	-9,8	0,16	-23,8	0,49	-3,9	0,14	-33,3	
Out	0,52	0,12	0,49	-5,8	0,15	25,0	0,49	-5,8	0,16	33,3	
Nov	0,55	0,15	0,51	-7,3	0,14	-6,7	0,53	-3,6	0,13	-13,3	
Dez	0,57	0,15	0,57	0,0	0,16	6,7	0,55	-3,5	0,13	-13,3	
VMVP				7,9		15,8		7,6		13,6	

Quadro 2C – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso ($\overline{P(W/W)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)										
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%
Jan	0,68	0,11	0,66	-2,9	0,13	18,2	0,67	-1,5	0,12	9,1
Fev	0,62	0,18	0,60	-3,2	0,12	-33,3	0,62	0,0	0,14	-22,2
Mar	0,60	0,13	0,57	-5,0	0,13	0,0	0,57	-5,0	0,13	0,0
Abr	0,55	0,14	0,55	0,0	0,13	-7,1	0,56	1,8	0,15	7,1
Mai	0,39	0,14	0,36	-7,7	0,17	21,4	0,32	-17,9	0,16	14,3
Jun	0,42	0,22	0,39	-7,1	0,23	4,5	0,40	-4,8	0,22	0,0
Jul	0,38	0,20	0,32	-15,8	0,17	-15,0	0,32	-15,8	0,20	0,0
Ago	0,45	0,15	0,43	-4,4	0,21	40,0	0,39	-13,3	0,20	33,3
Set	0,59	0,12	0,54	-8,5	0,15	25,0	0,55	-6,8	0,13	8,3
Out	0,56	0,13	0,53	-5,4	0,15	15,4	0,53	-5,4	0,15	15,4
Nov	0,62	0,11	0,60	-3,2	0,13	18,2	0,61	-1,6	0,13	18,2
Dez	0,63	0,12	0,62	-1,6	0,13	8,3	0,61	-3,2	0,10	-16,7
VMVP				5,4		17,2		6,4		12,1

(e)										
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%
Jan	0,71	0,13	0,68	-4,2	0,13	0,0	0,70	-1,4	0,12	-7,7
Fev	0,66	0,16	0,62	-6,1	0,13	-18,8	0,63	-4,5	0,16	0,0
Mar	0,53	0,16	0,49	-7,5	0,15	-6,3	0,49	-7,5	0,16	0,0
Abr	0,40	0,27	0,39	-2,5	0,20	-25,9	0,40	0,0	0,21	-22,2
Mai	0,27	0,25	0,22	-18,5	0,22	-12,0	0,18	-33,3	0,20	-20,0
Jun	0,14	0,18	0,07	-50,0	0,14	-22,2	0,10	-28,6	0,14	-22,2
Jul	0,17	0,18	0,10	-41,2	0,16	-11,1	0,11	-35,3	0,16	-11,1
Ago	0,24	0,28	0,19	-20,8	0,21	-25,0	0,14	-41,7	0,18	-35,7
Set	0,36	0,22	0,31	-13,9	0,19	-13,6	0,30	-16,7	0,21	-4,5
Out	0,47	0,23	0,43	-8,5	0,18	-21,7	0,43	-8,5	0,18	-21,7
Nov	0,55	0,16	0,51	-7,3	0,14	-12,5	0,53	-3,6	0,13	-18,8
Dez	0,63	0,23	0,62	-1,6	0,16	-30,4	0,61	-3,2	0,13	-43,5
VMVP				15,2		16,6		15,4		17,3

(f)										
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%
Jan	0,60	0,31	0,57	-5,0	0,13	-58,1	0,60	0,0	0,12	-61,3
Fev	0,67	0,16	0,65	-3,0	0,12	-25,0	0,66	-1,5	0,11	-31,3
Mar	0,57	0,23	0,55	-3,5	0,12	-47,8	0,55	-3,5	0,12	-47,8
Abr	0,60	0,19	0,60	0,0	0,13	-31,6	0,60	0,0	0,13	-31,6
Mai	0,48	0,11	0,46	-4,2	0,17	54,5	0,41	-14,6	0,17	54,5
Jun	0,48	0,19	0,42	-12,5	0,22	15,8	0,47	-2,1	0,19	0,0
Jul	0,42	0,22	0,36	-14,3	0,17	-22,7	0,38	-9,5	0,19	-13,6
Ago	0,51	0,13	0,48	-5,9	0,17	30,8	0,46	-9,8	0,17	30,8
Set	0,63	0,14	0,59	-6,3	0,15	7,1	0,59	-6,3	0,13	-7,1
Out	0,61	0,13	0,59	-3,3	0,14	7,7	0,58	-4,9	0,13	0,0
Nov	0,70	0,10	0,68	-2,9	0,11	10,0	0,69	-1,4	0,11	10,0
Dez	0,68	0,11	0,68	0,0	0,13	18,2	0,67	-1,5	0,10	-9,1
VMVP				5,1		27,4		4,6		24,8

Quadro 3C – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso ($\overline{P(W/W)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	s (decimal)	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	δ %	s (decimal)	δ %	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	δ %	s (decimal)	δ %	
Jan	0,56	0,17	0,51	-8,1	0,18	6,7	0,57	2,2	0,15	-7,8	
Fev	0,50	0,24	0,46	-8,2	0,18	-23,2	0,46	-8,4	0,19	-18,6	
Mar	0,53	0,20	0,48	-9,6	0,15	-23,2	0,48	-10,0	0,17	-13,2	
Abr	0,47	0,20	0,47	0,0	0,17	-16,9	0,47	0,0	0,17	-13,4	
Mai	0,47	0,14	0,44	-6,3	0,18	31,0	0,40	-14,9	0,18	28,8	
Jun	0,46	0,20	0,41	-11,7	0,24	18,5	0,44	-5,6	0,22	7,6	
Jul	0,45	0,18	0,38	-15,2	0,18	-2,5	0,41	-7,6	0,20	9,5	
Ago	0,40	0,21	0,38	-5,5	0,21	1,9	0,36	-12,0	0,20	-4,4	
Set	0,51	0,19	0,47	-8,3	0,16	-16,3	0,48	-6,2	0,13	-32,8	
Out	0,45	0,21	0,42	-6,7	0,17	-21,5	0,41	-8,9	0,16	-23,9	
Nov	0,53	0,14	0,49	-7,6	0,15	6,4	0,52	-1,8	0,14	-0,8	
Dez	0,58	0,12	0,57	-0,5	0,16	26,1	0,57	-1,9	0,14	9,1	
VMVP				7,3		16,2		6,6		14,2	

(h)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	s (decimal)	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	δ %	s (decimal)	δ %	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	δ %	s (decimal)	δ %	
Jan	0,66	0,16	0,62	-6,1	0,15	-6,3	0,65	-1,5	0,13	-18,8	
Fev	0,63	0,19	0,60	-4,8	0,13	-31,6	0,61	-3,2	0,16	-15,8	
Mar	0,58	0,21	0,54	-6,9	0,16	-23,8	0,53	-8,6	0,16	-23,8	
Abr	0,48	0,20	0,48	0,0	0,17	-15,0	0,47	-2,1	0,19	-5,0	
Mai	0,37	0,23	0,36	-2,7	0,20	-13,0	0,30	-18,9	0,19	-17,4	
Jun	0,33	0,23	0,26	-21,2	0,22	-4,3	0,28	-15,2	0,21	-8,7	
Jul	0,36	0,28	0,26	-27,8	0,22	-21,4	0,27	-25,0	0,22	-21,4	
Ago	0,34	0,23	0,30	-11,8	0,23	0,0	0,27	-20,6	0,19	-17,4	
Set	0,44	0,21	0,37	-15,9	0,17	-19,0	0,40	-9,1	0,17	-19,0	
Out	0,48	0,23	0,44	-8,3	0,17	-26,1	0,44	-8,3	0,18	-21,7	
Nov	0,52	0,22	0,48	-7,7	0,14	-36,4	0,51	-1,9	0,13	-40,9	
Dez	0,59	0,22	0,59	0,0	0,14	-36,4	0,58	-1,7	0,13	-40,9	
VMVP				9,4		19,4		9,7		20,9	

(i)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	s (decimal)	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	δ %	s (decimal)	δ %	$\overline{P(W/W)}$ (decimal)	δ %	s (decimal)	δ %	
Jan	0,57	0,21	0,53	-7,0	0,14	-33,3	0,58	1,8	0,14	-33,3	
Fev	0,53	0,24	0,51	-3,8	0,13	-45,8	0,51	-3,8	0,15	-37,5	
Mar	0,55	0,21	0,53	-3,6	0,13	-38,1	0,51	-7,3	0,13	-38,1	
Abr	0,52	0,17	0,52	0,0	0,15	-11,8	0,53	1,9	0,16	-5,9	
Mai	0,45	0,16	0,42	-6,7	0,19	18,8	0,38	-15,6	0,19	18,8	
Jun	0,43	0,19	0,39	-9,3	0,20	5,3	0,42	-2,3	0,21	10,5	
Jul	0,46	0,18	0,40	-13,0	0,20	11,1	0,41	-10,9	0,21	16,7	
Ago	0,45	0,15	0,42	-6,7	0,21	40,0	0,39	-13,3	0,20	33,3	
Set	0,56	0,12	0,52	-7,1	0,15	25,0	0,53	-5,4	0,12	0,0	
Out	0,57	0,12	0,54	-5,3	0,16	33,3	0,53	-7,0	0,16	33,3	
Nov	0,62	0,08	0,58	-6,5	0,14	75,0	0,60	-3,2	0,13	62,5	
Dez	0,60	0,11	0,59	-1,7	0,14	27,3	0,59	-1,7	0,12	9,1	
VMVP				5,9		30,4		6,2		24,9	

Quadro 4C – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso ($\overline{P(W/W)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,70	0,14	0,67	-4,3	0,12	-14,3	0,69	-1,4	0,12	-14,3	
Fev	0,71	0,14	0,69	-2,8	0,12	-14,3	0,69	-2,8	0,12	-14,3	
Mar	0,64	0,16	0,62	-3,1	0,13	-18,8	0,62	-3,1	0,13	-18,8	
Abr	0,53	0,17	0,53	0,0	0,14	-17,6	0,54	1,9	0,16	-5,9	
Mai	0,43	0,19	0,41	-4,7	0,20	5,3	0,37	-14,0	0,19	0,0	
Jun	0,35	0,24	0,29	-17,1	0,22	-8,3	0,31	-11,4	0,21	-12,5	
Jul	0,34	0,23	0,24	-29,4	0,21	-8,7	0,25	-26,5	0,21	-8,7	
Ago	0,38	0,22	0,33	-13,2	0,24	9,1	0,30	-21,1	0,20	-9,1	
Set	0,45	0,21	0,38	-15,6	0,16	-23,8	0,43	-4,4	0,16	-23,8	
Out	0,55	0,17	0,52	-5,5	0,16	-5,9	0,51	-7,3	0,16	-5,9	
Nov	0,58	0,19	0,55	-5,2	0,13	-31,6	0,58	0,0	0,12	-36,8	
Dez	0,64	0,19	0,63	-1,6	0,14	-26,3	0,63	-1,6	0,12	-36,8	
VMVP				8,5		15,3		8,0		15,6	

(k)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/W)}$	s	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/W)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,65	0,18	0,61	-6,2	0,14	-22,2	0,64	-1,5	0,13	-27,8	
Fev	0,62	0,19	0,59	-4,8	0,12	-36,8	0,61	-1,6	0,14	-26,3	
Mar	0,55	0,21	0,53	-3,6	0,14	-33,3	0,50	-9,1	0,15	-28,6	
Abr	0,47	0,21	0,47	0,0	0,17	-19,0	0,47	0,0	0,17	-19,0	
Mai	0,44	0,20	0,41	-6,8	0,20	0,0	0,37	-15,9	0,19	-5,0	
Jun	0,38	0,24	0,34	-10,5	0,21	-12,5	0,36	-5,3	0,20	-16,7	
Jul	0,38	0,23	0,30	-21,1	0,19	-17,4	0,32	-15,8	0,21	-8,7	
Ago	0,45	0,20	0,43	-4,4	0,21	5,0	0,38	-15,6	0,20	0,0	
Set	0,49	0,21	0,43	-12,2	0,17	-19,0	0,46	-6,1	0,15	-28,6	
Out	0,56	0,22	0,53	-5,4	0,16	-27,3	0,52	-7,1	0,16	-27,3	
Nov	0,54	0,24	0,50	-7,4	0,14	-41,7	0,54	0,0	0,13	-45,8	
Dez	0,56	0,29	0,56	0,0	0,16	-44,8	0,54	-3,6	0,14	-51,7	
VMVP				6,9		23,3		6,8		23,8	

APÊNDICE D

Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($\overline{P(W/D)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE D

Quadro 1D – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($\overline{P(W/D)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações:
 (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)											
Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN					
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,38	0,17	0,41	7,9	0,15	-11,8	0,40	5,3	0,14	-17,6	
Fev	0,36	0,15	0,41	13,9	0,16	6,7	0,40	11,1	0,14	-6,7	
Mar	0,41	0,22	0,44	7,3	0,12	-45,5	0,44	7,3	0,13	-40,9	
Abr	0,28	0,09	0,31	10,7	0,12	33,3	0,30	7,1	0,12	33,3	
Mai	0,24	0,14	0,26	8,3	0,10	-28,6	0,25	4,2	0,11	-21,4	
Jun	0,15	0,08	0,15	0,0	0,09	12,5	0,16	6,7	0,08	0,0	
Jul	0,18	0,10	0,20	11,1	0,10	0,0	0,19	5,6	0,08	-20,0	
Ago	0,21	0,06	0,22	4,8	0,09	50,0	0,23	9,5	0,09	50,0	
Set	0,31	0,17	0,32	3,2	0,11	-35,3	0,32	3,2	0,11	-35,3	
Out	0,29	0,14	0,32	10,3	0,12	-14,3	0,31	6,9	0,11	-21,4	
Nov	0,35	0,14	0,37	5,7	0,14	0,0	0,38	8,6	0,15	7,1	
Dez	0,38	0,19	0,41	7,9	0,15	-21,1	0,40	5,3	0,16	-15,8	
VMVP				7,6		21,6		6,7		22,5	

(b)											
Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN					
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,29	0,19	0,29	0,0	0,11	-42,1	0,30	3,4	0,11	-42,1	
Fev	0,26	0,11	0,27	3,8	0,12	9,1	0,28	7,7	0,11	0,0	
Mar	0,33	0,15	0,36	9,1	0,11	-26,7	0,36	9,1	0,11	-26,7	
Abr	0,25	0,12	0,28	12,0	0,12	0,0	0,27	8,0	0,13	8,3	
Mai	0,28	0,12	0,30	7,1	0,11	-8,3	0,30	7,1	0,12	0,0	
Jun	0,19	0,06	0,20	5,3	0,09	50,0	0,21	10,5	0,08	33,3	
Jul	0,21	0,11	0,23	9,5	0,10	-9,1	0,22	4,8	0,09	-18,2	
Ago	0,24	0,11	0,27	12,5	0,11	0,0	0,26	8,3	0,10	-9,1	
Set	0,29	0,20	0,30	3,4	0,13	-35,0	0,30	3,4	0,12	-40,0	
Out	0,31	0,13	0,35	12,9	0,15	15,4	0,34	9,7	0,13	0,0	
Nov	0,34	0,13	0,36	5,9	0,14	7,7	0,37	8,8	0,15	15,4	
Dez	0,36	0,16	0,38	5,6	0,12	-25,0	0,38	5,6	0,15	-6,3	
VMVP				7,3		19,0		7,2		16,6	

(c)											
Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN					
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,27	0,14	0,27	0,0	0,11	-21,4	0,28	3,7	0,11	-21,4	
Fev	0,22	0,12	0,23	4,5	0,10	-16,7	0,24	9,1	0,10	-16,7	
Mar	0,25	0,14	0,27	8,0	0,10	-28,6	0,28	12,0	0,10	-28,6	
Abr	0,26	0,10	0,29	11,5	0,11	10,0	0,28	7,7	0,12	20,0	
Mai	0,21	0,09	0,23	9,5	0,10	11,1	0,22	4,8	0,10	11,1	
Jun	0,14	0,06	0,14	0,0	0,08	33,3	0,15	7,1	0,08	33,3	
Jul	0,15	0,07	0,16	6,7	0,08	14,3	0,16	6,7	0,07	0,0	
Ago	0,20	0,07	0,21	5,0	0,09	28,6	0,22	10,0	0,08	14,3	
Set	0,26	0,15	0,26	0,0	0,10	-33,3	0,27	3,8	0,11	-26,7	
Out	0,34	0,12	0,37	8,8	0,14	16,7	0,36	5,9	0,12	0,0	
Nov	0,31	0,11	0,34	9,7	0,13	18,2	0,34	9,7	0,13	18,2	
Dez	0,31	0,13	0,33	6,5	0,10	-23,1	0,33	6,5	0,13	0,0	
VMVP				5,9		21,3		7,2		15,9	

Quadro 2D – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($\overline{P(W/D)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,40	0,17	0,43	7,5	0,14	-17,6	0,42	5,0	0,14	-17,6	
Fev	0,33	0,15	0,36	9,1	0,13	-13,3	0,36	9,1	0,13	-13,3	
Mar	0,38	0,19	0,41	7,9	0,11	-42,1	0,41	7,9	0,12	-36,8	
Abr	0,30	0,11	0,33	10,0	0,12	9,1	0,31	3,3	0,12	9,1	
Mai	0,28	0,13	0,30	7,1	0,11	-15,4	0,29	3,6	0,11	-15,4	
Jun	0,15	0,07	0,15	0,0	0,08	14,3	0,16	6,7	0,08	14,3	
Jul	0,19	0,10	0,21	10,5	0,10	0,0	0,19	0,0	0,08	-20,0	
Ago	0,19	0,08	0,20	5,3	0,09	12,5	0,21	10,5	0,08	0,0	
Set	0,29	0,19	0,30	3,4	0,12	-36,8	0,30	3,4	0,12	-36,8	
Out	0,35	0,17	0,39	11,4	0,15	-11,8	0,38	8,6	0,12	-29,4	
Nov	0,35	0,15	0,38	8,6	0,14	-6,7	0,38	8,6	0,15	0,0	
Dez	0,50	0,19	0,52	4,0	0,15	-21,1	0,54	8,0	0,16	-15,8	
VMVP				7,1		16,7		6,2		17,4	

(e)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,35	0,26	0,37	5,7	0,14	-46,2	0,36	2,9	0,13	-50,0	
Fev	0,24	0,10	0,26	8,3	0,13	30,0	0,27	12,5	0,11	10,0	
Mar	0,27	0,09	0,29	7,4	0,10	11,1	0,29	7,4	0,10	11,1	
Abr	0,18	0,14	0,19	5,6	0,08	-42,9	0,19	5,6	0,09	-35,7	
Mai	0,11	0,07	0,11	0,0	0,07	0,0	0,12	9,1	0,07	0,0	
Jun	0,10	0,07	0,10	0,0	0,05	-28,6	0,11	10,0	0,06	-14,3	
Jul	0,09	0,06	0,10	11,1	0,06	0,0	0,10	11,1	0,05	-16,7	
Ago	0,08	0,04	0,09	12,5	0,05	25,0	0,08	0,0	0,06	50,0	
Set	0,14	0,09	0,14	0,0	0,07	-22,2	0,15	7,1	0,08	-11,1	
Out	0,23	0,08	0,25	8,7	0,11	37,5	0,24	4,3	0,10	25,0	
Nov	0,33	0,11	0,36	9,1	0,14	27,3	0,36	9,1	0,14	27,3	
Dez	0,29	0,10	0,31	6,9	0,11	10,0	0,31	6,9	0,14	40,0	
VMVP				6,3		23,4		7,2		24,3	

(f)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,46	0,33	0,48	4,3	0,15	-54,5	0,48	4,3	0,14	-57,6	
Fev	0,37	0,23	0,42	13,5	0,17	-26,1	0,41	10,8	0,14	-39,1	
Mar	0,47	0,25	0,50	6,4	0,11	-56,0	0,49	4,3	0,13	-48,0	
Abr	0,31	0,15	0,34	9,7	0,12	-20,0	0,33	6,5	0,13	-13,3	
Mai	0,29	0,12	0,31	6,9	0,11	-8,3	0,30	3,4	0,12	0,0	
Jun	0,18	0,08	0,19	5,6	0,09	12,5	0,20	11,1	0,09	12,5	
Jul	0,20	0,09	0,22	10,0	0,10	11,1	0,20	0,0	0,08	-11,1	
Ago	0,25	0,08	0,28	12,0	0,11	37,5	0,27	8,0	0,11	37,5	
Set	0,33	0,21	0,34	3,0	0,14	-33,3	0,35	6,1	0,12	-42,9	
Out	0,40	0,17	0,44	10,0	0,16	-5,9	0,43	7,5	0,14	-17,6	
Nov	0,42	0,19	0,48	14,3	0,19	0,0	0,45	7,1	0,17	-10,5	
Dez	0,48	0,24	0,50	4,2	0,18	-25,0	0,52	8,3	0,16	-33,3	
VMVP				8,3		24,2		6,5		27,0	

Quadro 3D – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($\overline{P(W/D)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,27	0,11	0,27	0,0	0,11	0,0	0,28	3,7	0,11	0,0	
Fev	0,22	0,12	0,23	4,5	0,10	-16,7	0,24	9,1	0,09	-25,0	
Mar	0,25	0,13	0,27	8,0	0,10	-23,1	0,28	12,0	0,10	-23,1	
Abr	0,23	0,10	0,25	8,7	0,10	0,0	0,25	8,7	0,10	0,0	
Mai	0,25	0,14	0,27	8,0	0,10	-28,6	0,26	4,0	0,11	-21,4	
Jun	0,15	0,06	0,15	0,0	0,09	50,0	0,16	6,7	0,08	33,3	
Jul	0,19	0,08	0,21	10,5	0,10	25,0	0,19	0,0	0,08	0,0	
Ago	0,18	0,08	0,19	5,6	0,08	0,0	0,19	5,6	0,08	0,0	
Set	0,30	0,21	0,30	0,0	0,11	-47,6	0,31	3,3	0,11	-47,6	
Out	0,31	0,15	0,33	6,5	0,13	-13,3	0,32	3,2	0,11	-26,7	
Nov	0,29	0,12	0,32	10,3	0,13	8,3	0,31	6,9	0,12	0,0	
Dez	0,30	0,12	0,32	6,7	0,10	-16,7	0,31	3,3	0,12	0,0	
VMVP				5,7		19,1		5,5		14,8	

(h)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,36	0,18	0,38	5,6	0,13	-27,8	0,38	5,6	0,13	-27,8	
Fev	0,28	0,13	0,30	7,1	0,13	0,0	0,31	10,7	0,12	-7,7	
Mar	0,27	0,14	0,29	7,4	0,10	-28,6	0,30	11,1	0,10	-28,6	
Abr	0,21	0,10	0,23	9,5	0,09	-10,0	0,22	4,8	0,10	0,0	
Mai	0,17	0,10	0,18	5,9	0,08	-20,0	0,18	5,9	0,09	-10,0	
Jun	0,13	0,08	0,13	0,0	0,08	0,0	0,14	7,7	0,07	-12,5	
Jul	0,11	0,08	0,12	9,1	0,07	-12,5	0,12	9,1	0,05	-37,5	
Ago	0,12	0,08	0,12	0,0	0,07	-12,5	0,13	8,3	0,07	-12,5	
Set	0,20	0,11	0,21	5,0	0,08	-27,3	0,21	5,0	0,09	-18,2	
Out	0,24	0,13	0,26	8,3	0,11	-15,4	0,25	4,2	0,10	-23,1	
Nov	0,34	0,15	0,36	5,9	0,14	-6,7	0,36	5,9	0,14	-6,7	
Dez	0,31	0,16	0,33	6,5	0,11	-31,3	0,33	6,5	0,14	-12,5	
VMVP				5,9		16,0		7,1		16,4	

(i)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,38	0,39	0,39	2,6	0,12	-69,2	0,39	2,6	0,13	-66,7	
Fev	0,30	0,16	0,32	6,7	0,11	-31,3	0,32	6,7	0,12	-25,0	
Mar	0,34	0,12	0,37	8,8	0,11	-8,3	0,37	8,8	0,11	-8,3	
Abr	0,25	0,09	0,27	8,0	0,11	22,2	0,27	8,0	0,12	33,3	
Mai	0,23	0,13	0,25	8,7	0,10	-23,1	0,24	4,3	0,11	-15,4	
Jun	0,17	0,05	0,18	5,9	0,09	80,0	0,19	11,8	0,08	60,0	
Jul	0,17	0,09	0,19	11,8	0,09	0,0	0,18	5,9	0,08	-11,1	
Ago	0,20	0,06	0,21	5,0	0,09	50,0	0,22	10,0	0,08	33,3	
Set	0,29	0,19	0,29	0,0	0,11	-42,1	0,30	3,4	0,12	-36,8	
Out	0,28	0,11	0,31	10,7	0,12	9,1	0,30	7,1	0,11	0,0	
Nov	0,29	0,11	0,33	13,8	0,13	18,2	0,32	10,3	0,14	27,3	
Dez	0,40	0,16	0,41	2,5	0,12	-25,0	0,42	5,0	0,15	-6,3	
VMVP				7,0		31,5		7,0		27,0	

Quadro 4D – Valores médios mensais da probabilidade de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ($\overline{P(W/D)}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,46	0,20	0,51	10,9	0,17	-15,0	0,50	8,7	0,16	-20,0	
Fev	0,34	0,17	0,38	11,8	0,16	-5,9	0,39	14,7	0,15	-11,8	
Mar	0,36	0,15	0,39	8,3	0,12	-20,0	0,39	8,3	0,12	-20,0	
Abr	0,26	0,11	0,28	7,7	0,11	0,0	0,28	7,7	0,11	0,0	
Mai	0,19	0,08	0,20	5,3	0,09	12,5	0,20	5,3	0,10	25,0	
Jun	0,14	0,07	0,14	0,0	0,08	14,3	0,15	7,1	0,08	14,3	
Jul	0,12	0,07	0,13	8,3	0,07	0,0	0,13	8,3	0,06	-14,3	
Ago	0,12	0,07	0,13	8,3	0,07	0,0	0,13	8,3	0,07	0,0	
Set	0,22	0,12	0,23	4,5	0,09	-25,0	0,23	4,5	0,10	-16,7	
Out	0,30	0,13	0,33	10,0	0,13	0,0	0,32	6,7	0,11	-15,4	
Nov	0,37	0,14	0,39	5,4	0,14	0,0	0,39	5,4	0,15	7,1	
Dez	0,39	0,17	0,42	7,7	0,15	-11,8	0,41	5,1	0,16	-5,9	
VMVP				7,4		8,7		7,5		12,5	

(k)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{P(W/D)}$	s	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	$\overline{P(W/D)}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	(decimal)	%	
Jan	0,39	0,23	0,42	7,7	0,14	-39,1	0,41	5,1	0,14	-39,1	
Fev	0,31	0,15	0,33	6,5	0,13	-13,3	0,34	9,7	0,12	-20,0	
Mar	0,30	0,13	0,32	6,7	0,11	-15,4	0,32	6,7	0,10	-23,1	
Abr	0,25	0,13	0,28	12,0	0,11	-15,4	0,27	8,0	0,12	-7,7	
Mai	0,19	0,11	0,20	5,3	0,09	-18,2	0,20	5,3	0,10	-9,1	
Jun	0,17	0,09	0,17	0,0	0,09	0,0	0,19	11,8	0,08	-11,1	
Jul	0,16	0,09	0,17	6,3	0,09	0,0	0,17	6,3	0,07	-22,2	
Ago	0,17	0,11	0,18	5,9	0,08	-27,3	0,18	5,9	0,08	-27,3	
Set	0,23	0,13	0,24	4,3	0,10	-23,1	0,24	4,3	0,10	-23,1	
Out	0,31	0,14	0,34	9,7	0,14	0,0	0,33	6,5	0,12	-14,3	
Nov	0,35	0,14	0,37	5,7	0,14	0,0	0,37	5,7	0,14	0,0	
Dez	0,30	0,15	0,32	6,7	0,10	-33,3	0,31	3,3	0,12	-20,0	
VMVP				6,4		15,4		6,5		18,1	

APÊNDICE E

Valores médios mensais da precipitação total diária (\bar{P}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE E

Quadro 1E – Valores médios mensais da precipitação total diária (\bar{P}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)

Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN				
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	14,8	17,0	14,9	0,7	16,9	-0,6	14,6	-1,4	15,9	-6,5
Fev	15,4	18,5	15,5	0,6	18,4	-0,5	16,1	4,5	17,8	-3,8
Mar	13,2	14,7	13,4	1,5	14,5	-1,4	13,6	3,0	14,0	-4,8
Abr	14,6	19,2	15,2	4,1	18,7	-2,6	15,2	4,1	17,8	-7,3
Mai	10,9	14,7	11,2	2,8	14,4	-2,0	11,8	8,3	14,0	-4,8
Jun	7,6	9,1	7,7	1,3	9,0	-1,1	8,0	5,3	8,5	-6,6
Jul	8,7	10,5	9,0	3,4	10,2	-2,9	9,5	9,2	10,0	-4,8
Ago	7,4	7,8	7,5	1,4	7,7	-1,3	7,8	5,4	7,1	-9,0
Set	9,0	9,7	9,1	1,1	9,6	-1,0	9,1	1,1	9,2	-5,2
Out	9,7	12,3	9,9	2,1	12,1	-1,6	10,5	8,2	11,9	-3,3
Nov	15,2	18,4	15,6	2,6	18,0	-2,2	16,2	6,6	18,1	-1,6
Dez	15,8	18,3	16,0	1,3	18,1	-1,1	16,1	1,9	17,8	-2,7
VMVP				1,9		1,5		4,9		5,0

(b)

Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN				
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	13,7	17,8	14,1	2,9	17,5	-1,7	14,5	5,8	16,8	-5,6
Fev	14,3	19,7	14,8	3,5	19,4	-1,5	15,3	7,0	18,9	-4,1
Mar	15,7	19,8	16,1	2,5	19,5	-1,5	16,3	3,8	18,5	-6,6
Abr	18,1	24,6	18,9	4,4	23,9	-2,8	20,0	10,5	24,1	-2,0
Mai	14,9	18,4	15,3	2,7	18,0	-2,2	15,7	5,4	17,8	-3,3
Jun	15,8	18,7	16,2	2,5	18,4	-1,6	16,8	6,3	17,1	-8,6
Jul	16,2	18,1	16,5	1,9	17,8	-1,7	17,3	6,8	17,9	-1,1
Ago	15,0	19,5	15,2	1,3	19,4	-0,5	16,3	8,7	18,9	-3,1
Set	14,7	15,4	14,8	0,7	15,3	-0,6	14,6	-0,7	14,5	-5,8
Out	12,6	16,7	12,7	0,8	16,6	-0,6	13,1	4,0	16,0	-4,2
Nov	14,1	18,4	14,6	3,5	18,0	-2,2	15,1	7,1	17,8	-3,3
Dez	14,2	18,0	14,5	2,1	17,8	-1,1	14,5	2,1	17,1	-5,0
VMVP				2,4		1,5		5,7		4,4

(c)

Meses	Observado		CLIMABR			CLIGEN				
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	11,7	14,8	12,0	2,6	14,5	-2,0	12,4	6,0	13,9	-6,1
Fev	13,0	16,8	13,4	3,1	16,5	-1,8	13,6	4,6	15,7	-6,5
Mar	12,3	14,0	12,5	1,6	13,8	-1,4	12,8	4,1	13,4	-4,3
Abr	12,9	16,0	13,4	3,9	15,6	-2,5	13,4	3,9	14,7	-8,1
Mai	9,8	10,7	10,0	2,0	10,6	-0,9	10,4	6,1	10,4	-2,8
Jun	10,7	12,7	10,9	1,9	12,5	-1,6	11,0	2,8	11,9	-6,3
Jul	8,4	8,6	8,6	2,4	8,4	-2,3	8,9	6,0	8,7	1,2
Ago	8,5	8,1	8,5	0,0	8,1	0,0	8,7	2,4	7,8	-3,7
Set	8,8	10,0	8,9	1,1	9,9	-1,0	9,1	3,4	9,8	-2,0
Out	7,8	9,9	8,0	2,6	9,8	-1,0	0,3	-96,2	0,0	-100,0
Nov	9,4	11,5	9,7	3,2	11,3	-1,7	0,3	-96,8	0,0	-100,0
Dez	14,0	16,1	14,2	1,4	15,9	-1,2	0,3	-97,9	0,0	-100,0
VMVP				2,1		1,5		27,5		28,4

Quadro 2E – Valores médios mensais da precipitação total diária (\bar{P}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	14,7	16,6	14,9	1,4	16,4	-1,2	15,1	2,7	16,0	-3,6
Fev	14,7	17,8	14,9	1,4	17,7	-0,6	15,3	4,1	16,9	-5,1
Mar	14,7	15,2	14,9	1,4	15,0	-1,3	15,0	2,0	14,4	-5,3
Abr	12,3	17,0	12,9	4,9	16,6	-2,4	13,5	9,8	16,3	-4,1
Mai	10,4	13,1	10,8	3,8	12,8	-2,3	11,2	7,7	12,8	-2,3
Jun	8,3	9,6	8,4	1,2	9,5	-1,0	8,8	6,0	9,3	-3,1
Jul	8,3	10,7	8,6	3,6	10,4	-2,8	8,6	3,6	9,8	-8,4
Ago	7,1	7,4	7,2	1,4	7,2	-2,7	7,4	4,2	6,8	-8,1
Set	8,9	9,7	9,0	1,1	9,6	-1,0	9,3	4,5	9,8	1,0
Out	9,0	10,6	9,1	1,1	10,5	-0,9	9,5	5,6	9,8	-7,5
Nov	13,0	16,8	13,4	3,1	16,5	-1,8	13,6	4,6	15,6	-7,1
Dez	17,0	23,0	17,3	1,8	22,8	-0,9	18,1	6,5	23,0	0,0
VMVP				2,2		1,6		5,1		4,6

(e)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	16,4	17,4	16,6	1,2	17,2	-1,1	16,9	3,0	17,4	0,0
Fev	15,5	17,3	15,7	1,3	17,1	-1,2	16,0	3,2	16,9	-2,3
Mar	13,0	15,2	13,2	1,5	15,0	-1,3	13,2	1,5	14,1	-7,2
Abr	9,2	8,6	9,3	1,1	8,5	-1,2	9,2	0,0	8,1	-5,8
Mai	9,8	8,0	9,8	0,0	8,0	0,0	9,5	-3,1	7,6	-5,0
Jun	5,5	4,7	5,5	0,0	4,7	0,0	5,7	3,6	4,3	-8,5
Jul	9,6	11,0	10,0	4,2	10,6	-3,6	10,3	7,3	10,4	-5,5
Ago	9,9	5,7	9,9	0,0	5,7	0,0	10,1	2,0	5,5	-3,5
Set	7,9	7,3	7,9	0,0	7,3	0,0	8,1	2,5	7,2	-1,4
Out	10,9	10,2	10,9	0,0	10,2	0,0	11,4	4,6	9,9	-2,9
Nov	13,0	12,9	13,1	0,8	12,8	-0,8	13,2	1,5	12,4	-3,9
Dez	16,2	17,7	16,4	1,2	17,5	-1,1	17,0	4,9	17,0	-4,0
VMVP				0,9		0,9		3,1		4,2

(f)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	19,8	8,3	19,8	0,0	8,3	0,0	19,8	0,0	8,2	-1,2
Fev	16,9	9,0	16,9	0,0	9,0	0,0	17,1	1,2	8,8	-2,2
Mar	19,3	6,8	19,3	0,0	6,8	0,0	19,2	-0,5	6,8	0,0
Abr	18,7	12,6	18,7	0,0	12,6	0,0	18,8	0,5	12,6	0,0
Mai	12,9	5,2	12,9	0,0	5,2	0,0	12,9	0,0	4,8	-7,7
Jun	11,6	4,7	11,6	0,0	4,7	0,0	11,7	0,9	4,5	-4,3
Jul	9,7	3,9	9,7	0,0	3,9	0,0	9,6	-1,0	4,1	5,1
Ago	9,6	5,9	9,6	0,0	5,9	0,0	9,8	2,1	5,8	-1,7
Set	16,8	7,2	16,8	0,0	7,2	0,0	16,7	-0,6	7,2	0,0
Out	13,0	4,6	13,0	0,0	4,6	0,0	12,9	-0,8	4,5	-2,2
Nov	18,3	7,1	18,3	0,0	7,1	0,0	18,4	0,5	7,2	1,4
Dez	19,6	6,4	19,6	0,0	6,4	0,0	19,6	0,0	6,2	-3,1
VMVP				0,0		0,0		0,7		2,4

Quadro 3E – Valores médios mensais da precipitação total diária (\bar{P}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	10,6	16,2	11,2	5,7	15,8	-2,5	11,7	10,4	15,4	-4,9
Fev	10,6	12,4	10,8	1,9	12,2	-1,6	11,0	3,8	11,8	-4,8
Mar	10,8	14,7	11,1	2,8	14,5	-1,4	11,7	8,3	14,9	1,4
Abr	12,0	16,2	12,5	4,2	15,8	-2,5	13,1	9,2	15,4	-4,9
Mai	8,9	11,4	9,3	4,5	11,1	-2,6	9,5	6,7	10,3	-9,6
Jun	10,7	14,2	11,0	2,8	14,0	-1,4	11,5	7,5	13,4	-5,6
Jul	7,8	10,5	8,2	5,1	10,2	-2,9	8,6	10,3	9,7	-7,6
Ago	6,8	7,3	6,9	1,5	7,2	-1,4	7,1	4,4	6,8	-6,8
Set	8,5	9,8	8,6	1,2	9,7	-1,0	8,7	2,4	9,6	-2,0
Out	6,9	8,8	7,1	2,9	8,7	-1,1	7,4	7,2	8,1	-8,0
Nov	11,8	15,3	12,2	3,4	14,9	-2,6	12,4	5,1	14,4	-5,9
Dez	10,6	13,3	10,9	2,8	13,1	-1,5	11,2	5,7	12,5	-6,0
VMVP				3,2		1,9		6,7		5,6

(h)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	13,9	15,2	14,1	1,4	15,0	-1,3	14,6	5,0	15,3	0,7
Fev	13,9	16,3	14,0	0,7	16,2	-0,6	14,5	4,3	15,4	-5,5
Mar	12,6	15,2	12,9	2,4	14,9	-2,0	13,4	6,3	14,7	-3,3
Abr	9,0	10,7	9,3	3,3	10,5	-1,9	9,5	5,6	10,2	-4,7
Mai	6,9	7,1	7,1	2,9	6,9	-2,8	6,9	0,0	6,2	-12,7
Jun	4,6	4,6	4,7	2,2	4,5	-2,2	4,9	6,5	4,4	-4,3
Jul	6,0	6,4	6,2	3,3	6,2	-3,1	6,5	8,3	5,8	-9,4
Ago	5,9	5,9	6,0	1,7	5,8	-1,7	6,3	6,8	5,4	-8,5
Set	7,0	7,9	7,2	2,9	7,7	-2,5	7,6	8,6	7,1	-10,1
Out	8,0	8,6	8,1	1,3	8,5	-1,2	8,1	1,3	7,9	-8,1
Nov	10,3	11,7	10,5	1,9	11,5	-1,7	10,7	3,9	11,0	-6,0
Dez	12,2	14,2	12,5	2,5	14,0	-1,4	12,8	4,9	13,8	-2,8
VMVP				2,2		1,9		5,1		6,3

(i)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	11,5	4,3	11,5	0,0	4,3	0,0	11,4	-0,9	4,4	2,3
Fev	11,9	6,5	11,9	0,0	6,5	0,0	12,0	0,8	6,5	0,0
Mar	12,5	5,2	12,5	0,0	5,2	0,0	12,4	-0,8	5,3	1,9
Abr	12,1	6,5	12,1	0,0	6,5	0,0	12,1	0,0	6,4	-1,5
Mai	10,5	5,6	10,5	0,0	5,6	0,0	10,4	-1,0	5,5	-1,8
Jun	7,4	4,3	7,4	0,0	4,3	0,0	7,4	0,0	4,4	2,3
Jul	6,5	3,3	6,5	0,0	3,3	0,0	6,6	1,5	3,4	3,0
Ago	6,2	3,3	6,2	0,0	3,3	0,0	6,4	3,2	3,4	3,0
Set	7,1	3,6	7,1	0,0	3,6	0,0	7,1	0,0	3,5	-2,8
Out	7,3	2,8	7,3	0,0	2,8	0,0	7,4	1,4	2,8	0,0
Nov	11,6	3,6	11,6	0,0	3,6	0,0	11,7	0,9	3,4	-5,6
Dez	12,9	5,1	12,9	0,0	5,1	0,0	12,9	0,0	4,9	-3,9
VMVP				0,0		0,0		0,9		2,4

Quadro 4E – Valores médios mensais da precipitação total diária (\bar{P}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	14,8	17,4	15,2	2,1	17,1	-2,0	15,7	5,8	16,9	-2,8
Fev	14,4	17,3	14,6	1,6	17,1	-0,9	14,7	2,7	15,9	-8,0
Mar	12,6	15,5	12,9	2,5	15,3	-1,6	13,1	4,5	14,8	-4,6
Abr	8,3	10,5	8,6	3,3	10,2	-2,3	8,8	5,7	9,6	-8,1
Mai	5,9	6,9	6,0	2,6	6,8	-2,4	6,0	2,6	6,3	-9,2
Jun	5,2	5,8	5,3	2,2	5,7	-1,6	5,4	3,8	5,5	-4,8
Jul	5,4	6,0	5,6	2,8	5,8	-3,4	5,9	8,6	5,7	-5,1
Ago	5,8	6,1	5,9	2,1	6,0	-2,9	6,0	3,5	5,5	-11,2
Set	5,9	6,7	6,1	3,7	6,5	-2,4	6,2	6,5	6,1	-9,6
Out	6,9	8,1	7,0	1,9	8,0	-1,1	7,3	6,0	7,9	-2,5
Nov	10,0	11,4	10,2	2,6	11,2	-2,0	10,4	4,7	10,8	-5,0
Dez	12,2	14,4	12,5	2,7	14,2	-1,4	12,9	6,4	14,1	-1,6
VMVP				2,5		2,0		5,1		6,0

(k)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{P} (mm)	s (mm)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)	\bar{P} (mm)	δ (%)	s (mm)	δ (%)
Jan	13,7	16,8	14,1	3,1	16,4	-2,2	14,5	6,0	16,0	-4,9
Fev	13,4	16,2	13,6	1,5	16,1	-1,0	14,4	7,7	16,1	-1,0
Mar	11,6	14,1	11,8	1,7	13,9	-1,6	12,1	4,1	13,2	-6,6
Abr	9,3	11,8	9,7	3,7	11,5	-2,7	10,1	7,8	11,0	-7,2
Mai	6,2	7,0	6,4	3,0	6,8	-1,7	6,6	6,5	6,3	-9,1
Jun	5,7	5,5	5,8	0,7	5,4	-1,5	6,2	8,4	5,4	-1,7
Jul	5,1	6,2	5,3	4,2	6,0	-2,2	5,4	6,4	5,7	-6,9
Ago	5,3	6,2	5,4	2,2	6,1	-1,4	5,6	5,8	5,5	-12,1
Set	6,6	7,7	6,8	3,4	7,5	-2,0	6,9	4,5	6,9	-10,4
Out	8,0	9,4	8,1	0,9	9,3	-1,0	8,3	3,4	8,9	-5,5
Nov	9,7	11,4	9,9	2,4	11,2	-1,8	10,2	5,4	11,0	-4,1
Dez	11,8	13,1	12,1	2,1	12,9	-1,7	12,5	6,0	12,4	-4,8
VMVP				2,4		1,7		6,0		6,2

APÊNDICE F

Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE F

Quadro 1F – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D} (h)	s (h)	\bar{D} (h)	δ (%)	s (h)	δ (%)	\bar{D} (h)	δ (%)	s (h)	δ (%)
Jan	7,6	5,9	6,1	-19,7	5,7	-3,4	6,5	-14,5	3,0	-49,2
Fev	5,8	4,1	6,1	5,2	5,5	34,1	6,6	13,8	2,9	-29,3
Mar	6,0	3,9	6,2	3,3	5,6	43,6	5,7	-5,0	2,8	-28,2
Abr	7,5	4,8	6,2	-17,3	5,7	18,8	6,8	-9,3	2,9	-39,6
Mai	6,5	4,9	6,3	-3,1	5,5	12,2	5,5	-15,4	2,5	-49,0
Jun	8,6	5,7	6,0	-30,2	5,5	-3,5	4,6	-46,5	2,0	-64,9
Jul	11,0	5,2	6,1	-44,5	5,6	7,7	6,9	-37,3	3,1	-40,4
Ago	11,3	5,2	6,5	-42,5	6,0	15,4	7,0	-38,1	3,1	-40,4
Set	11,5	5,4	6,3	-45,2	5,6	3,7	7,1	-38,3	3,1	-42,6
Out	8,6	4,9	6,1	-29,1	5,6	14,3	5,6	-34,9	2,6	-46,9
Nov	8,7	5,7	6,1	-29,9	5,5	-3,5	7,3	-16,1	3,1	-45,6
Dez	7,5	5,2	6,0	-20,0	5,4	3,8	7,6	1,3	3,2	-38,5
VMVP				24,2		13,7		22,5		42,9

(b)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D} (h)	s (h)	\bar{D} (h)	δ (%)	s (h)	δ (%)	\bar{D} (h)	δ (%)	s (h)	δ (%)
Jan	8,8	5,9	6,0	-31,8	5,7	-3,4	5,7	-35,2	2,7	-54,2
Fev	7,3	4,7	6,1	-16,4	5,5	17,0	4,4	-39,7	2,2	-53,2
Mar	8,0	5,4	6,0	-25,0	5,5	1,9	5,8	-27,5	2,7	-50,0
Abr	9,3	5,3	6,2	-33,3	5,7	7,5	7,8	-16,1	3,4	-35,8
Mai	9,6	5,3	6,3	-34,4	5,5	3,8	7,5	-21,9	3,3	-37,7
Jun	12,9	5,7	6,0	-53,5	5,5	-3,5	8,4	-34,9	3,4	-40,4
Jul	12,5	6,2	6,1	-51,2	5,6	-9,7	11,0	-12,0	4,2	-32,3
Ago	13,1	5,9	6,3	-51,9	5,8	-1,7	12,2	-6,9	4,4	-25,4
Set	12,8	6,5	6,3	-50,8	5,5	-15,4	12,6	-1,6	4,5	-30,8
Out	11,3	6,4	6,0	-46,9	5,5	-14,1	8,7	-23,0	3,7	-42,2
Nov	10,7	6,8	6,1	-43,0	5,5	-19,1	8,4	-21,5	3,5	-48,5
Dez	9,2	5,8	5,9	-35,9	5,3	-8,6	7,8	-15,2	3,4	-41,4
VMVP				39,5		8,8		21,3		41,0

(c)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D} (h)	s (h)	\bar{D} (h)	δ (%)	s (h)	δ (%)	\bar{D} (h)	δ (%)	s (h)	δ (%)
Jan	8,6	6,3	5,9	-31,4	5,6	-11,1	4,7	-45,3	2,3	-63,5
Fev	6,6	5,1	6,1	-7,6	5,5	7,8	4,7	-28,8	2,4	-52,9
Mar	7,3	5,6	6,1	-16,4	5,6	0,0	4,9	-32,9	2,3	-58,9
Abr	8,2	5,2	6,2	-24,4	5,7	9,6	6,5	-20,7	2,9	-44,2
Mai	7,7	4,6	6,3	-18,2	5,5	19,6	5,0	-35,1	2,6	-43,5
Jun	9,1	4,9	6,0	-34,1	5,4	10,2	5,5	-39,6	2,5	-49,0
Jul	11,8	6,7	6,1	-48,3	5,6	-16,4	4,5	-61,9	2,3	-65,7
Ago	10,7	5,9	6,5	-39,3	6,0	1,7	6,9	-35,5	3,1	-47,5
Set	10,7	6,2	6,4	-40,2	5,5	-11,3	7,2	-32,7	3,0	-51,6
Out	9,1	6,1	6,1	-33,0	5,5	-9,8	5,6	-38,5	2,7	-55,7
Nov	8,6	6,2	6,1	-29,1	5,5	-11,3	4,5	-47,7	2,2	-64,5
Dez	7,7	5,8	5,9	-23,4	5,2	-10,3	6,4	-16,9	2,8	-51,7
VMVP				28,8		9,9		36,3		54,1

Quadro 2F – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,8	6,2	7,5	10,3	6,4	3,2	5,2	-23,5	2,4	-61,3
Fev	5,4	4,6	7,6	40,7	6,3	37,0	4,7	-13,0	2,2	-52,2
Mar	6,0	4,7	7,6	26,7	6,2	31,9	5,4	-10,0	2,5	-46,8
Abr	7,2	5,7	7,6	5,6	6,3	10,5	5,2	-27,8	2,4	-57,9
Mai	7,1	5,3	7,8	9,9	6,3	18,9	4,9	-31,0	2,4	-54,7
Jun	10,2	5,8	7,3	-28,4	6,2	6,9	3,5	-65,7	1,9	-67,2
Jul	10,6	4,6	7,6	-28,3	6,3	37,0	4,7	-55,7	2,2	-52,2
Ago	10,2	5,6	7,9	-22,5	6,5	16,1	4,8	-52,9	2,3	-58,9
Set	11,3	6,1	7,8	-31,0	6,2	1,6	7,5	-33,6	3,1	-49,2
Out	9,2	5,7	7,5	-18,5	6,2	8,8	5,6	-39,1	2,6	-54,4
Nov	9,5	6,0	7,6	-20,0	6,2	3,3	6,3	-33,7	2,9	-51,7
Dez	7,6	5,6	7,4	-2,6	6,0	7,1	7,3	-3,9	3,2	-42,9
VMVP				20,4		15,2		32,5		54,1

(e)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,7	5,6	6,1	-9,0	5,7	1,8	6,9	3,0	2,9	-48,2
Fev	6,2	5,4	6,1	-1,6	5,6	3,7	5,3	-14,5	2,5	-53,7
Mar	5,3	4,5	6,1	15,1	5,6	24,4	4,2	-20,8	2,0	-55,6
Abr	3,9	2,9	6,1	56,4	5,7	96,6	2,4	-38,5	1,4	-51,7
Mai	3,5	3,0	6,1	74,3	5,4	80,0	2,2	-37,1	1,3	-56,7
Jun	3,8	3,4	5,7	50,0	5,0	47,1	1,4	-63,2	0,8	-76,5
Jul	7,2	5,0	6,0	-16,7	5,6	12,0	1,8	-75,0	1,1	-78,0
Ago	6,5	5,0	6,5	0,0	5,8	16,0	1,9	-70,8	1,2	-76,0
Set	7,0	4,6	6,4	-8,6	5,5	19,6	1,9	-72,9	1,2	-73,9
Out	6,1	4,9	6,2	1,6	5,7	16,3	4,3	-29,5	2,2	-55,1
Nov	6,9	4,4	6,1	-11,6	5,5	25,0	5,5	-20,3	2,6	-40,9
Dez	6,3	4,6	5,9	-6,3	5,3	15,2	6,8	7,9	3,1	-32,6
VMVP				20,9		29,8		37,8		58,2

(f)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	7,3	5,9	6,2	-15,1	5,8	-1,7	7,9	8,2	3,4	-42,4
Fev	5,3	4,5	6,1	15,1	5,5	22,2	6,1	15,1	2,7	-40,0
Mar	6,1	4,6	6,1	0,0	5,6	21,7	7,6	24,6	3,2	-30,4
Abr	7,7	6,0	6,2	-19,5	5,7	-5,0	8,9	15,6	3,6	-40,0
Mai	8,0	4,9	6,3	-21,3	5,5	12,2	6,8	-15,0	3,1	-36,7
Jun	10,2	5,5	6,0	-41,2	5,5	0,0	7,1	-30,4	3,1	-43,6
Jul	11,2	5,5	6,1	-45,5	5,6	1,8	6,9	-38,4	3,1	-43,6
Ago	11,5	6,7	6,3	-45,2	5,8	-13,4	9,2	-20,0	3,6	-46,3
Set	11,9	6,3	6,3	-47,1	5,5	-12,7	15,6	31,1	4,7	-25,4
Out	10,5	5,7	6,0	-42,9	5,5	-3,5	9,2	-12,4	3,7	-35,1
Nov	8,1	6,3	6,1	-24,7	5,6	-11,1	9,9	22,2	3,8	-39,7
Dez	7,4	5,8	6,0	-18,9	5,3	-8,6	9,2	24,3	3,7	-36,2
VMVP				28,0		9,5		21,4		38,3

Quadro 3F – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	7,2	6,0	6,0	-16,7	5,7	-5,0	3,8	-47,2	1,9	-68,3
Fev	4,6	3,9	6,1	32,6	5,5	41,0	3,1	-32,6	1,7	-56,4
Mar	6,6	4,3	6,1	-7,6	5,6	30,2	3,2	-51,5	1,7	-60,5
Abr	7,3	5,4	6,1	-16,4	5,7	5,6	4,0	-45,2	2,0	-63,0
Mai	7,6	5,4	6,4	-15,8	5,6	3,7	3,2	-57,9	1,8	-66,7
Jun	9,8	5,0	5,9	-39,8	5,4	8,0	4,3	-56,1	2,1	-58,0
Jul	10,5	5,2	6,1	-41,9	5,5	5,8	4,3	-59,0	2,1	-59,6
Ago	8,6	4,3	6,5	-24,4	6,0	39,5	4,3	-50,0	2,1	-51,2
Set	11,8	6,3	6,3	-46,6	5,5	-12,7	6,8	-42,4	2,9	-54,0
Out	8,8	5,9	6,1	-30,7	5,6	-5,1	4,2	-52,3	2,1	-64,4
Nov	8,9	6,1	6,1	-31,5	5,4	-11,5	6,0	-32,6	2,6	-57,4
Dez	7,0	4,4	5,9	-15,7	5,2	18,2	5,4	-22,9	2,6	-40,9
VMVP				26,6		15,5		45,8		58,4

(h)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	5,8	4,6	6,1	5,2	5,7	23,9	5,4	-6,9	2,5	-45,7
Fev	5,8	5,0	6,2	6,9	5,6	12,0	4,8	-17,2	2,4	-52,0
Mar	7,3	4,9	6,1	-16,4	5,5	12,2	4,3	-41,1	2,1	-57,1
Abr	6,7	4,4	6,1	-9,0	5,7	29,5	3,0	-55,2	1,7	-61,4
Mai	5,7	4,7	6,3	10,5	5,6	19,1	2,1	-63,2	1,2	-74,5
Jun	6,9	4,8	5,7	-17,4	5,2	8,3	1,7	-75,4	1,3	-72,9
Jul	5,6	3,2	6,2	10,7	5,7	78,1	2,1	-62,5	1,2	-62,5
Ago	8,0	4,4	6,4	-20,0	5,8	31,8	2,4	-70,0	1,4	-68,2
Set	10,7	4,8	6,4	-40,2	5,5	14,6	3,8	-64,5	2,0	-58,3
Out	6,3	4,2	6,2	-1,6	5,7	35,7	4,0	-36,5	2,2	-47,6
Nov	7,8	5,5	6,1	-21,8	5,5	0,0	4,4	-43,6	2,2	-60,0
Dez	7,2	4,0	5,9	-18,1	5,3	32,5	4,6	-36,1	2,2	-45,0
VMVP				14,8		24,8		47,7		58,8

(i)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	7,6	6,0	6,2	-18,4	5,9	-1,7	4,4	-42,1	2,2	-63,3
Fev	4,8	3,4	6,2	29,2	5,6	64,7	3,9	-18,8	2,0	-41,2
Mar	6,6	4,8	6,0	-9,1	5,5	14,6	4,6	-30,3	2,2	-54,2
Abr	7,4	4,7	6,2	-16,2	5,7	21,3	5,0	-32,4	2,4	-48,9
Mai	7,4	4,7	6,3	-14,9	5,5	17,0	4,8	-35,1	2,2	-53,2
Jun	8,9	4,7	5,9	-33,7	5,4	14,9	3,3	-62,9	1,7	-63,8
Jul	8,6	4,6	6,1	-29,1	5,5	19,6	4,2	-51,2	2,1	-54,3
Ago	10,9	4,5	6,4	-41,3	5,9	31,1	4,8	-56,0	2,3	-48,9
Set	11,6	5,7	6,3	-45,7	5,5	-3,5	6,8	-41,4	3,0	-47,4
Out	8,7	5,2	6,1	-29,9	5,6	7,7	4,9	-43,7	2,4	-53,8
Nov	8,4	6,2	6,1	-27,4	5,5	-11,3	6,6	-21,4	2,9	-53,2
Dez	7,1	5,3	5,9	-16,9	5,3	0,0	6,4	-9,9	2,9	-45,3
VMVP				26,0		17,3		37,1		52,3

Quadro 4F – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	5,6	4,5	6,1	8,9	5,7	26,7	5,6	0,0	2,6	-42,2
Fev	5,8	4,2	6,1	5,2	5,5	31,0	5,1	-12,1	2,4	-42,9
Mar	6,0	4,6	6,1	1,7	5,5	19,6	4,7	-21,7	2,2	-52,2
Abr	7,3	5,9	6,2	-15,1	5,7	-3,4	3,0	-58,9	1,6	-72,9
Mai	6,1	5,2	6,4	4,9	5,6	7,7	2,1	-65,6	1,2	-76,9
Jun	7,0	4,5	5,7	-18,6	5,2	15,6	2,0	-71,4	1,1	-75,6
Jul	9,1	4,9	6,1	-33,0	5,6	14,3	2,4	-73,6	1,5	-69,4
Ago	8,6	5,2	6,5	-24,4	5,8	11,5	2,7	-68,6	1,6	-69,2
Set	6,3	3,5	6,5	3,2	5,6	60,0	2,8	-55,6	1,6	-54,3
Out	6,7	4,6	6,0	-10,4	5,6	21,7	3,0	-55,2	1,7	-63,0
Nov	6,8	4,6	6,1	-10,3	5,5	19,6	4,1	-39,7	2,2	-52,2
Dez	6,8	4,8	6,0	-11,8	5,4	12,5	4,6	-32,4	2,3	-52,1
VMVP				12,3		20,3		46,2		60,2

(k)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	7,7	5,5	6,1	-20,8	5,8	5,5	5,7	-26,0	2,5	-54,5
Fev	6,6	5,0	6,2	-6,1	5,6	12,0	4,8	-27,3	2,4	-52,0
Mar	7,8	5,6	6,1	-21,8	5,6	0,0	4,5	-42,3	2,2	-60,7
Abr	8,7	6,0	6,2	-28,7	5,7	-5,0	3,5	-59,8	1,8	-70,0
Mai	7,0	4,6	6,4	-8,6	5,6	21,7	2,6	-62,9	1,5	-67,4
Jun	7,4	3,4	5,8	-21,6	5,3	55,9	2,6	-64,9	1,5	-55,9
Jul	8,1	4,5	6,1	-24,7	5,6	24,4	2,2	-72,8	1,3	-71,1
Ago	9,3	6,6	6,4	-31,2	5,9	-10,6	2,3	-75,3	1,4	-78,8
Set	10,4	6,0	6,4	-38,5	5,6	-6,7	3,0	-71,2	1,8	-70,0
Out	9,0	5,7	6,0	-33,3	5,6	-1,8	3,9	-56,7	2,0	-64,9
Nov	8,4	5,3	6,1	-27,4	5,5	3,8	4,1	-51,2	2,0	-62,3
Dez	8,6	6,1	5,9	-31,4	5,2	-14,8	4,6	-46,5	2,1	-65,6
VMVP				24,5		13,5		54,7		64,4

APÊNDICE G

Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e γ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE G

Quadro 1G – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,1	5,7	6,1	0,0	5,5	-3,5
Fev	6,1	5,5	6,1	0,0	5,3	-3,6
Mar	6,2	5,6	6,2	0,0	5,4	-3,6
Abr	6,2	5,7	6,2	0,0	5,5	-3,5
Mai	6,3	5,5	6,3	0,0	5,3	-3,6
Jun	6,0	5,5	5,9	-1,7	5,2	-5,5
Jul	6,1	5,6	6,1	0,0	5,3	-5,4
Ago	6,5	6,0	6,4	-1,5	5,7	-5,0
Set	6,3	5,6	6,3	0,0	5,3	-5,4
Out	6,1	5,6	6,0	-1,6	5,4	-3,6
Nov	6,1	5,5	6,1	0,0	5,3	-3,6
Dez	6,0	5,4	6,0	0,0	5,2	-3,7
VMVP				0,4		4,2

(b)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,0	5,7	5,7	-5,0	5,6	-1,8
Fev	6,1	5,5	5,8	-4,9	5,4	-1,8
Mar	6,0	5,5	5,7	-5,0	5,4	-1,8
Abr	6,2	5,7	5,9	-4,8	5,6	-1,8
Mai	6,3	5,5	6,0	-4,8	5,4	-1,8
Jun	6,0	5,5	5,7	-5,0	5,4	-1,8
Jul	6,1	5,6	5,8	-4,9	5,4	-3,6
Ago	6,3	5,8	6,0	-4,8	5,7	-1,7
Set	6,3	5,5	6,0	-4,8	5,3	-3,6
Out	6,0	5,5	5,7	-5,0	5,4	-1,8
Nov	6,1	5,5	5,8	-4,9	5,4	-1,8
Dez	5,9	5,3	5,6	-5,1	5,2	-1,9
VMVP				4,9		2,1

(c)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	5,9	5,6	5,7	-3,4	5,3	-5,4
Fev	6,1	5,5	5,8	-4,9	5,3	-3,6
Mar	6,1	5,6	5,8	-4,9	5,3	-5,4
Abr	6,2	5,7	5,9	-4,8	5,4	-5,3
Mai	6,3	5,5	6,0	-4,8	5,2	-5,5
Jun	6,0	5,4	5,7	-5,0	5,1	-5,6
Jul	6,1	5,6	5,8	-4,9	5,3	-5,4
Ago	6,5	6,0	6,2	-4,6	5,7	-5,0
Set	6,4	5,5	6,0	-6,3	5,2	-5,5
Out	6,1	5,5	5,8	-4,9	5,2	-5,5
Nov	6,1	5,5	5,8	-4,9	5,1	-7,3
Dez	5,9	5,2	5,6	-5,1	4,9	-5,8
VMVP				4,9		5,4

Quadro 2G – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União

(d)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	7,5	6,4	6,8	-9,3	6,3	-1,6
Fev	7,6	6,3	6,8	-10,5	6,2	-1,6
Mar	7,6	6,2	6,8	-10,5	6,1	-1,6
Abr	7,6	6,3	6,8	-10,5	6,2	-1,6
Mai	7,8	6,3	7,0	-10,3	6,2	-1,6
Jun	7,3	6,2	6,5	-11,0	6,1	-1,6
Jul	7,6	6,3	6,8	-10,5	6,2	-1,6
Ago	7,9	6,5	7,2	-8,9	6,4	-1,5
Set	7,8	6,2	7,0	-10,3	6,1	-1,6
Out	7,5	6,2	6,7	-10,7	6,1	-1,6
Nov	7,6	6,2	6,8	-10,5	6,1	-1,6
Dez	7,4	6,0	6,6	-10,8	5,8	-3,3
VMVP				10,3		1,7

(e)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,1	5,7	6,5	6,6	5,8	1,8
Fev	6,1	5,6	6,5	6,6	5,7	1,8
Mar	6,1	5,6	6,5	6,6	5,7	1,8
Abr	6,1	5,7	6,5	6,6	5,9	3,5
Mai	6,1	5,4	6,5	6,6	5,6	3,7
Jun	5,7	5,0	6,1	7,0	5,2	4,0
Jul	6,0	5,6	6,4	6,7	5,7	1,8
Ago	6,5	5,8	6,9	6,2	5,9	1,7
Set	6,4	5,5	6,8	6,2	5,7	3,6
Out	6,2	5,7	6,6	6,5	5,8	1,8
Nov	6,1	5,5	6,5	6,6	5,7	3,6
Dez	5,9	5,3	6,3	6,8	5,4	1,9
VMVP				6,6		2,6

(f)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,2	5,8	7,0	12,9	6,4	10,3
Fev	6,1	5,5	6,9	13,1	6,1	10,9
Mar	6,1	5,6	6,8	11,5	6,1	8,9
Abr	6,2	5,7	6,9	11,3	6,3	10,5
Mai	6,3	5,5	7,2	14,3	6,2	12,7
Jun	6,0	5,5	6,7	11,7	6,2	12,7
Jul	6,1	5,6	6,9	13,1	6,2	10,7
Ago	6,3	5,8	7,1	12,7	6,3	8,6
Set	6,3	5,5	7,1	12,7	6,2	12,7
Out	6,0	5,5	6,8	13,3	6,1	10,9
Nov	6,1	5,6	6,9	13,1	6,1	8,9
Dez	6,0	5,3	6,7	11,7	5,9	11,3
VMVP				12,6		10,8

Quadro 3G – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,0	5,7	6,4	6,7	5,8	1,8
Fev	6,1	5,5	6,5	6,6	5,7	3,6
Mar	6,1	5,6	6,5	6,6	5,8	3,6
Abr	6,1	5,7	6,5	6,6	5,9	3,5
Mai	6,4	5,6	6,8	6,2	5,8	3,6
Jun	5,9	5,4	6,3	6,8	5,6	3,7
Jul	6,1	5,5	6,5	6,6	5,7	3,6
Ago	6,5	6,0	6,9	6,2	6,1	1,7
Set	6,3	5,5	6,7	6,3	5,7	3,6
Out	6,1	5,6	6,5	6,6	5,7	1,8
Nov	6,1	5,4	6,5	6,6	5,6	3,7
Dez	5,9	5,2	6,3	6,8	5,4	3,8
VMVP				6,5		3,2

(h)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,1	5,7	5,0	-18,0	4,7	-17,5
Fev	6,2	5,6	5,0	-19,4	4,6	-17,9
Mar	6,1	5,5	4,9	-19,7	4,5	-18,2
Abr	6,1	5,7	5,0	-18,0	4,7	-17,5
Mai	6,3	5,6	5,1	-19,0	4,6	-17,9
Jun	5,7	5,2	4,6	-19,3	4,1	-21,2
Jul	6,2	5,7	5,1	-17,7	4,7	-17,5
Ago	6,4	5,8	5,2	-18,8	4,7	-19,0
Set	6,4	5,5	5,1	-20,3	4,3	-21,8
Out	6,2	5,7	5,0	-19,4	4,6	-19,3
Nov	6,1	5,5	5,0	-18,0	4,6	-16,4
Dez	5,9	5,3	4,8	-18,6	4,3	-18,9
VMVP				18,9		18,6

(i)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,2	5,9	7,0	12,9	6,4	8,5
Fev	6,2	5,6	6,9	11,3	6,1	8,9
Mar	6,0	5,5	6,8	13,3	6,1	10,9
Abr	6,2	5,7	6,9	11,3	6,3	10,5
Mai	6,3	5,5	7,2	14,3	6,2	12,7
Jun	5,9	5,4	6,7	13,6	6,2	14,8
Jul	6,1	5,5	6,9	13,1	6,2	12,7
Ago	6,4	5,9	7,1	10,9	6,3	6,8
Set	6,3	5,5	7,1	12,7	6,2	12,7
Out	6,1	5,6	6,8	11,5	6,1	8,9
Nov	6,1	5,5	6,9	13,1	6,1	10,9
Dez	5,9	5,3	6,7	13,6	5,9	11,3
VMVP				12,6		10,8

Quadro 4G – Valores médios mensais da duração efetiva dos eventos diários de precipitação (\bar{D}) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,1	5,7	5,4	-11,5	5,2	-8,8
Fev	6,1	5,5	5,3	-13,1	5,0	-9,1
Mar	6,1	5,5	5,4	-11,5	5,0	-9,1
Abr	6,2	5,7	5,4	-12,9	5,2	-8,8
Mai	6,4	5,6	5,6	-12,5	5,1	-8,9
Jun	5,7	5,2	5,0	-12,3	4,6	-11,5
Jul	6,1	5,6	5,4	-11,5	5,1	-8,9
Ago	6,5	5,8	5,7	-12,3	5,3	-8,6
Set	6,5	5,6	5,6	-13,8	5,0	-10,7
Out	6,0	5,6	5,3	-11,7	5,1	-8,9
Nov	6,1	5,5	5,3	-13,1	5,0	-9,1
Dez	6,0	5,4	5,2	-13,3	4,8	-11,1
VMVP				12,5		9,5

(k)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{D}	s	\bar{D}	δ	s	δ
	(h)	(h)	(h)	(%)	(h)	(%)
Jan	6,1	5,8	4,7	-23,0	4,4	-24,1
Fev	6,2	5,6	4,8	-22,6	4,4	-21,4
Mar	6,1	5,6	4,7	-23,0	4,3	-23,2
Abr	6,2	5,7	4,8	-22,6	4,5	-21,1
Mai	6,4	5,6	4,9	-23,4	4,3	-23,2
Jun	5,8	5,3	4,4	-24,1	4,0	-24,5
Jul	6,1	5,6	4,7	-23,0	4,3	-23,2
Ago	6,4	5,9	4,9	-23,4	4,5	-23,7
Set	6,4	5,6	4,9	-23,4	4,2	-25,0
Out	6,0	5,6	4,6	-23,3	4,2	-25,0
Nov	6,1	5,5	4,7	-23,0	4,3	-21,8
Dez	5,9	5,2	4,5	-23,7	4,0	-23,1
VMVP				23,2		23,3

APÊNDICE H

Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada ($\overline{i_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE H

Quadro 1H – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_i^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações:

(a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,2	2,6	5,7	9,6	5,7	119,2	1,7	-67,3	2,0	-23,1
Fev	4,9	3,0	5,8	18,4	5,8	93,3	2,5	-49,0	2,7	-10,0
Mar	4,8	2,7	5,9	22,9	5,9	118,5	3,5	-27,1	3,3	22,2
Abr	5,2	2,8	6,2	19,2	6,2	121,4	4,5	-13,5	2,8	0,0
Mai	4,6	2,3	6,4	39,1	6,4	178,3	4,8	4,3	3,2	39,1
Jun	6,1	4,3	6,3	3,3	6,3	46,5	4,9	-19,7	3,4	-20,9
Jul	4,8	3,0	6,3	31,3	6,3	110,0	4,8	0,0	3,0	0,0
Ago	4,1	2,3	6,3	53,7	6,3	173,9	4,8	17,1	2,9	26,1
Set	5,1	3,3	6,1	19,6	6,1	84,8	4,7	-7,8	2,8	-15,2
Out	5,5	3,7	6,3	14,5	6,3	70,3	4,8	-12,7	3,4	-8,1
Nov	5,2	3,0	6,0	15,4	6,0	100,0	3,4	-34,6	2,9	-3,3
Dez	5,4	3,0	5,8	7,4	5,8	93,3	1,9	-64,8	2,1	-30,0
VMVP				21,2		109,1		26,5		16,5

(b)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	6,3	5,0	6,1	-3,2	2,4	-52,0	1,7	-73,0	1,9	-62,0
Fev	6,1	3,1	6,2	1,6	2,4	-22,6	2,5	-59,0	2,8	-9,7
Mar	5,6	3,2	6,0	7,1	2,4	-25,0	3,5	-37,5	3,4	6,2
Abr	6,1	3,3	6,1	0,0	2,6	-21,2	4,5	-26,2	3,0	-9,1
Mai	6,3	4,4	6,1	-3,2	2,4	-45,5	4,8	-23,8	2,9	-34,1
Jun	6,7	3,7	5,9	-11,9	2,4	-35,1	4,7	-29,9	2,7	-27,0
Jul	5,1	3,0	5,8	13,7	2,3	-23,3	4,7	-7,8	2,6	-13,3
Ago	4,9	2,2	6,1	24,5	2,4	9,1	4,7	-4,1	2,6	18,2
Set	4,4	2,2	5,5	25,0	1,9	-13,6	4,5	2,3	2,4	9,1
Out	4,5	2,9	6,2	37,8	2,4	-17,2	4,6	2,2	2,7	-6,9
Nov	5,9	4,8	6,1	3,4	2,5	-47,9	3,4	-42,4	2,9	-39,6
Dez	5,2	3,8	6,0	15,4	2,4	-36,8	1,9	-63,5	2,1	-44,7
VMVP				12,2		29,1		31,0		23,3

(c)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,8	3,4	6,2	6,9	2,4	-29,4	1,7	-70,7	1,9	-44,1
Fev	5,7	4,6	6,2	8,8	2,4	-47,8	2,6	-54,4	3,1	-32,6
Mar	5,6	4,2	5,9	5,4	2,2	-57,7	3,6	-35,7	3,5	-32,7
Abr	5,8	3,7	6,1	5,2	2,4	-35,1	4,6	-20,7	3,0	-18,9
Mai	5,4	3,2	6,1	13,0	2,2	-31,3	5,1	-5,6	4,1	28,1
Jun	5,0	3,4	6,1	22,0	2,2	-35,3	5,1	2,0	3,9	14,7
Jul	5,4	3,7	6,0	11,1	2,1	-43,2	5,0	-7,4	3,8	2,7
Ago	4,4	2,7	5,9	34,1	1,9	-29,6	4,8	9,1	3,0	11,1
Set	3,7	2,0	6,1	64,9	2,1	5,0	4,5	21,6	2,7	35,0
Out	3,8	3,2	6,5	71,1	2,3	-28,1	4,9	28,9	3,6	12,5
Nov	5,3	5,0	6,3	18,9	2,3	-54,0	3,4	-35,8	3,5	-30,0
Dez	5,3	4,6	5,9	11,3	2,2	-52,2	2,0	-62,3	2,4	-47,8
VMVP				22,7		37,4		29,5		25,9

Quadro 2H – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_i^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,2	3,3	5,8	11,5	2,2	-33,3	1,7	-67,3	2,1	-36,4
Fev	4,9	3,3	6,0	22,4	2,3	-30,3	2,5	-49,0	3,0	-9,1
Mar	5,2	3,7	5,7	9,6	2,1	-43,2	3,4	-34,6	3,2	-13,5
Abr	5,0	4,1	6,4	28,0	2,5	-39,0	4,7	-6,0	3,4	-17,1
Mai	4,7	3,6	6,4	36,2	2,3	-36,1	5,1	8,5	3,9	8,3
Jun	6,2	5,0	6,3	1,6	2,1	-58,0	5,3	-14,5	4,6	-8,0
Jul	6,1	6,0	6,5	6,6	2,3	-61,7	5,1	-16,4	3,8	-36,7
Ago	4,4	2,6	6,4	45,5	2,1	-19,2	5,0	13,6	3,4	30,8
Set	4,6	3,2	6,1	32,6	2,0	-37,5	4,8	4,3	3,1	-3,1
Out	4,5	2,6	6,3	40,0	2,2	-15,4	4,6	2,2	3,2	23,1
Nov	6,1	5,3	6,2	1,6	2,4	-54,7	3,4	-44,3	3,2	-39,6
Dez	5,9	4,0	6,1	3,4	2,4	-40,0	2,0	-66,1	2,2	-45,0
VMVP				19,9		39,0		27,2		22,6

(e)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	6,2	4,2	6,1	-1,6	5,7	35,7	1,7	-72,6	2,0	-52,4
Fev	5,7	3,7	6,1	7,0	5,6	51,4	2,5	-56,1	2,8	-24,3
Mar	5,4	3,3	6,1	13,0	5,6	69,7	3,4	-37,0	3,2	-3,0
Abr	4,2	2,5	6,1	45,2	5,7	128,0	5,4	28,6	5,1	104,0
Mai	4,5	3,4	6,1	35,6	5,4	58,8	6,4	42,2	8,2	141,2
Jun	5,1	2,3	5,7	11,8	5,0	117,4	5,4	5,9	4,6	100,0
Jul	3,8	2,9	6,0	57,9	5,6	93,1	5,5	44,7	5,2	79,3
Ago	6,5	4,0	6,5	0,0	5,8	45,0	5,4	-16,9	5,1	27,5
Set	5,7	2,9	6,4	12,3	5,5	89,7	5,6	-1,8	5,5	89,7
Out	4,2	2,3	6,2	47,6	5,7	147,8	5,0	19,0	3,8	65,2
Nov	6,0	3,5	6,1	1,7	5,5	57,1	3,5	-41,7	3,3	-5,7
Dez	6,0	4,3	5,9	-1,7	5,3	23,3	2,0	-66,7	2,5	-41,9
VMVP				19,6		76,4		36,1		61,2

(f)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,0	3,4	6,2	24,0	5,8	70,6	1,6	-68,0	1,7	-50,0
Fev	5,0	2,9	6,1	22,0	5,5	89,7	2,5	-50,0	2,8	-3,4
Mar	5,0	2,6	6,1	22,0	5,6	115,4	3,3	-34,0	2,8	7,7
Abr	4,9	2,8	6,2	26,5	5,7	103,6	4,6	-6,1	2,7	-3,6
Mai	4,9	2,9	6,3	28,6	5,5	89,7	4,6	-6,1	3,0	3,4
Jun	5,4	3,3	6,0	11,1	5,5	66,7	4,9	-9,3	3,0	-9,1
Jul	4,3	2,8	6,1	41,9	5,6	100,0	4,8	11,6	3,1	10,7
Ago	3,9	1,8	6,3	61,5	5,8	222,2	4,6	17,9	2,5	38,9
Set	3,9	2,6	6,3	61,5	5,5	111,5	4,4	12,8	2,0	-23,1
Out	4,3	2,7	6,0	39,5	5,5	103,7	4,6	7,0	2,9	7,4
Nov	4,5	3,3	6,1	35,6	5,6	69,7	3,3	-26,7	2,8	-15,2
Dez	5,2	3,1	6,0	15,4	5,3	71,0	1,9	-63,5	2,1	-32,3
VMVP				32,5		101,1		26,1		17,1

Quadro 3H – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_i^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,3	3,6	6,5	22,6	2,5	-30,6	1,7	-67,9	2,5	-30,6
Fev	5,1	3,0	6,1	19,6	2,2	-26,7	2,5	-51,0	3,0	0,0
Mar	5,5	3,4	6,4	16,4	2,4	-29,4	3,8	-30,9	4,7	38,2
Abr	6,1	3,1	6,3	3,3	2,5	-19,4	4,9	-19,7	4,6	48,4
Mai	6,1	3,6	6,5	6,6	2,3	-36,1	5,1	-16,4	4,6	27,8
Jun	5,7	2,4	6,3	10,5	2,4	0,0	5,3	-7,0	4,6	91,7
Jul	6,0	2,5	6,6	10,0	2,4	-4,0	5,1	-15,0	3,9	56,0
Ago	4,7	2,3	6,4	36,2	2,2	-4,3	5,1	8,5	4,5	95,7
Set	5,1	2,4	6,2	21,6	2,1	-12,5	4,7	-7,8	3,1	29,2
Out	4,6	2,4	6,6	43,5	2,3	-4,2	4,9	6,5	3,6	50,0
Nov	4,6	2,1	6,2	34,8	2,4	14,3	3,4	-26,1	3,1	47,6
Dez	5,2	4,0	6,2	19,2	2,3	-42,5	1,9	-63,5	2,3	-42,5
VMVP				20,4		18,7		26,7		46,5

(h)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,5	3,3	5,8	5,5	2,2	-33,3	1,8	-67,3	2,3	-30,3
Fev	5,7	3,6	5,9	3,5	2,2	-38,9	2,5	-56,1	2,8	-22,2
Mar	6,0	2,9	6,1	1,7	2,4	-17,2	3,5	-41,7	3,4	17,2
Abr	5,4	3,3	6,3	16,7	2,3	-30,3	5,6	3,7	7,4	124,2
Mai	4,9	4,6	6,3	28,6	2,1	-54,3	5,4	10,2	4,9	6,5
Jun	5,7	3,9	6,5	14,0	2,0	-48,7	6,0	5,3	6,0	53,8
Jul	3,5	2,0	6,4	82,9	2,1	5,0	6,2	77,1	6,8	240,0
Ago	5,6	2,2	6,4	14,3	2,0	-9,1	5,7	1,8	5,5	150,0
Set	4,2	2,5	6,4	52,4	2,1	-16,0	5,3	26,2	4,9	96,0
Out	5,0	3,4	6,2	24,0	2,1	-38,2	4,9	-2,0	4,4	29,4
Nov	5,8	4,5	6,1	5,2	2,2	-51,1	3,5	-39,7	3,9	-13,3
Dez	7,5	5,8	6,0	-20,0	2,3	-60,3	1,9	-74,7	2,1	-63,8
VMVP				22,4		33,6		33,8		70,6

(i)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	4,8	2,9	4,9	2,1	0,8	-72,4	1,8	-62,5	2,4	-17,2
Fev	5,5	3,3	4,9	-10,9	0,8	-75,8	2,5	-54,5	3,0	-9,1
Mar	5,5	3,7	4,8	-12,7	0,8	-78,4	3,5	-36,4	3,3	-10,8
Abr	5,0	2,5	4,9	-2,0	0,9	-64,0	4,9	-2,0	3,8	52,0
Mai	5,1	2,4	5,0	-2,0	0,8	-66,7	4,9	-3,9	3,4	41,7
Jun	5,4	3,5	5,3	-1,9	1,0	-71,4	5,4	0,0	4,8	37,1
Jul	4,4	1,8	5,4	22,7	1,0	-44,4	5,2	18,2	4,0	122,2
Ago	5,8	2,9	5,5	-5,2	1,0	-65,5	5,2	-10,3	4,2	44,8
Set	4,5	2,6	5,4	20,0	0,9	-65,4	4,8	6,7	3,1	19,2
Out	3,9	2,6	5,3	35,9	0,8	-69,2	4,9	25,6	3,8	46,2
Nov	5,6	4,1	4,9	-12,5	0,7	-82,9	3,6	-35,7	3,2	-22,0
Dez	5,4	5,2	4,8	-11,1	0,7	-86,5	2,0	-63,0	2,3	-55,8
VMVP				11,6		70,2		26,6		39,8

Quadro 4H – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_1^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_1^*	s	\bar{i}_1^*	δ	s	δ	\bar{i}_1^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,9	4,4	5,9	0,0	2,3	-47,7	1,8	-69,5	2,4	-45,5
Fev	6,5	4,1	5,9	-9,2	2,3	-43,9	2,6	-60,0	3,1	-24,4
Mar	5,6	3,7	6,1	8,9	2,4	-35,1	3,4	-39,3	3,3	-10,8
Abr	6,3	4,1	6,4	1,6	2,3	-43,9	5,0	-20,6	4,5	9,8
Mai	5,4	3,6	6,6	22,2	2,1	-41,7	5,5	1,9	5,4	50,0
Jun	7,1	3,8	6,5	-8,5	2,1	-44,7	5,8	-18,3	5,7	50,0
Jul	5,0	2,1	6,5	30,0	2,1	0,0	5,4	8,0	4,7	123,8
Ago	5,4	3,1	6,5	20,4	2,1	-32,3	5,3	-1,9	4,7	51,6
Set	5,6	2,7	6,5	16,1	2,1	-22,2	5,4	-3,6	5,4	100,0
Out	5,5	3,7	6,4	16,4	2,2	-40,5	5,2	-5,5	5,2	40,5
Nov	6,6	5,8	6,1	-7,6	2,3	-60,3	3,9	-40,9	4,6	-20,7
Dez	5,9	3,3	6,0	1,7	2,3	-30,3	2,0	-66,1	2,6	-21,2
VMVP				11,9		36,9		28,0		45,7

(k)

Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN			
	\bar{i}_1^*	s	\bar{i}_1^*	δ	s	δ	\bar{i}_1^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	7,0	5,3	6,1	-12,9	2,4	-54,7	1,7	-75,7	2,1	-60,4
Fev	6,2	5,4	6,0	-3,2	2,3	-57,4	2,5	-59,7	3,2	-40,7
Mar	6,2	4,1	6,1	-1,6	2,3	-43,9	3,5	-43,5	3,6	-12,2
Abr	6,2	4,3	6,4	3,2	2,4	-44,2	5,1	-17,7	4,6	7,0
Mai	6,2	5,9	6,5	4,8	2,1	-64,4	6,0	-3,2	5,4	-8,5
Jun	6,7	4,5	6,2	-7,5	2,0	-55,6	5,8	-13,4	5,6	24,4
Jul	6,0	4,5	6,7	11,7	2,2	-51,1	5,6	-6,7	5,8	28,9
Ago	7,2	4,6	6,7	-6,9	2,2	-52,2	5,2	-27,8	4,6	0,0
Set	7,2	4,7	6,5	-9,7	2,1	-55,3	5,8	-19,4	5,6	19,1
Out	5,4	3,6	6,3	16,7	2,2	-38,9	5,0	-7,4	4,0	11,1
Nov	6,3	4,7	6,1	-3,2	2,2	-53,2	3,6	-42,9	3,6	-23,4
Dez	6,4	4,7	6,0	-6,3	2,2	-53,2	2,0	-68,8	2,5	-46,8
VMVP				7,3		52,0		32,2		23,5

APÊNDICE I

Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada ($\overline{i_1^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE J

Quadro 11 – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_i^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,7	2,1	5,7	0,0	2,1	0,0
Fev	5,8	2,2	5,8	0,0	2,2	0,0
Mar	5,9	2,3	5,9	0,0	2,2	-4,3
Abr	6,2	2,5	6,2	0,0	2,5	0,0
Mai	6,4	2,4	6,4	0,0	2,4	0,0
Jun	6,3	2,2	6,4	1,6	2,2	0,0
Jul	6,3	2,3	6,3	0,0	2,3	0,0
Ago	6,3	2,2	6,3	0,0	2,2	0,0
Set	6,1	2,0	6,1	0,0	2,0	0,0
Out	6,3	2,4	6,4	1,6	2,3	-4,2
Nov	6,0	2,4	6,0	0,0	2,4	0,0
Dez	5,8	2,3	5,8	0,0	2,2	-4,3
VMVP				0,3		1,1

(b)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	6,1	2,4	6,0	-1,6	2,4	0,0
Fev	6,2	2,4	6,1	-1,6	2,4	0,0
Mar	6,0	2,4	5,9	-1,7	2,4	0,0
Abr	6,1	2,6	6,1	0,0	2,6	0,0
Mai	6,1	2,4	6,0	-1,6	2,4	0,0
Jun	5,9	2,4	5,8	-1,7	2,4	0,0
Jul	5,8	2,3	5,7	-1,7	2,3	0,0
Ago	6,1	2,4	6,0	-1,6	2,4	0,0
Set	5,5	1,9	5,4	-1,8	1,9	0,0
Out	6,2	2,4	6,1	-1,6	2,4	0,0
Nov	6,1	2,5	6,1	0,0	2,4	-4,0
Dez	6,0	2,4	6,0	0,0	2,3	-4,2
VMVP				1,3		0,7

(c)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	6,2	2,4	6,1	-1,6	2,3	-4,2
Fev	6,2	2,4	6,1	-1,6	2,4	0,0
Mar	5,9	2,2	5,9	0,0	2,2	0,0
Abr	6,1	2,4	6,1	0,0	2,4	0,0
Mai	6,1	2,2	6,1	0,0	2,2	0,0
Jun	6,1	2,2	6,1	0,0	2,2	0,0
Jul	6,0	2,1	6,0	0,0	2,1	0,0
Ago	5,9	1,9	5,9	0,0	1,9	0,0
Set	6,1	2,1	6,1	0,0	2,0	-4,8
Out	6,5	2,3	6,5	0,0	2,3	0,0
Nov	6,3	2,3	6,2	-1,6	2,3	0,0
Dez	5,9	2,2	5,8	-1,7	2,2	0,0
VMVP				0,5		0,7

Quadro 2I – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada ($\overline{i_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	$\overline{i_i^*}$	s	$\overline{i_i^*}$	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,8	2,2	5,9	1,7	2,3	4,5
Fev	6,0	2,3	6,0	0,0	2,3	0,0
Mar	5,7	2,1	5,8	1,8	2,2	4,8
Abr	6,4	2,5	6,4	0,0	2,5	0,0
Mai	6,4	2,3	6,4	0,0	2,4	4,3
Jun	6,3	2,1	6,3	0,0	2,2	4,8
Jul	6,5	2,3	6,5	0,0	2,4	4,3
Ago	6,4	2,1	6,4	0,0	2,2	4,8
Set	6,1	2,0	6,1	0,0	2,1	5,0
Out	6,3	2,2	6,3	0,0	2,3	4,5
Nov	6,2	2,4	6,3	1,6	2,5	4,2
Dez	6,1	2,4	6,1	0,0	2,5	4,2
VMVP				0,4		3,8

(e)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	$\overline{i_i^*}$	s	$\overline{i_i^*}$	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,6	2,2	5,7	1,8	2,2	0,0
Fev	5,8	2,2	5,8	0,0	2,2	0,0
Mar	6,0	2,3	6,0	0,0	2,3	0,0
Abr	5,9	2,0	6,0	1,7	2,0	0,0
Mai	5,7	1,8	5,7	0,0	1,8	0,0
Jun	6,1	1,8	6,2	1,6	1,8	0,0
Jul	6,1	2,3	6,2	1,6	2,3	0,0
Ago	5,3	1,2	5,3	0,0	1,3	8,3
Set	5,9	1,8	5,9	0,0	1,8	0,0
Out	5,8	2,0	5,8	0,0	2,0	0,0
Nov	5,6	2,0	5,7	1,8	2,0	0,0
Dez	5,7	2,2	5,8	1,8	2,2	0,0
VMVP				0,9		0,7

(f)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	$\overline{i_i^*}$	s	$\overline{i_i^*}$	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	4,5	0,7	4,6	2,2	0,8	14,3
Fev	4,6	0,8	4,7	2,2	0,8	0,0
Mar	4,5	0,7	4,6	2,2	0,7	0,0
Abr	4,7	0,9	4,7	0,0	0,9	0,0
Mai	4,8	0,7	4,9	2,1	0,8	14,3
Jun	4,9	0,8	4,9	0,0	0,8	0,0
Jul	5,0	0,8	5,1	2,0	0,9	12,5
Ago	5,2	0,9	5,3	1,9	1,0	11,1
Set	4,6	0,7	4,7	2,2	0,8	14,3
Out	4,8	0,7	4,9	2,1	0,8	14,3
Nov	4,5	0,7	4,6	2,2	0,7	0,0
Dez	4,5	0,7	4,5	0,0	0,7	0,0
VMVP				1,6		6,7

Quadro 2I – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_i^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	6,5	2,5	6,6	1,5	2,5	0,0
Fev	6,1	2,2	6,2	1,6	2,2	0,0
Mar	6,4	2,4	6,5	1,6	2,4	0,0
Abr	6,3	2,5	6,4	1,6	2,5	0,0
Mai	6,5	2,3	6,5	0,0	2,4	4,3
Jun	6,3	2,4	6,4	1,6	2,4	0,0
Jul	6,6	2,4	6,6	0,0	2,4	0,0
Ago	6,4	2,2	6,5	1,6	2,2	0,0
Set	6,2	2,1	6,3	1,6	2,1	0,0
Out	6,6	2,3	6,7	1,5	2,3	0,0
Nov	6,2	2,4	6,3	1,6	2,4	0,0
Dez	6,2	2,3	6,3	1,6	2,3	0,0
VMVP				1,3		0,4

(h)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,8	2,2	5,6	-3,4	2,1	-4,5
Fev	5,9	2,2	5,7	-3,4	2,1	-4,5
Mar	6,1	2,4	5,9	-3,3	2,3	-4,2
Abr	6,3	2,3	6,1	-3,2	2,2	-4,3
Mai	6,3	2,1	6,1	-3,2	2,0	-4,8
Jun	6,5	2,0	6,3	-3,1	1,9	-5,0
Jul	6,4	2,1	6,2	-3,1	2,0	-4,8
Ago	6,4	2,0	6,2	-3,1	1,9	-5,0
Set	6,4	2,1	6,2	-3,1	2,1	0,0
Out	6,2	2,1	6,0	-3,2	2,1	0,0
Nov	6,1	2,2	5,9	-3,3	2,1	-4,5
Dez	6,0	2,3	5,8	-3,3	2,2	-4,3
VMVP				3,2		3,8

(i)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	4,9	0,8	4,6	-6,1	0,8	0,0
Fev	4,9	0,8	4,7	-4,1	0,8	0,0
Mar	4,8	0,8	4,6	-4,2	0,7	-12,5
Abr	4,9	0,9	4,7	-4,1	0,9	0,0
Mai	5,0	0,8	4,9	-2,0	0,8	0,0
Jun	5,3	1,0	4,9	-7,5	0,8	-20,0
Jul	5,4	1,0	5,1	-5,6	0,9	-10,0
Ago	5,5	1,0	5,3	-3,6	1,0	0,0
Set	5,4	0,9	4,7	-13,0	0,8	-11,1
Out	5,3	0,8	4,9	-7,5	0,8	0,0
Nov	4,9	0,7	4,6	-6,1	0,7	0,0
Dez	4,8	0,7	4,5	-6,3	0,7	0,0
VMVP				5,8		4,5

Quadro 2I – Valores médios mensais da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (\bar{i}_i^*) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados gerados pelo CLIMABR, utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e específicos, variações percentuais (δ) em relação aos dados gerados utilizando os Parâmetros Δ , α , β e $\Gamma(\alpha)$ gerais e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	5,9	2,3	5,8	-1,7	2,3	0,0
Fev	5,9	2,3	5,8	-1,7	2,2	-4,3
Mar	6,1	2,4	6,0	-1,6	2,3	-4,2
Abr	6,4	2,3	6,3	-1,6	2,3	0,0
Mai	6,6	2,1	6,4	-3,0	2,1	0,0
Jun	6,5	2,1	6,4	-1,5	2,0	-4,8
Jul	6,5	2,1	6,3	-3,1	2,0	-4,8
Ago	6,5	2,1	6,3	-3,1	2,1	0,0
Set	6,5	2,1	6,4	-1,5	2,1	0,0
Out	6,4	2,2	6,3	-1,6	2,1	-4,5
Nov	6,1	2,3	6,0	-1,6	2,2	-4,3
Dez	6,0	2,3	5,9	-1,7	2,2	-4,3
VMVP				2,0		2,6

(k)

Meses	Parâmetros gerais		Parâmetros específicos da estação			
	\bar{i}_i^*	s	\bar{i}_i^*	δ	s	δ
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)
Jan	6,1	2,4	5,8	-4,9	2,3	-4,2
Fev	6,0	2,3	5,8	-3,3	2,2	-4,3
Mar	6,1	2,3	5,9	-3,3	2,2	-4,3
Abr	6,4	2,4	6,1	-4,7	2,3	-4,2
Mai	6,5	2,1	6,3	-3,1	2,0	-4,8
Jun	6,2	2,0	6,0	-3,2	1,9	-5,0
Jul	6,7	2,2	6,4	-4,5	2,1	-4,5
Ago	6,7	2,2	6,4	-4,5	2,1	-4,5
Set	6,5	2,1	6,2	-4,6	2,0	-4,8
Out	6,3	2,2	6,1	-3,2	2,1	-4,5
Nov	6,1	2,2	5,9	-3,3	2,1	-4,5
Dez	6,0	2,2	5,7	-5,0	2,1	-4,5
VMVP				4,0		4,5

APÊNDICE J

Valores médios mensais do tempo até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado ($\overline{t_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações estudadas.

APÊNDICE J

Quadro 1J – Valores médios mensais do tempo até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado ($\overline{t_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (a) Cachoeiras de Macacu (b) Capela Mayrink e (c) ELETROBRÁS

(a)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,29	0,26	0,32	10,3	0,26	0,0	0,31	6,9	0,26	0,0	
Fev	0,32	0,25	0,32	0,0	0,26	4,0	0,31	-3,1	0,25	0,0	
Mar	0,29	0,23	0,34	17,2	0,28	21,7	0,32	10,3	0,26	13,0	
Abr	0,31	0,26	0,33	6,5	0,27	3,8	0,30	-3,2	0,25	-3,8	
Mai	0,29	0,23	0,34	17,2	0,27	17,4	0,32	10,3	0,26	13,0	
Jun	0,25	0,20	0,32	28,0	0,26	30,0	0,33	32,0	0,27	35,0	
Jul	0,36	0,30	0,33	-8,3	0,27	-10,0	0,32	-11,1	0,27	-10,0	
Ago	0,42	0,29	0,32	-23,8	0,27	-6,9	0,32	-23,8	0,26	-10,3	
Set	0,35	0,28	0,32	-8,6	0,27	-3,6	0,30	-14,3	0,25	-10,7	
Out	0,34	0,28	0,32	-5,9	0,27	-3,6	0,30	-11,8	0,26	-7,1	
Nov	0,32	0,28	0,33	3,1	0,27	-3,6	0,32	0,0	0,26	-7,1	
Dez	0,31	0,25	0,33	6,5	0,27	8,0	0,32	3,2	0,26	4,0	
VMVP				11,3		9,4		10,8		9,5	

(b)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,36	0,28	0,32	-11,1	0,26	-7,1	0,35	-2,8	0,28	0,0	
Fev	0,33	0,22	0,32	-3,0	0,27	22,7	0,36	9,1	0,28	27,3	
Mar	0,38	0,30	0,34	-10,5	0,28	-6,7	0,37	-2,6	0,28	-6,7	
Abr	0,33	0,26	0,34	3,0	0,27	3,8	0,34	3,0	0,27	3,8	
Mai	0,42	0,31	0,33	-21,4	0,27	-12,9	0,37	-11,9	0,28	-9,7	
Jun	0,34	0,27	0,32	-5,9	0,26	-3,7	0,37	8,8	0,29	7,4	
Jul	0,33	0,29	0,33	0,0	0,27	-6,9	0,37	12,1	0,29	0,0	
Ago	0,40	0,31	0,32	-20,0	0,27	-12,9	0,36	-10,0	0,28	-9,7	
Set	0,32	0,29	0,32	0,0	0,27	-6,9	0,35	9,4	0,27	-6,9	
Out	0,36	0,28	0,33	-8,3	0,27	-3,6	0,34	-5,6	0,28	0,0	
Nov	0,37	0,28	0,33	-10,8	0,27	-3,6	0,36	-2,7	0,28	0,0	
Dez	0,35	0,28	0,33	-5,7	0,27	-3,6	0,36	2,9	0,28	0,0	
VMVP				8,3		7,9		6,7		6,0	

(c)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,30	0,27	0,32	6,7	0,26	-3,7	0,32	6,7	0,29	7,4	
Fev	0,30	0,26	0,32	6,7	0,27	3,8	0,34	13,3	0,29	11,5	
Mar	0,37	0,32	0,34	-8,1	0,28	-12,5	0,33	-10,8	0,29	-9,4	
Abr	0,29	0,30	0,33	13,8	0,27	-10,0	0,31	6,9	0,28	-6,7	
Mai	0,34	0,31	0,33	-2,9	0,27	-12,9	0,34	0,0	0,30	-3,2	
Jun	0,27	0,26	0,32	18,5	0,26	0,0	0,35	29,6	0,31	19,2	
Jul	0,38	0,31	0,32	-15,8	0,26	-16,1	0,34	-10,5	0,31	0,0	
Ago	0,35	0,29	0,32	-8,6	0,26	-10,3	0,34	-2,9	0,29	0,0	
Set	0,36	0,32	0,32	-11,1	0,27	-15,6	0,32	-11,1	0,28	-12,5	
Out	0,38	0,35	0,32	-15,8	0,27	-22,9	0,32	-15,8	0,29	-17,1	
Nov	0,32	0,29	0,33	3,1	0,27	-6,9	0,33	3,1	0,30	3,4	
Dez	0,32	0,29	0,33	3,1	0,27	-6,9	0,33	3,1	0,29	0,0	
VMVP				9,5		10,1		9,5		7,5	

Quadro 2J – Valores médios mensais do tempo até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado ($\overline{t_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (d) Escola União (e) Ilha dos Pombos e (f) Posto Garrafão

(d)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,29	0,26	0,32	10,3	0,26	0,0	0,30	3,4	0,26	0,0	
Fev	0,32	0,25	0,32	0,0	0,26	4,0	0,31	-3,1	0,25	0,0	
Mar	0,29	0,23	0,34	17,2	0,28	21,7	0,31	6,9	0,26	13,0	
Abr	0,31	0,26	0,33	6,5	0,27	3,8	0,30	-3,2	0,25	-3,8	
Mai	0,29	0,23	0,34	17,2	0,27	17,4	0,32	10,3	0,26	13,0	
Jun	0,25	0,20	0,32	28,0	0,26	30,0	0,33	32,0	0,27	35,0	
Jul	0,36	0,30	0,33	-8,3	0,27	-10,0	0,32	-11,1	0,27	-10,0	
Ago	0,42	0,29	0,32	-23,8	0,27	-6,9	0,31	-26,2	0,26	-10,3	
Set	0,35	0,28	0,32	-8,6	0,27	-3,6	0,30	-14,3	0,25	-10,7	
Out	0,34	0,28	0,32	-5,9	0,27	-3,6	0,30	-11,8	0,26	-7,1	
Nov	0,32	0,28	0,33	3,1	0,27	-3,6	0,32	0,0	0,26	-7,1	
Dez	0,31	0,25	0,33	6,5	0,27	8,0	0,31	0,0	0,26	4,0	
VMVP				11,3		9,4		10,2		9,5	

(e)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,34	0,28	0,32	-5,9	0,26	-7,1	0,32	-5,9	0,27	-3,6	
Fev	0,30	0,28	0,32	6,7	0,26	-7,1	0,33	10,0	0,27	-3,6	
Mar	0,29	0,25	0,34	17,2	0,28	12,0	0,33	13,8	0,27	8,0	
Abr	0,27	0,24	0,34	25,9	0,27	12,5	0,31	14,8	0,26	8,3	
Mai	0,40	0,27	0,34	-15,0	0,27	0,0	0,33	-17,5	0,27	0,0	
Jun	0,20	0,12	0,31	55,0	0,26	116,7	0,36	80,0	0,29	141,7	
Jul	0,21	0,11	0,30	42,9	0,26	136,4	0,34	61,9	0,29	163,6	
Ago	0,20	0,19	0,31	55,0	0,26	36,8	0,32	60,0	0,26	36,8	
Set	0,38	0,34	0,32	-15,8	0,26	-23,5	0,30	-21,1	0,26	-23,5	
Out	0,37	0,26	0,33	-10,8	0,27	3,8	0,31	-16,2	0,27	3,8	
Nov	0,31	0,27	0,33	6,5	0,27	0,0	0,33	6,5	0,27	0,0	
Dez	0,34	0,28	0,33	-2,9	0,27	-3,6	0,32	-5,9	0,27	-3,6	
VMVP				21,6		30,0		26,1		33,0	

(f)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,34	0,27	0,32	-5,9	0,26	-3,7	0,36	5,9	0,27	0,0	
Fev	0,35	0,26	0,32	-8,6	0,26	0,0	0,37	5,7	0,26	0,0	
Mar	0,37	0,26	0,34	-8,1	0,28	7,7	0,37	0,0	0,27	3,8	
Abr	0,34	0,25	0,33	-2,9	0,27	8,0	0,35	2,9	0,26	4,0	
Mai	0,32	0,26	0,34	6,3	0,27	3,8	0,37	15,6	0,27	3,8	
Jun	0,37	0,33	0,33	-10,8	0,27	-18,2	0,38	2,7	0,28	-15,2	
Jul	0,39	0,28	0,32	-17,9	0,27	-3,6	0,37	-5,1	0,28	0,0	
Ago	0,31	0,23	0,32	3,2	0,27	17,4	0,37	19,4	0,27	17,4	
Set	0,37	0,28	0,32	-13,5	0,27	-3,6	0,36	-2,7	0,26	-7,1	
Out	0,40	0,28	0,33	-17,5	0,27	-3,6	0,35	-12,5	0,27	-3,6	
Nov	0,41	0,28	0,33	-19,5	0,27	-3,6	0,37	-9,8	0,27	-3,6	
Dez	0,39	0,26	0,33	-15,4	0,27	3,8	0,37	-5,1	0,27	3,8	
VMVP				10,8		6,4		7,3		5,2	

Quadro 3J – Valores médios mensais do tempo até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado ($\overline{t_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (g) Rio Mole (h) Santa Cecília e (i) Tanguá

(g)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,36	0,22	0,32	-11,1	0,26	18,2	0,36	0,0	0,27	22,7	
Fev	0,28	0,24	0,32	14,3	0,26	8,3	0,37	32,1	0,27	12,5	
Mar	0,36	0,28	0,34	-5,6	0,28	0,0	0,36	0,0	0,27	-3,6	
Abr	0,36	0,24	0,34	-5,6	0,27	12,5	0,34	-5,6	0,26	8,3	
Mai	0,34	0,28	0,33	-2,9	0,27	-3,6	0,37	8,8	0,27	-3,6	
Jun	0,37	0,24	0,33	-10,8	0,26	8,3	0,38	2,7	0,28	16,7	
Jul	0,37	0,28	0,33	-10,8	0,27	-3,6	0,37	0,0	0,28	0,0	
Ago	0,38	0,29	0,32	-15,8	0,26	-10,3	0,37	-2,6	0,27	-6,9	
Set	0,42	0,31	0,32	-23,8	0,27	-12,9	0,35	-16,7	0,26	-16,1	
Out	0,39	0,31	0,33	-15,4	0,27	-12,9	0,34	-12,8	0,27	-12,9	
Nov	0,36	0,33	0,33	-8,3	0,27	-18,2	0,36	0,0	0,27	-18,2	
Dez	0,36	0,27	0,33	-8,3	0,27	0,0	0,36	0,0	0,27	0,0	
VMVP				11,1		9,1		6,8		10,1	

(h)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,29	0,27	0,32	10,3	0,26	-3,7	0,29	0,0	0,27	0,0	
Fev	0,28	0,25	0,32	14,3	0,27	8,0	0,30	7,1	0,27	8,0	
Mar	0,31	0,30	0,34	9,7	0,28	-6,7	0,31	0,0	0,27	-10,0	
Abr	0,27	0,25	0,33	22,2	0,27	8,0	0,28	3,7	0,26	4,0	
Mai	0,31	0,28	0,35	12,9	0,27	-3,6	0,31	0,0	0,28	0,0	
Jun	0,19	0,25	0,31	63,2	0,26	4,0	0,32	68,4	0,29	16,0	
Jul	0,31	0,31	0,32	3,2	0,26	-16,1	0,32	3,2	0,29	-6,5	
Ago	0,19	0,19	0,33	73,7	0,26	36,8	0,31	63,2	0,27	42,1	
Set	0,31	0,20	0,32	3,2	0,26	30,0	0,29	-6,5	0,27	35,0	
Out	0,38	0,32	0,33	-13,2	0,27	-15,6	0,29	-23,7	0,27	-15,6	
Nov	0,33	0,27	0,33	0,0	0,27	0,0	0,30	-9,1	0,28	3,7	
Dez	0,26	0,28	0,33	26,9	0,27	-3,6	0,30	15,4	0,28	0,0	
VMVP				21,1		11,3		16,7		11,7	

(i)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,34	0,26	0,32	-5,9	0,26	0,0	0,31	-8,8	0,26	0,0	
Fev	0,32	0,26	0,32	0,0	0,27	3,8	0,32	0,0	0,26	0,0	
Mar	0,28	0,25	0,34	21,4	0,28	12,0	0,32	14,3	0,26	4,0	
Abr	0,37	0,25	0,33	-10,8	0,27	8,0	0,30	-18,9	0,25	0,0	
Mai	0,33	0,30	0,34	3,0	0,27	-10,0	0,32	-3,0	0,27	-10,0	
Jun	0,22	0,25	0,32	45,5	0,26	4,0	0,33	50,0	0,28	12,0	
Jul	0,34	0,28	0,33	-2,9	0,27	-3,6	0,33	-2,9	0,28	0,0	
Ago	0,25	0,25	0,32	28,0	0,26	4,0	0,32	28,0	0,26	4,0	
Set	0,32	0,30	0,32	0,0	0,27	-10,0	0,30	-6,3	0,25	-16,7	
Out	0,31	0,27	0,33	6,5	0,27	0,0	0,30	-3,2	0,26	-3,7	
Nov	0,28	0,26	0,33	17,9	0,27	3,8	0,32	14,3	0,27	3,8	
Dez	0,33	0,25	0,33	0,0	0,27	8,0	0,32	-3,0	0,27	8,0	
VMVP				11,8		5,6		12,7		5,2	

Quadro 4J – Valores médios mensais do tempo até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizado ($\overline{t_i^*}$) e os respectivos desvios-padrão (s) dos dados observados e gerados pelo CLIMABR e pelo CLIGEN, variações percentuais (δ) em relação aos dados observados e o valor médio das variações percentuais (VMVP) para as estações: (j) Tocos e (k) Lajes

(j)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,29	0,23	0,32	10,3	0,26	13,0	0,29	0,0	0,25	8,7	
Fev	0,27	0,26	0,32	18,5	0,27	3,8	0,30	11,1	0,25	-3,8	
Mar	0,32	0,25	0,34	6,3	0,28	12,0	0,30	-6,3	0,25	0,0	
Abr	0,27	0,26	0,33	22,2	0,27	3,8	0,29	7,4	0,24	-7,7	
Mai	0,28	0,25	0,34	21,4	0,27	8,0	0,31	10,7	0,26	4,0	
Jun	0,26	0,26	0,31	19,2	0,26	0,0	0,32	23,1	0,27	3,8	
Jul	0,30	0,26	0,32	6,7	0,27	3,8	0,32	6,7	0,27	3,8	
Ago	0,34	0,30	0,32	-5,9	0,26	-13,3	0,31	-8,8	0,25	-16,7	
Set	0,36	0,25	0,32	-11,1	0,26	4,0	0,29	-19,4	0,24	-4,0	
Out	0,29	0,23	0,32	10,3	0,27	17,4	0,29	0,0	0,25	8,7	
Nov	0,30	0,27	0,33	10,0	0,27	0,0	0,30	0,0	0,26	-3,7	
Dez	0,31	0,27	0,33	6,5	0,27	0,0	0,30	-3,2	0,26	-3,7	
VMVP				12,4		6,6		8,1		5,7	

(k)											
Meses	Observado		CLIMABR				CLIGEN				
	$\overline{t_i^*}$	s	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	$\overline{t_i^*}$	δ	s	δ	
	(decimal)	(decimal)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	(decimal)	(%)	
Jan	0,27	0,24	0,32	18,5	0,26	8,3	0,28	3,7	0,25	4,2	
Fev	0,34	0,30	0,32	-5,9	0,27	-10,0	0,29	-14,7	0,25	-16,7	
Mar	0,27	0,23	0,34	25,9	0,28	21,7	0,29	7,4	0,25	8,7	
Abr	0,34	0,25	0,33	-2,9	0,27	8,0	0,26	-23,5	0,24	-4,0	
Mai	0,36	0,32	0,34	-5,6	0,27	-15,6	0,29	-19,4	0,26	-18,8	
Jun	0,24	0,26	0,32	33,3	0,27	3,8	0,31	29,2	0,27	3,8	
Jul	0,23	0,24	0,32	39,1	0,27	12,5	0,30	30,4	0,27	12,5	
Ago	0,31	0,31	0,32	3,2	0,26	-16,1	0,29	-6,5	0,26	-16,1	
Set	0,38	0,32	0,32	-15,8	0,27	-15,6	0,28	-26,3	0,25	-21,9	
Out	0,30	0,25	0,32	6,7	0,27	8,0	0,27	-10,0	0,26	4,0	
Nov	0,27	0,27	0,33	22,2	0,27	0,0	0,29	7,4	0,26	-3,7	
Dez	0,23	0,22	0,33	43,5	0,27	22,7	0,28	21,7	0,26	18,2	
VMVP				18,6		11,9		16,7		11,0	