

LUIZ GUSTAVO NASCENTES BAENA

**MODELO PARA GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE DADOS
CLIMÁTICOS**

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
2004

LUIZ GUSTAVO NASCENTES BAENA

**MODELO PARA GERAÇÃO DE SÉRIES SINTÉTICAS DE DADOS
CLIMÁTICOS**

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: 18 de outubro de 2004.

Prof. Demetrius David da Silva
(Conselheiro)

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama
(Conselheiro)

Prof. Vicente de Paulo S. de Oliveira

Dr. José Márcio Alves da Silva

Prof. Fernando Falco Pruski
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Deus, por me dar saúde, esperança, alegria e humildade, qualidades indispensáveis para conseguir caminhar na direção certa.

Aos meus pais Luiz Reinaldo e Adelina e aos meus irmãos Daniel, Ana Carolina e Ana Paula, pelo carinho e pela força transmitidos em todos os momentos, apesar da distância sempre sentida.

À Cássia, pelo amor, paciência, apoio e compreensão em todos os momentos.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao CNPq/CT-HIDRO, pela bolsa de estudo concedida.

À Agência Nacional de Águas – ANA e ao Instituto Nacional de Meteorologia, pelo fornecimento dos dados necessários à realização do estudo.

Ao Professor Fernando Falco Pruski, pela amizade, incentivo e conselhos, pelo apoio profissional e, acima de tudo, pela excelente orientação desde a época da graduação.

Ao Professor Demetrius David da Silva pela amizade, atenção, orientação e confiança demonstradas durante a realização deste trabalho.

Ao Professor Gilberto Chohaku Sediyaama, pelos conselhos, atenção e orientação demonstrados ao longo do curso.

Aos meus avós e toda a família, pelo carinho e pelas orações.

Aos estagiários e bolsistas de iniciação científica que colaboraram com este trabalho, em particular Fabiana, Josiane e Vitor, pelo convívio e pela ajuda.

Aos grandes amigos e companheiros de república, Alisson (Sumido), Givanildo (Giva), Juliano (Jubão), Luís Tomás, Tiago (Fião), Marco Fábio, Rodrigo (Suaio), Carlos, Leozinho, Leandro, Ernesto (Ibisco) e Pablo (Saci).

Aos grandes amigos da turma dos Tranqueiras, pelos grandes momentos que jamais serão esquecidos.

Ao pessoal do GPRH, Michel, Alessandro, Flávio, José Márcio, Luciano, Ricardo, Douglas, Herony, Roberto, Sílvio, Renata, Tomás e Viviane, pela amizade, convivência e conselhos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo suporte e dedicação.

A todos os demais amigos, professores e funcionários que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

LUIZ GUSTAVO NASCENTES BAENA, filho de Luiz Reinaldo Baena e Adelina Maria Nascentes Baena, nasceu em Brasília - DF, em 26 de julho de 1977.

Em outubro de 2000, concluiu o curso de graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Em novembro de 2000 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na área de Irrigação e Drenagem, na Universidade Federal de Viçosa – UFV, concluindo-o em agosto de 2002.

Em setembro de 2002 iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, na área de concentração de Recursos Hídricos e Ambientais, na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiii
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Clima: fatores que o afetam e importância de seu estudo.....	3
2.2. Regiões homogêneas em termos de precipitação no Brasil.....	7
2.3. Geradores climáticos.....	11
2.3.1. Precipitação.....	15
2.3.1.1. Duração efetiva.....	18
2.3.1.2. Intensidade máxima instantânea.....	19
2.3.1.3. Tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação.....	21
2.3.2. Temperaturas máxima e mínima e radiação solar.....	21
2.3.3. Velocidade do vento.....	23
2.3.4. Umidade relativa.....	23
2.4. Validação de modelos.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27

3.1. Base de dados.....	28
3.1.1. Registros pluviométricos.....	29
3.1.2. Registros pluviográficos.....	29
3.1.3. Registros de temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa.....	30
3.2. Modelo para geração de séries sintéticas de dados climáticos.....	31
3.2.1. Precipitação.....	31
3.2.1.1. Regiões homogêneas em termos de precipitação no Brasil.....	32
3.2.1.2. Duração da precipitação.....	35
3.2.1.3. Intensidade máxima instantânea de precipitação.....	39
3.2.1.4. Tempo de pico padronizado.....	40
3.2.1.5. Perfil de precipitação.....	40
3.2.2. Temperaturas máxima e mínima e radiação solar.....	41
3.2.3. Velocidade do vento.....	44
3.2.4. Umidade relativa do ar.....	44
3.2.5. Validação do modelo.....	45
3.3. Aperfeiçoamento do software ClimaBR.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1. Perfil de precipitação.....	52
4.1.1. Duração efetiva.....	53
4.1.2. Intensidade de pico.....	60
4.1.3. Tempo de pico padronizado.....	64
4.1.4. Associação entre as variáveis relativas ao perfil de precipitação e o total precipitado.....	68
4.2. Temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e	69

4.2.1. Temperatura máxima.....	69
4.2.2. Temperatura mínima.....	75
4.2.3. Radiação solar.....	80
4.2.4. Velocidade do vento.....	86
4.2.5. Umidade relativa.....	91
4.2.6. Associação entre as variáveis.....	95
4.2.7. Associação entre cada variável e a precipitação.....	100
4.2.8. Avaliação geral do modelo.....	103
4.3. Software ClimaBR 2.0.....	104
4.3.1. Entrada de dados.....	105
4.3.2. Configurações do sistema.....	107
4.3.3. Resultados.....	107
5. CONCLUSÕES.....	110
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
APÊNDICES.....	122
APÊNDICE A.....	123
APÊNDICE B.....	136
APÊNDICE C.....	141
APÊNDICE D.....	143
APÊNDICE E.....	145
APÊNDICE F.....	147
APÊNDICE G.....	149
APÊNDICE H.....	151
APÊNDICE I.....	153

LISTA DE SÍMBOLOS

α = parâmetro de posição de x

$\alpha_{0,5}$ = razão entre os valores do máximo total precipitado em meia hora e a precipitação diária, adimensional

β = parâmetro de escala de x

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

$\epsilon_{T_{\text{máx}}} \epsilon_{T_{\text{mín}}} \epsilon_{\text{RAD}}$ = números aleatórios independentes para a temperatura máxima, temperatura mínima e radiação solar, respectivamente, adimensionais

$\Gamma(\alpha)$ = função gama do parâmetro α

= inverso da média dos valores do tempo de pico padronizado

μ = média mensal do total precipitado diário, mm

$\bar{\imath}_1$ = média dos dados observados de umidade relativa, %

$\bar{\imath}_2$ = variância dos dados observados de umidade relativa, %

= parâmetro de forma da distribuição gama, adimensional

$\sigma_{\text{máx}}$ e $\sigma_{\text{mín}}$ = desvio padrão das séries observadas de temperatura máxima e

mínima, respectivamente, °C

σ_{rad} = desvio padrão da série observada de radiação solar, J/m^2

a e b = coeficientes empíricos, obtidos por análise de regressão linear para uma determinada localidade, adimensionais

a_f, b_f, c_f, d_f = parâmetros de ajuste da função dupla-exponencial

A e B = matrizes de ordem três que consideram o grau de correlação entre as variáveis

c = índice de confiança

d = índice de concordância

D = duração do evento, h

ERP = erro relativo percentual, %

E = valor estimado pelo modelo

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

i = intensidade de precipitação

i_p = intensidade máxima instantânea de precipitação, mm h^{-1}

i_i^* = intensidade padronizada, adimensional

M_0 = matriz de correlação entre as variáveis sem defasagem

M_1 = matriz de correlação considerando-se uma defasagem de um dia entre as variáveis consideradas

MERP = módulo dos erros relativos percentuais

n = duração do brilho solar observado, h

N = duração astronômica do fotoperíodo, h

O = valor observado

$\bar{O}$ = média dos valores observados

p e q = parâmetros da distribuição beta

PT = precipitação total diária, mm

r = coeficiente de correlação

RAD = radiação solar global diária sobre uma superfície horizontal ao nível do solo,
J/m²

$\overline{\text{RAD}}$ = média da série observada de radiação solar, J/m²

R₀ = irradiância solar global diária no topo da atmosfera, J/m²

s = desvio padrão do total precipitado diário

s_j = desvio padrão da variável climática antes da correção

s_{jc} = desvio padrão da variável climática com média corrigida

ST_{po} = desvio padrão da temperatura do ponto de orvalho

T_{dp} = temperatura diária do ponto de orvalho, °C

T_{dpo} = média mensal da temperatura do ponto de orvalho, °C

t_i^{*} = tempo padronizado, adimensional

T_{máx} e T_{mín} = valores de temperaturas máxima e mínima geradas para cada dia da
série sintética, °C

$\overline{T}_{\text{máx}}$ e $\overline{T}_{\text{mín}}$ = média das séries observadas de temperaturas máxima e mínima, °C;

T'_{máx}, T'_{mín} e RAD' = resíduos gerados para cada variável, adimensionais

T'_{máx,-1}, T'_{mín,-1} e RAD'₋₁ = resíduos para o dia anterior

U = variável adimensional que varia entre 0 e 1 e expressa a frequência de
ocorrência da velocidade do vento

UR = umidade relativa, %

v = variável normal padronizada, adimensional

VV = velocidade média diária do vento, m/s

V_p = velocidade do vento na frequência de pico

x' = variável normal padrão, adimensional

x = variável aleatória contínua

X' = variável climática com média corrigida

$\bar{x}_j$ = média mensal da série gerada da variável climática

$\bar{x}_{jc}$ = média mensal observada da variável climática

X = valor diário da variável climática a ser corrigida

X_c = variável climática corrigida, mm

RESUMO

BAENA, Luiz Gustavo Nascentes. D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2004.
Modelo para geração de séries sintéticas de dados climáticos. Orientador: Fernando Falco Pruski. Conselheiros: Demetrius David da Silva e Gilberto Chohaku Sedyama.

Neste trabalho desenvolveu-se um modelo, e um software a ele associado, para a geração de séries sintéticas de dados climáticos, por meio do aprimoramento da metodologia para a geração das variáveis associadas ao perfil da precipitação utilizada no modelo para geração de séries sintéticas de precipitação (ClimaBR) e do desenvolvimento de um modelo para geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa. Para a geração da duração, intensidade máxima instantânea e tempo para sua ocorrência foram estabelecidas sete regiões homogêneas em termos de precipitação, para as quais determinou-se os parâmetros de entrada necessários para a geração de cada variável. Utilizou-se a distribuição gama para a geração da duração e da intensidade máxima instantânea da precipitação, e a exponencial para a geração do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea. Os parâmetros de cada distribuição foram obtidos conforme o mês e a faixa de total precipitado para se considerar a influência da época do ano e a correlação entre as variáveis e o total precipitado. As temperaturas máxima e mínima e a radiação solar foram geradas de forma conjunta, considerando o alto grau de associação existente entre elas, sendo considerada ainda a condição do dia (seca ou chuvosa). A velocidade do vento e a umidade relativa foram geradas com base nas distribuições de probabilidade Pearson tipo III normalizada e beta, respectivamente, sendo também considerada na sua geração a

condição do dia. A avaliação do desempenho do modelo foi feita comparando-se os dados gerados pelo modelo com os observados, analisando-se o erro relativo percentual, o índice de confiança, o coeficiente de correlação da reta de regressão linear e os testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado. Os erros relativos percentuais variaram entre 5 e 30% para as variáveis associadas ao perfil de precipitação, sendo observados valores mais baixos nos meses mais chuvosos. O índice de confiança também apresentou resultados muito bons para esta variável, variando entre 0,64 e 0,99 nas sete regiões homogêneas, sendo ainda que os testes de aderência aplicados às distribuições de frequência dos eventos observados e gerados foram significativos em todas as regiões. Com relação às temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa, os resultados foram ainda mais expressivos, com o erro relativo percentual variando entre 1 e 10%, o índice de confiança sempre superior a 0,75 e os testes de aderência significativos. As correlações entre as variáveis geradas de forma conjunta no modelo multivariado foram mantidas, porém o modelo não representou bem a expressiva correlação da temperatura máxima e da radiação solar com a umidade relativa. Além disso, apesar do modelo ter apresentado resultados muito bons quanto à relação de cada variável com a condição do dia, a correlação com o total precipitado não foi bem representada. O modelo computacional desenvolvido, denominado ClimaBR 2.0, que emprega os aprimoramentos e desenvolvimentos realizados, permite a seleção de estações pluviométricas e climatológicas a partir de um banco de dados de fácil manipulação, possibilitando então a geração de séries sintéticas de dados climáticos para diversas localidades do Brasil.

ABSTRACT

BAENA, Luiz Gustavo Nascentes. D.S., Universidade Federal de Viçosa, October 2004.
Model for generating sintetic series of climatic data. Adviser: Fernando Falco Pruski. Committee Members: Demetrius David of Silva and Gilberto Chohaku Sedyama.

A new climate generator was developed to generate synthetic series of precipitation, maximum and minimum temperatures, solar radiation, wind speed and relative humidity.

The parameters associated to the precipitation profile were calculated to seven precipitation homogeneous regions. Event duration and instantaneous maximum precipitation were represented with a gamma distribution, while the time from the beginning of the event to peak intensity was represented with an exponential distribution. The parameters of each distribution were obtained for each month and each group of precipitation amount, in order to consider the influence of the station of the year and the correlation among the variables associated to the precipitation profile and the precipitation amount.

The maximum and minimum temperatures and the solar radiation were generated simultaneously, to consider the high correlation observed between these variables. The wind speed and the relative humidity were described by the Pearson tipo III and beta distributions, respectively. All the five climatic variables were conditioned on the wet/dry status of the present day.

The validation of the model was done comparing the generated data with the observed one, analysing the relative error, agreement index, correlation coefficient of a least-squares regression and the Kolmogorov-Smirnov and chi-square goodness of fit tests.

The relative errors had varied between 5 to 30% for the variables associated to the precipitation profile. It was observed lower values on the rainy days. The agreement index showed good results for this variable too, varying between 0,64 to 0,99 in the seven homogeneous regions. The K-S and chi-square tests were significant in all regions. The results to the maximum and minimum temperatures, solar radiation, wind speed and relative humidity were still more satisfactory, with the relative error varying between 1 and 10%, the agreement index allways higher than 0,75 and the goodness of fit tests significant. The correlations among the variables included in the multivariate process were maintained; however the model didn't represent the high correlation observed between the maximum temperature and the solar radiation with the relative humidity. Moreover the model presented good results to the relation of each variable with the wet/dry status of the day, the correlation with the precipitation amount was not preserved. The software ClimaBR allows the selection of pluviometric and climatologic stations from a data base, making possible the generation of synthetic series of climate data.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de modelos para geração de séries sintéticas de dados climáticos a partir de séries históricas é de grande importância para a avaliação de sistemas agronômicos e a simulação do comportamento de sistemas hidrológicos. Na literatura existente sobre o assunto são apresentados vários modelos para geração de séries sintéticas de dados climáticos, sendo, dentre estes, os de uso mais generalizado o CLIGEN (Climate Generator), o WGEN (Weather Generator), o WXGEN (componente do modelo EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator), o WEATHERMAN e o USCLIMATE.

A aplicação e o ajuste dos parâmetros destes modelos à realidade brasileira tem sido um desafio para os profissionais e pesquisadores da área, devido às grandes diferenças entre as condições edafoclimáticas para as quais estes modelos foram desenvolvidos e as brasileiras.

OLIVEIRA (2003), visando superar estas limitações, desenvolveu uma metodologia para geração de séries sintéticas de precipitação diária baseando-se em condições pluviométricas de algumas localidades brasileiras, enquanto que ZANETTI (2003) desenvolveu um modelo computacional, denominado ClimaBR, que permite a aplicação desta metodologia. Este software permite gerar dados diários de precipitação, incluindo informações da lâmina precipitada, duração, intensidade máxima instantânea e seu tempo de ocorrência, para os eventos gerados, além do perfil instantâneo dos mesmos.

Embora o gerador de séries sintéticas de precipitação (ClimaBR) desenvolvido por OLIVEIRA (2003) e ZANETTI (2003) tenha apresentado resultados que superaram aqueles obtidos por alguns geradores climáticos de uso generalizado mundialmente, foi evidenciado que este modelo ainda necessita de alguns aprimoramentos com relação às variáveis associadas ao perfil da precipitação. Além disso, visando o aumento de sua versatilidade, foi recomendado pelos autores que este modelo também necessitava da inclusão de procedimentos que permitissem a geração de outros elementos climáticos, como temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Além disso, devido ao fato do modelo ter sido testado somente para estações localizadas no Estado do Rio de Janeiro, é necessário que se proceda a geração de um banco de dados que permita a sua aplicação em todo o Brasil.

Considerando estas necessidades, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo para a geração de séries sintéticas de dados climáticos que considere as condições climáticas brasileiras, buscando-se, para tanto:

- aprimorar o modelo desenvolvido por OLIVEIRA (2003), com relação às variáveis associadas ao perfil de precipitação;
- desenvolver um modelo para geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento; e
- aprimorar o software ClimaBR.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Clima: fatores que o afetam e importância de seu estudo

O clima de uma determinada região é representado pelo conjunto de condições meteorológicas que caracterizam o estado médio da atmosfera neste local (MORENO, 2001). Desta forma, o clima é o principal fator de mudanças na superfície terrestre, sendo o seu estudo fundamental para o uso racional dos recursos naturais e para o planejamento do uso da terra.

Os principais elementos climáticos, segundo OMETTO (1981) e VIANELLO e ALVES (1991), são: precipitação, temperatura do ar, radiação solar, umidade atmosférica, vento e pressão atmosférica. Esses elementos atuam de forma associada sobre diversos processos fisiológicos das plantas, tais como: fotossíntese, evapotranspiração e, conseqüentemente, produção de matéria seca, exercendo considerável influência no seu crescimento e desenvolvimento e ainda no aparecimento de doenças (SILVA, 2001). São ainda essenciais em estudos de evaporação em lagos, erosão do solo, necessidade de irrigação e na determinação de índices de conforto para o homem e para os animais, entre outros.

Diversos tipos de estudos necessitam ainda de informações sobre elementos climáticos específicos, podendo-se citar: a) ocorrência de geadas, que necessita de informações sobre a temperatura do ar; b) projetos arquitetônicos, de iluminação e de engenharia industrial, que requerem informações sobre a radiação solar; c)

exploração de energia eólica, análise de acamamento de plantas e de deformação da paisagem, que necessitam de informações sobre o vento; e d) processos industriais e agrícolas diversos, relacionados a papel e celulose, pinturas, madeira, materiais têxteis, instrumentos de precisão e colheita e armazenagem de grãos, que são muito sensíveis à umidade do ambiente.

Especial destaque deve ser dedicado ao estudo da precipitação que, dependendo da sua quantidade e intensidade, pode determinar o sucesso ou o fracasso de um empreendimento, seja ele agrícola ou não. A quantidade de precipitação que incide numa bacia hidrográfica durante o ano é um dado determinante para quantificar a disponibilidade de água para o abastecimento doméstico, industrial e irrigação. No dimensionamento de obras hidráulicas, como drenos, vertedouros de barragens, diques de proteção contra cheias e bueiros de estradas, entretanto, é necessário o estudo das chuvas intensas ocorridas no local (BELTRAME, 1991).

A ocorrência de precipitações de grande intensidade e/ou de longa duração tem causado grandes transtornos, tais como enchentes e deslizamentos de encostas, que causam, como consequência, o desalojamento de famílias e, até mesmo, um grande número de mortes (COSTA, 2001).

A chuva é também o principal agente que intervém no processo erosivo do solo. O potencial erosivo da chuva, para cada localidade, é decorrente das características individuais de cada chuva, sendo que o perfil da precipitação é tão importante quanto o volume total, uma vez que duas localidades sujeitas ao mesmo total anual precipitado poderão ter expressivas diferenças nas perdas de solo, visto que numa região as precipitações poderão ser compostas por chuvas frequentes de baixa intensidade, enquanto na outra duas ou três chuvas de alta intensidade poderão representar uma grande percentagem da precipitação total (WISCHMEIER, 1962). EDWARDS e OWENS (1991), em estudo realizado utilizando informações relacionadas às perdas de solo correspondentes a 28 anos de registros em nove bacias hidrográficas situadas nos Estados Unidos, constataram que as cinco chuvas mais erosivas em cada bacia foram responsáveis por mais de 65% da perda de solo

medida em todas as bacias no período, chegando, em uma destas bacias, a atingir 85% das perdas que ocorreram no período estudado.

A classificação das precipitações está relacionada com as condições que provocam a elevação da massa de ar úmida à altitude onde ocorre a condensação dessa umidade. Em função destas condições as precipitações podem ser do tipo orográfica, convectiva ou frontal. As chuvas orográficas resultam da ascensão mecânica de correntes de ar úmido sobre barreiras naturais, como as montanhas, sendo típicas de regiões costeiras, cobrindo pequenas áreas e apresentando intensidade baixa a moderada e grande duração (VILLELA e MATTOS, 1975). As chuvas convectivas são típicas de regiões tropicais. Sua formação ocorre por meio do aquecimento desigual da superfície terrestre, provocando o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável. Essas chuvas se caracterizam por grande intensidade e curta duração e por serem concentradas em pequenas áreas. As chuvas frontais estão associadas ao movimento de massas de ar de regiões de alta para baixa pressão. As chuvas são de longa duração e apresentam intensidade baixa a moderada, espalhando-se por grandes áreas, sendo as diferenças de pressão que as originam causadas pelo aquecimento desigual da superfície terrestre.

A temperatura do ar tem estreita relação com o estado energético da atmosfera. A temperatura mínima do ar ocorre poucos minutos depois do nascimento do sol e a temperatura máxima por volta das 14 horas. O cálculo mais simples da temperatura média do dia é pela média aritmética das temperaturas diárias máxima e mínima do período, entretanto, este valor isolado da temperatura média esconde a informação da amplitude de variação deste elemento.

A radiação solar é responsável por praticamente todos os processos físicos e biológicos ocorridos na Terra. Este elemento é dependente da latitude, longitude, altitude, inclinação da superfície e dos ângulos zenital e azimutal. Ao penetrar na atmosfera a energia radiante está sujeita à atenuação causada por fatores físicos como: quantidade de vapor d'água na atmosfera, níveis de poluentes, conteúdo de ozônio e nebulosidade (SARAIVA, 1976).

A determinação radiação solar é feita com pireliômetros e piranômetros e os registros correspondentes são armazenados em estações meteorológicas, entretanto, em razão do alto custo destes instrumentos, a radiação solar é normalmente calculada a partir de dados do número de horas de brilho solar, que são mais facilmente obtidos.

O vento é responsável, direta ou indiretamente, pela formação e transporte de nuvens e de massas de ar quente e frio de uma região para outra, sendo caracterizado por sua direção e velocidade. O comportamento do vento é bastante variável, em função da situação geográfica do local, da rugosidade da superfície, do relevo, da vegetação e da época do ano (OLIVEIRA, 1986). A velocidade do vento varia segundo as horas do dia, sendo pequena durante a noite e máxima entre 12 e 14 h. Além disso, aumenta com a altura, sendo que nos observatórios meteorológicos a medição é feita entre 8 e 10 metros de altura.

A umidade atmosférica, quantidade de vapor de água encontrado na atmosfera em determinado instante, pode ser expressa em números absolutos (g/cm^3) ou relativos (%). Seu valor é bastante variável ao longo do dia, tendendo a apresentar valores relativos mais baixos entre 12 e 14 horas.

O comportamento dos elementos climáticos em uma região está associado a fatores climáticos diversos, como, por exemplo, a latitude, que influi na distribuição desigual das temperaturas no globo terrestre, sendo que quanto maior o seu valor, menores serão as médias térmicas anuais, devido à menor incidência dos raios solares. A distância do mar ou de outras fontes de água é um outro fator que influencia o comportamento dos elementos climáticos, esperando-se uma redução da precipitação com o aumento desta distância. A altitude influi na distribuição das precipitações, que tendem a aumentar (até certo limite) com o aumento da altitude, influenciando também na temperatura, sendo que quanto maior a altitude, menor a temperatura. A orientação das encostas é um outro fator interveniente no clima já que o fato de uma encosta estar mais ou menos exposta aos ventos tem reflexos nas quantidades precipitadas. Outro fator que também exerce grande influência no clima é a vegetação, uma vez que esta condiciona o processo de evapotranspiração e, conseqüentemente, a umidade atmosférica (LEE, 1967).

2.2. Regiões homogêneas em termos de precipitação no Brasil

A caracterização das chuvas para regiões hidrologicamente homogêneas permite a otimização das informações disponibilizadas pelas estações hidrométricas existentes, tornando possíveis os mais diversos estudos hidrológicos, sendo que para a correta delimitação destas regiões em termos de precipitação é necessário que se conheça preliminarmente o clima da região em estudo.

Existem diversas proposições de classificação climática, sendo que estas permitem a identificação de condições climáticas capazes de distinguir uma região das outras que a circundam (MOREIRA, 1997). O critério de classificação de Köppen é o mais conhecido e geralmente usado (Figura 1). Arthur Sthraler, citado por SENE e MOREIRA (1998), visando uma classificação climática mais simplificada, propõe a representação apresentada na Figura 2.

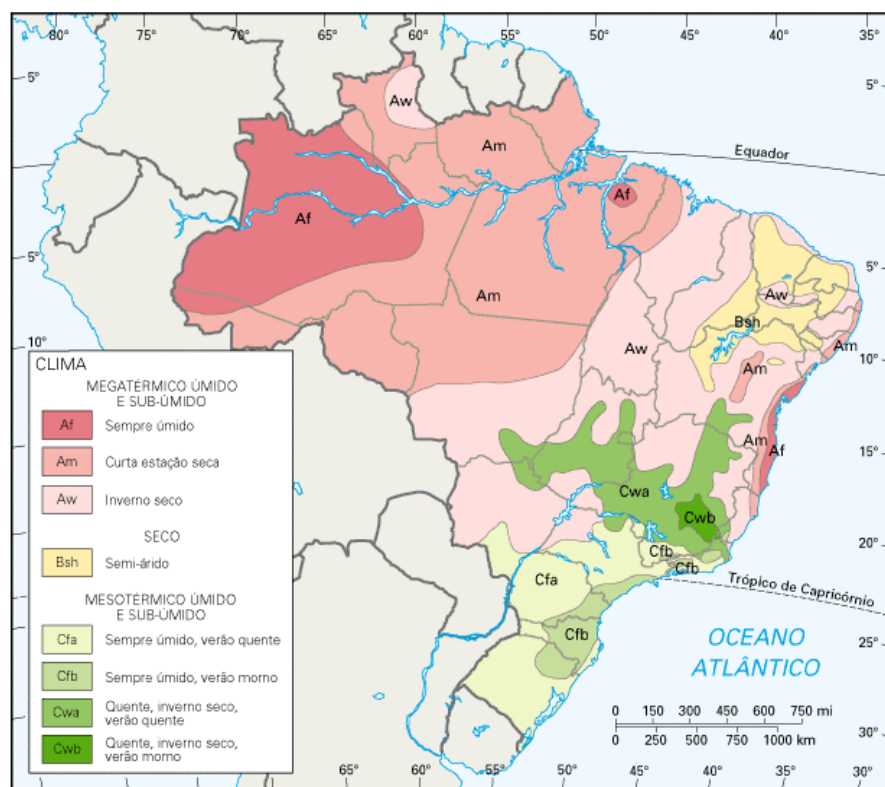


Figura 1. Classificação climática para o Brasil segundo o critério de Köppen (GUIANET, 2004).

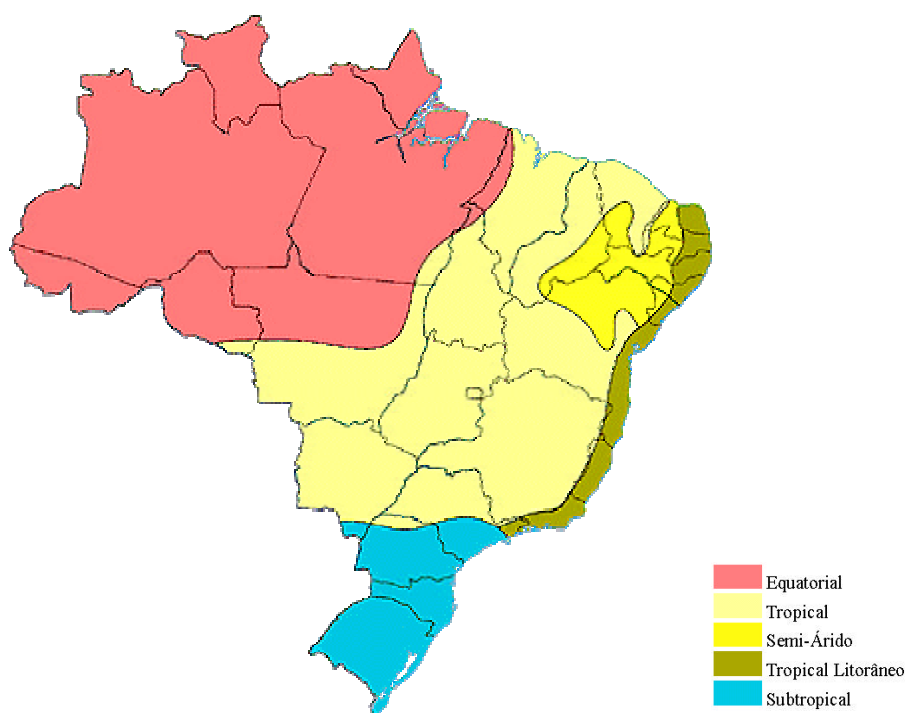


Figura 2. Classificação climática para o Brasil segundo o critério de Arthur Sthraler (SENE e MOREIRA, 1998).

Os tipos de clima de ocorrência no Brasil podem ser generalizados, segundo a classificação climática de Arthur Sthraler, em cinco tipos: equatorial, tropical, tropical litorâneo, semi-árido e subtropical, sendo que o clima tropical pode ser desmembrado ainda em tropical e tropical de altitude.

O clima equatorial ocorre principalmente na região amazônica, com temperaturas médias variando entre 24 e 26° C e amplitude térmica anual de até 3° C. As chuvas são abundantes (mais de 2.500 mm/ano) e regulares, causadas pela ação da massa equatorial continental. No inverno, a região pode receber frentes frias originárias da massa polar atlântica.

O clima tropical é o predominante nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste, sendo caracterizado por uma alternância bem definida entre a estação seca e a estação chuvosa. O verão é quente e úmido e o inverno, frio e seco, com temperaturas médias que excedem os 20° C e amplitude térmica anual de até 7° C. As chuvas variam de 1.000 a 1.500 mm/ano. Existem duas ramificações do clima tropical encontradas no Brasil: o tropical de altitude e o tropical litorâneo. O clima

tropical de altitude predomina nas partes altas da região Sudeste, estendendo-se pelo norte do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul. Apresenta temperaturas médias entre 18 e 22° C e amplitude térmica anual entre 7 e 9° C. O comportamento pluviométrico é semelhante ao do clima tropical. As chuvas de verão são mais intensas devido à ação da massa tropical atlântica. No inverno as frentes frias originárias da massa polar atlântica provocam geadas. Já o clima tropical litorâneo se estende pela faixa litorânea que vai da Paraíba ao Paraná. As temperaturas variam entre 18° C e 26° C, com amplitudes térmicas crescentes conforme se avança para o sul e precipitações médias de 1.500 mm/ano. No litoral do Sudeste as chuvas intensificam-se no verão, enquanto mais ao norte são mais fortes no outono e no inverno.

O clima semi-árido ocorre no sertão do Nordeste, penetrando pelo médio São Francisco e chegando ao litoral, ao Norte do Ceará. Caracteriza-se por temperaturas médias em torno de 27° C e amplitude térmica de 5°C. As chuvas, além de irregulares, não excedem os 800 mm/ano, resultando em longos períodos de estiagem.

O clima subtropical ocorre ao sul do Trópico de Capricórnio, compreendendo a região Sul e parte de São Paulo. As temperaturas médias são inferiores a 18°C, com amplitude térmica de 9 a 13°C. Nas áreas mais elevadas o verão é ameno e o inverno frio, com totais anuais entre 1500 e 2000 mm, bem distribuídos ao longo do ano.

SILVA (2003), em estudo relativo à erosividade das chuvas no Brasil, propôs a divisão do país em oito regiões homogêneas, considerando apenas a distribuição do total precipitado (Figura 3), conforme apresentado na Figura 4. Segundo o autor, a região que apresenta os valores anuais de erosividade da chuva mais altos é a região I, que abrange a região amazônica, enquanto os menores valores foram observados na região IV, que corresponde ao semi-árido nordestino. Em geral, os meses de dezembro e janeiro apresentam os maiores valores de erosividade da chuva, enquanto os menores valores correspondem aos meses de junho a setembro.

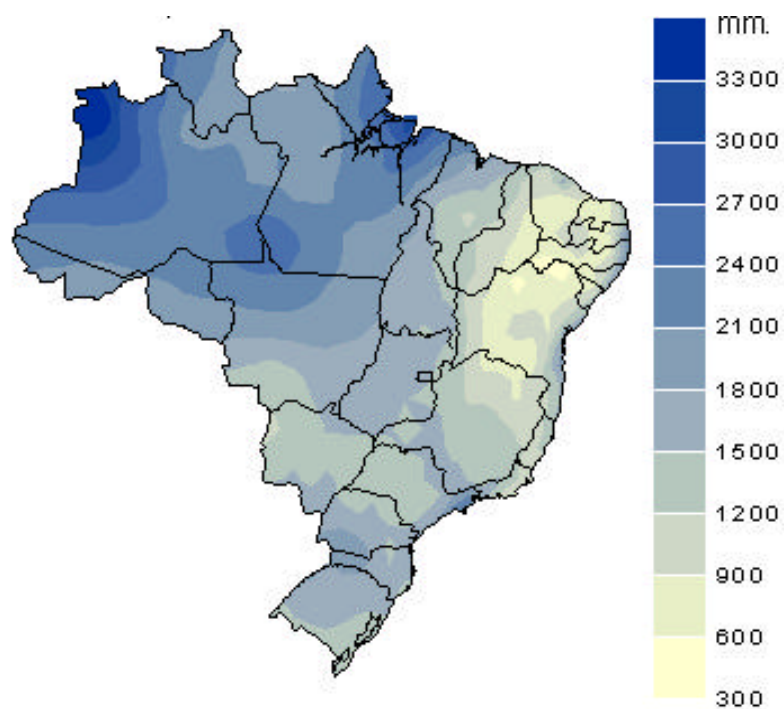


Figura 3. Distribuição da precipitação no Brasil (INMET, 2004).



Figura 4. Divisão do Brasil em regiões homogêneas em termos de características da precipitação, segundo SILVA (2003).

2.3. Geradores climáticos

Os geradores climáticos são modelos de simulação matemática que estimam a ocorrência de variáveis climáticas e tem por objetivo a geração de um conjunto de valores numéricos, denominado série sintética, 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: precipitação, radiação solar, temperatura, umidade e vento.

Uma das maiores motivações para o desenvolvimento de geradores climáticos tem sido dar suporte a modelos computacionais de simulação do desenvolvimento de culturas, os quais geralmente incluem algoritmos para a geração de séries climáticas (RICHARDSON e NICKS, 1990). RICHARDSON (1985) descreve o uso de séries sintéticas climáticas de longo período para simular o crescimento do trigo. Longas séries sintéticas de dados climáticos também têm sido utilizadas para examinar o impacto de eventos extremos no crescimento de culturas (MEARNS et al., 1984).

Diversos autores (NONHEBEL, 1994; SEMENOV e PORTER, 1995; MEARNS et al., 1996; RIHA et al., 1996) utilizaram geradores climáticos em estudos para a avaliação da sensibilidade de modelos de crescimento de culturas a mudanças na variabilidade climática. Segundo ZANETTI (2003) a utilização de geradores climáticos na construção de cenários para a avaliação do impacto associado a mudanças climáticas é muito útil devido ao fato de que séries observadas de dados do clima para condições futuras não existem. Isso permite sua aplicação em modelos de predição, que utilizam, ao invés de dados observados,

dados que representam uma projeção futura do comportamento climático da localidade de interesse.

Séries sintéticas de dados climáticos também são muito úteis em estudos relacionados à quantificação das taxas médias de erosão do solo (FAVIS-MORTLOCK et al., 1991; FAVIS-MORTLOCK et al., 1997). PRUSKI e NEARING (2002) utilizaram os dados produzidos por um gerador climático para analisar o efeito de mudanças climáticas nas perdas de água e solo para oito localidades dos Estados Unidos. CECÍLIO et al. (2004) compararam as perdas de água e solo observadas em uma bacia hidrográfica localizada em Viçosa-MG, com as perdas calculadas pelo modelo WEPP, que utiliza o gerador climático CLIGEN, enquanto AMORIM (2004) avaliou este mesmo modelo para as condições edafoclimáticas brasileiras, comparando as perdas de água e solo calculadas com as observadas sob condições de chuva natural. Os resultados obtidos pelos autores indicaram que os parâmetros internos do modelo WEPP, entre eles os parâmetros do gerador climático, devem ser calibrados com cuidado para as condições brasileiras para a obtenção de estimativas mais confiáveis das perdas de solo e água.

Geradores climáticos também fornecem um caminho atrativo para a obtenção de parâmetros de entrada para a modelagem de ecossistemas. FRIEND et al. (1997) obtiveram as principais variáveis de entrada para um modelo utilizado na análise da dinâmica de ecossistemas terrestres a partir de séries sintéticas. Esse recurso também foi usado por KITTEL et al. (1995) na construção de um banco de dados bioclimáticos, o que permitiu a análise da sensibilidade de um ecossistema às mudanças climáticas (SCHIMEL et al., 1997). De forma similar, HE (1997) usou séries simuladas em estudos relacionados aos efeitos do aumento da retirada de água para irrigação de áreas agrícolas no comportamento dos Grandes Lagos, localizados no Nordeste dos Estados Unidos. PICKERING et al. (1988) usaram séries sintéticas para investigar os efeitos da variabilidade do clima na poluição de sistemas hidrológicos. STERN et al. (1982) obtiveram as estatísticas climáticas relevantes para o desenvolvimento de um programa de apoio à agricultura a partir de um gerador climático, ao invés de usar os dados de uma curta série de dados observados.

Vários modelos de simulação climática já foram desenvolvidos, dentre os quais pode-se citar: CLIGEN - Climate Generator (NICKS et al., 1995), WGEN - Weather Generator (RICHARDSON, 1985), USCLIMATE (HANSON et al., 1994), WeatherMan - Weather data Manager (PICKERING et al., 1994), MARKSIM, WM2 e LARS-WG.

A utilização de geradores climáticos apresenta um grande potencial de uso no Brasil, tendo em vista o reduzido número de localidades que possuem séries climáticas observadas extensas e confiáveis. Estudos realizados para as condições brasileiras, como o de OLIVEIRA (2003), CECÍLIO et al. (2004) e AMORIM (2004), entretanto, mostram que a utilização dos geradores climáticos desenvolvidos no exterior não tem conduzido a resultados satisfatórios, tendo em vista o fato de terem sido desenvolvidos para condições edafoclimáticas muito diferentes das observadas no país.

Poucos trabalhos de pesquisa têm sido direcionados para a obtenção de modelos que possibilitem a geração de dados climáticos que considerem as condições edafoclimáticas brasileiras. 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.

VIRGENS FILHO (1997) desenvolveu um modelo denominado GEPAC – Gerador Estocástico de Parâmetros Climáticos para geração de dados diários de precipitação, radiação solar, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar. Este modelo, aperfeiçoado por VIRGENS FILHO (2001), utiliza as distribuições de probabilidade gama, normal e exponencial negativa para o cálculo das variáveis climáticas, identificando, para cada mês, de acordo com os resultados do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, qual das três distribuições apresenta o melhor ajuste. A partir dos testes realizados, o autor concluiu que os dados gerados pelo modelo não diferem estatisticamente dos dados observados, podendo, portanto, ser considerada uma ferramenta alternativa em atividades de planejamento agrícola.

Apesar do grande potencial de aplicação do modelo desenvolvido em estudos diversos, como simulações do crescimento de plantas, modelagem de ecossistemas e outros, o GEPAC se mostra limitado para aplicação em estudos relacionados à

quantificação das taxas médias de erosão do solo, em virtude do modelo não considerar o perfil de precipitação, gerando apenas o total precipitado.

OLIVEIRA (2003) e ZANETTI (2003) desenvolveram um gerador de séries sintéticas de precipitação diária (ClimaBR) baseando-se em registros pluviográficos históricos de onze estações meteorológicas do Estado do Rio de Janeiro. O modelo requer, como dados de entrada, apenas registros pluviométricos diários. A metodologia desenvolvida permite gerar, diariamente, dados de precipitação, incluindo informações como a lâmina precipitada, a duração, a intensidade máxima instantânea e seu tempo de ocorrência, para os eventos gerados, além do perfil instantâneo dos mesmos. O modelo foi desenvolvido com base na premissa de que para cada dia chuvoso é gerado um único evento de precipitação, estatisticamente equivalente ao somatório dos eventos que ocorreram diariamente na série histórica. O desempenho do modelo foi comparado com os dados observados e com dados obtidos utilizando o CLIGEN, apresentando resultados que mostram a potencialidade de adoção da nova metodologia para a geração de séries sintéticas de precipitação para o Estado do Rio de Janeiro.

Embora o ClimaBR tenha apresentado resultados que superaram aqueles obtidos por alguns geradores climáticos de uso generalizado mundialmente, os autores afirmam que o modelo ainda necessita de alguns aprimoramentos, principalmente no que diz respeito à duração dos eventos de precipitação. Além disso, visando o aumento de sua versatilidade, afirmam que este também necessita da inclusão da geração de outras variáveis climáticas, como temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Salientam, ainda, que para que o modelo possa ter uma maior disseminação do seu uso é necessário que se proceda a geração de um banco de dados que permita a sua aplicação em todo o Brasil.

Na seqüência procede-se a descrição das metodologias mais utilizadas para a geração de séries sintéticas dos principais elementos climáticos simulados pelos geradores climáticos.

2.3.1. Precipitação

A maior parte do esforço empregado na construção de geradores climáticos tem sido despendida no processo de geração da precipitação. A precipitação é não apenas o elemento meteorológico mais crítico para muitas aplicações, como também a sua presença ou falta usualmente afeta às estatísticas de outras variáveis a serem simuladas. Os dados de precipitação possuem características particulares que tornam mais complexos os modelos estatísticos necessários para descrevê-las como, por exemplo, o fato das séries de precipitação possuírem alta proporção de valores exatamente iguais a zero, o que causa uma descontinuidade na distribuição de probabilidade dos dados de precipitação entre as observações com valor zero e diferente de zero. Outra particularidade relacionada à precipitação é a variação de sua intensidade ao longo de cada evento, normalmente representada pelo perfil de precipitação, além da possibilidade de ocorrência de mais de um evento em um dia.

Devido a isso, a maioria dos geradores climáticos possui tratamento separado para a ocorrência e a estimativa do total precipitado. O processo de ocorrência da precipitação compreende a separação de dois estados: seco ou chuvoso. Um aspecto chave dos geradores climáticos é a representação da tendência de agrupamento sequencial dos dias chuvosos e secos, chamada de persistência ou correlação serial positiva (autocorrelação), sendo que a cadeia de Markov descreve bem essa tendência (VIANA, 2000). A primeira ordem deste modelo é muito utilizada para determinar a probabilidade de ocorrência ou não de chuvas, considerando o fato de que a probabilidade de ocorrência de precipitação em um dado dia qualquer depende da ocorrência ou não de chuva no dia anterior (NICKS e HARP, 1980; RICHARDSON, 1981; ALMEIDA, 1995; NICKS et al., 1995; JOHNSON et al, 1996; VIRGENS FILHO, 1997; JIMOH e WEBSTER, 1999; OLIVEIRA, 2003).

Com relação à geração do total precipitado para os dias considerados chuvosos, diversos estudos, como os realizados por RICHARDSON (1982), JOHNSON et al. (1996) e WILKS (1999), têm investigado a habilidade com que os geradores climáticos representam esta variável. RICHARDSON (1982) comparou as distribuições gama, exponencial e exponencial mista e concluiu que todas

reproduzem de forma satisfatória os totais mensais e anuais, mas a distribuição exponencial mista forneceu um melhor ajuste do total pluviométrico diário para a maioria das localidades, sendo esta mesma conclusão obtida por WILKS (1999). JOHNSON et al. (1996) concluíram que as distribuições normal assimétrica e exponencial mista representam adequadamente os valores mensais e anuais observados, porém os extremos dos totais diários não foram adequadamente simulados por ambas as distribuições. RACSKO et al. (1991), no desenvolvimento de um gerador climático, dividiram os totais precipitados em três grupos (0,1 - 0,3, 0,3 - 20, > 20 mm), utilizando uma distribuição uniforme para o primeiro grupo e uma distribuição exponencial no segundo, com um valor médio sendo usado para o terceiro grupo. Os resultados obtidos na simulação desta variável foram considerados satisfatórios.

A distribuição de frequência 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, concluíram que a última permitiu resultados superiores na geração desta variável, recomendando, portanto, o seu uso para esta finalidade.

Alguns modelos, como o WGEN, CLIGEN e ClimaBR utilizam a distribuição Pearson Tipo III normalizada para a determinação da precipitação total diária para os dias chuvosos. Essa distribuição utiliza como dados de entrada os valores mensais da média, desvio padrão e coeficiente de assimetria da precipitação total diária observada na série histórica, sendo que OLIVEIRA (2003), em estudo realizado para 11 localidades do Estado do Rio de Janeiro, afirma que os modelos CLIGEN e ClimaBR apresentam bom desempenho na estimativa desta variável, com desvios entre os valores observados e gerados variando entre 0 e 8%.

No passado, estudos sobre o manejo das culturas e os modelos de predição da erosão e do escoamento superficial não demandavam o detalhamento de registros de

intensidade ao longo do tempo da chuva e a quantificação do total precipitado era suficiente. Muitos modelos atualmente desenvolvidos, contudo, requerem dados mais detalhados da chuva. Exemplos desses modelos incluem o Modelo de Infiltração e Movimento da Água no Solo - SWIM (ROSS, 1990), o Water Erosion Prediction Project - WEPP (LANE e NEARING, 1989), o Erosion/Productivity Impact Calculator – EPIC (SHARPLEY, 1990), o FLOCR (OOSTINDIE e BRONSWIJK, 1992) e o WAVE (VANCLOOSTER et al., 1994). Esses modelos normalmente utilizam o perfil de precipitação, sendo que alguns consideram ainda a desagregação em múltiplos eventos ao longo do dia, dando um caráter ainda mais real à representação do evento observado. As características do perfil influenciam a infiltração de água no solo, o escoamento superficial e as perdas de solo, sendo importante sua consideração no dimensionamento de projetos de obras hidráulicas e de estruturas para o controle da erosão.

Segundo BROW e FOSTER (1987), a desuniformidade e a aleatoriedade da intensidade das chuvas dificultam o ajuste de um perfil representativo para as precipitações. Apesar das limitações existentes na obtenção de um método representativo do perfil das precipitações, existem diversas proposições de metodologias para a sua representação matemática, sendo que o modelo proposto por NICKS et al. (1995) e representado por uma função dupla-exponencial é um dos mais utilizados e representativos do padrão da chuva.

Os resultados obtidos com a aplicação da função dupla exponencial aos dados de pequenas bacias hidrográficas nos Estados Unidos demonstram que o escoamento superficial calculado utilizando dados observados de precipitação pouco diferiu daquele calculado usando o perfil ajustado pela função dupla exponencial, demonstrando assim seu grande potencial para uso em modelos hidrológicos (NICKS et al., 1995).

As informações necessárias para obter essa função, conforme OLIVEIRA (2003) são: precipitação total diária, duração do evento, intensidade máxima instantânea e tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea.

2.3.1.1. Duração efetiva

Diversos autores (NICKS et al., 1995; YU, 2001; OLIVEIRA, 2003) utilizam a proposição de SHARPLEY (1990) para a estimativa da duração da precipitação, sendo a duração expressa pela equação

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

em que D é a duração do evento, h; Δ é o parâmetro que expressa a relação entre os valores diários de intensidade máxima instantânea e de intensidade média, adimensional; e $\alpha_{0,5}$ é a razão entre os valores do máximo total precipitado em meia hora e a precipitação diária, adimensional.

O valor de Δ utilizado na versão mais recente do CLIGEN (5.1) corresponde a 3,99, porém OLIVEIRA (2003), estudando este parâmetro para várias localidades do Estado do Rio de Janeiro, concluiu que um valor mais representativo seria 3,33. Já os valores diários de $\alpha_{0,5}$ são obtidos a partir de uma distribuição de probabilidade gama.

Segundo OLIVEIRA (2003), tanto o modelo por ele desenvolvido (ClimaBR), como o CLIGEN demonstraram um fraco desempenho na geração da duração efetiva dos eventos diários de precipitação para 11 estações do estado do Rio de Janeiro. Este autor encontrou superestimativas de 78,1% para o desvio padrão e subestimativas de 53,2% para a média mensal usando o modelo desenvolvido, enquanto o CLIGEN apresentou uma tendência de subestimar tanto as médias mensais como os desvios padrão da duração efetiva, com os desvios variando de -75,4 a 24,6% para a média e de -78,8 a -28,2% para o desvio padrão.

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% em maio, enquanto que em dezembro os valores simulados superaram os dados observados em 87%. Considerando o desvio padrão médio mensal em fevereiro, houve uma superestimativa de 147% dos valores observados em Reynolds e 123% em Safford.

CONNOLLY et al. (1998) utilizaram para a estimativa da duração dos eventos de precipitação uma distribuição de probabilidade gama ajustada com base na distribuição da duração dos eventos observados, sendo que o modelo reproduziu adequadamente as características da chuva nas quatro localidades da Austrália estudadas.

RAUDKIVI e LAWGUN (1972) testaram uma técnica prática e simples para gerar séries de duração da precipitação para dados de Auckland, Nova Zelândia. As correlações seriais dos dados históricos foram modeladas por uma função de autoregressão e a assimetria foi descrita por uma função de distribuição de Pearson tipo III. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, sendo as correlações seriais, os primeiros três momentos e a distribuição das séries históricas bem reproduzidas. Os desvios relativos encontrados variaram entre 10% para a média dos dados observados e gerados e 12% para o desvio padrão.

2.3.1.2. Intensidade máxima instantânea

ARNOLD e WILLIAMS (1989) desenvolveram um modelo estocástico para a geração da intensidade máxima instantânea a partir de dados pluviográficos de cinco localidades dos Estados Unidos (equação 2). O tempo padronizado de ocorrência da intensidade máxima instantânea identificado como valor médio no estudo foi de 0,4, sendo este valor adotado como base no desenvolvimento do modelo.

$$i_p = 2 PT \ln(1 - \alpha_{0,5}) \quad (2)$$

em que i_p é a intensidade máxima instantânea de precipitação, mm h^{-1} ; e PT é a precipitação total diária, mm .

Esta equação é utilizada em geradores climáticos consagrados na literatura, como o CLIGEN e o WGEN, sendo que no trabalho de ARNOLD e WILLIAMS (1989) foram encontrados desvios percentuais em relação aos valores observados desta variável de até 80%.

OLIVEIRA (2003) estimou a intensidade máxima instantânea de cada evento de precipitação com o uso da equação 3, obtida pela regressão potencial entre a intensidade máxima instantânea e a intensidade média, representada pela divisão do total precipitado pela duração efetiva.

$$i_p = 5,6378 \frac{PT}{D}^{0,8334} \quad (3)$$

Os coeficientes 5,6378 e 0,8334 são adotados como padrão e representam os valores obtidos com base nas 11 estações consideradas no estudo realizado por OLIVEIRA (2003), sendo que os resultados encontrados pelo autor apresentaram grandes variações percentuais em relação aos valores observados.

MENABDE e SIVAPALAN (2000) propuseram um modelo de simulação de séries de precipitação e mostraram que tanto a intensidade quanto a duração de eventos individuais de chuva podem ser modeladas de modo satisfatório por uma distribuição de Levy-Stable. Os autores chamam a atenção ainda para a correlação existente entre as variáveis associadas ao perfil de precipitação (duração, intensidade máxima instantânea e tempo para sua ocorrência) e o total precipitado. O modelo proposto reproduziu com sucesso as estatísticas dos dados observados e, em particular, os eventos extremos das séries de dados observados, mostrando, no entanto, que a correlação entre a duração efetiva dos eventos e a intensidade máxima instantânea é desprezível.

CONNOLLY et al. (1998) propuseram modelo em que a intensidade máxima instantânea para cada dia chuvoso é estimada com base no ajuste de uma distribuição exponencial, com os parâmetros ajustados com base em um índice que considera o total precipitado, sendo que os resultados obtidos foram considerados pelo autor como satisfatórios, com desvios percentuais máximos em torno de 8% em relação aos dados observados.

2.3.1.3. 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 nos modelos desenvolvidos por NICKS et al. (1995) e OLIVEIRA (2003) foi feita através do uso de um conjunto de números aleatórios gerados a partir da análise de frequência dos valores observados, dividindo os valores observados em 12 intervalos de classes de mesma amplitude. Os resultados obtidos por OLIVEIRA (2003), com o uso do CLIGEN e do ClimaBR, no entanto, não foram satisfatórios, com os desvios em relação aos dados observados variando entre 23 e 63% para estações do Estado do Rio de Janeiro.

CONNOLLY et al. (1998) consideraram a correlação existente entre o tempo de pico e o total precipitado no desenvolvimento de um gerador climático. Os autores utilizaram uma distribuição exponencial para estimar os valores de tempo de pico para os dias chuvosos, sendo os parâmetros da distribuição ajustados com base em um índice que considera o total precipitado. Segundo os autores, o modelo não forneceu estimativas satisfatórias do tempo de pico, tendendo a subestimar seus valores.

2.3.2. Temperaturas máxima e mínima e radiação solar

Os primeiros modelos de simulação de variáveis climáticas já consideravam a associação existente entre a temperatura e a precipitação. Diversos trabalhos, como os de JONES et al. (1972), LARSEN e PENSE (1982) e NICKS e HARP (1980) usaram, respectivamente, a distribuição normal, curvas senoidais de três parâmetros e a cadeia de Markov de primeira ordem para gerar séries de temperatura e radiação solar com parâmetros ajustados de acordo com a época do ano e o estado dos dias atual e anterior. O maior problema destes modelos é que os coeficientes de assimetria, as correlações entre as temperaturas e a radiação solar e as autocorrelações são ignoradas. EDELSTEN (1976) e BRUHN et al. (1980) consideram

as correlações existentes entre as variáveis e as auto-correlações usando a cadeia de Markov de segunda ordem, no entanto o número excessivo de parâmetros necessários para o ajuste do modelo limita a aplicação deste procedimento (HUTCHINSON, 1987). RACSKO et al. (1991) afirmam que a correlação entre a umidade relativa e a temperatura é muito baixa, devendo ser considerada apenas a correlação existente entre a temperatura e a radiação solar.

RICHARDSON (1981) adotou um processo estocástico multivariado contínuo, conforme metodologia proposta por MATALAS (1967), para gerar séries de resíduos de temperaturas máxima e mínima e radiação solar, assumindo que os resíduos eram normalmente distribuídos e condicionados apenas ao condição do dia atual (chuvosa ou seca). Este modelo preserva a associação entre as variáveis com base em matrizes de correlação. Uma implementação comum deste algoritmo trata essas matrizes como sendo constantes no tempo e iguais para qualquer localidade (RICHARDSON e WRIGHT, 1984). WILKS (1992) afirma que essa consideração é perigosa, particularmente para aqueles elementos altamente dependentes das correlações entre variáveis, como a radiação solar e a temperatura. Usando dados da Austrália, GUENNI et al. (1990) constataram que as correlações são dependentes da localidade e da época do ano, sendo verificado também uma pequena dependência entre a temperatura e a condição do dia e que a nebulosidade tem importância expressiva no comportamento da temperatura.

RAJAGOPALAN e LALL (1999) desenvolveram um modelo multivariado com dependência de um dia de defasagem para seis variáveis climáticas. Um vetor para cada variável é obtido da base de dados históricos para cada dia simulado, sendo este condicionado ao dia anterior. O modelo foi aplicado para dados climáticos de uma série de 30 anos para a cidade de Salt Lake City (Estados Unidos) e os resultados foram comparados com os obtidos pela aplicação de um modelo de auto-regressão multivariada similar ao de RICHARDSON (1981). O modelo reproduziu satisfatoriamente as médias, desvios, correlações entre variáveis e auto-correlações.

2.3.3. Velocidade do vento

A distribuição Pearson Tipo III tem sido freqüentemente utilizada para descrever distribuições de velocidade do vento (PUTNAM, 1948; SHERLOCK, 1951; JUSTUS et al., 1976; WENTINK, 1976; COROTIS et al., 1978; BOSSANYI et al., 1979). NICKS et al. (1995) usaram, no desenvolvimento de um gerador climático, a distribuição Pearson tipo III normalizada para a simulação da velocidade do vento, com os parâmetros (média, desvio padrão e coeficiente de assimetria) ajustados a partir dos valores médios mensais da série histórica. O WINDGEN, modelo para geração de séries sintéticas de vento, fornece valores diários de velocidade e direção do vento com base no ajuste da distribuição Weibull (SKIDMORE e TATARKO, 1990).

Já no modelo EPIC a simulação da velocidade do vento, visando o uso na análise da erosão eólica, foi desenvolvida com base na proposição de RICHARDSON (1982). Neste modelo, a velocidade do vento média diária é gerada com base em uma distribuição gama com dois parâmetros, sendo esta, em sua forma adimensionalizada, representada pela equação

$$U = \left(\frac{V}{V_p} \right)^{\zeta-1} \exp \left((\zeta - 1) \left(1 - \frac{V}{V_p} \right) \right) \quad (4)$$

em que U é a variável adimensional que varia entre 0 e 1 e expressa a freqüência de ocorrência da velocidade do vento; VV é a velocidade média diária do vento, m/s; V_p é a velocidade do vento na freqüência de pico; e ζ é o parâmetro de forma da distribuição gama, adimensional.

2.3.4. Umidade relativa

A simulação da umidade relativa no modelo EPIC é feita pelo uso de uma distribuição triangular. Assim como a temperatura e a radiação solar, a umidade relativa média diária é ajustada para considerar o efeito da condição do dia. A

umidade relativa média da série observada, para dias secos ou chuvosos, é estabelecida como sendo o pico da distribuição triangular utilizada para gerar a umidade relativa diária. Caso os dados de umidade relativa não sejam disponíveis o EPIC permite calcular a umidade relativa diária com base em dados de temperatura do ponto de orvalho, procedimento semelhante ao utilizado no CLIGEN. A temperatura do ponto de orvalho para cada dia é estimada pela equação

$$T_{dp} = T_{dpo} + (ST_{po})(v) \quad (5)$$

em que T_{dp} é a temperatura diária do ponto de orvalho, °C; T_{dpo} é a média mensal da temperatura do ponto de orvalho, °C; ST_{po} é o desvio padrão da temperatura do ponto de orvalho; e v é a variável normal padronizada, adimensional.

Expressando a umidade relativa como valor decimal de 0 a 1 e considerando-a como função contínua neste intervalo, YAO (1974) concluiu que a função beta é um modelo apropriado para a distribuição de frequências das observações da umidade relativa, sendo esta utilizada por SEDIYAMA et al. (1978) para simular a distribuição deste elemento climático, que consideraram que os resultados gerados pelo modelo podem ser considerados de boa precisão para prever a umidade relativa do ar.

2.4. Validação de modelos

Uma grande dificuldade relacionada com o desenvolvimento de modelos hidrológicos é a validação dos resultados obtidos. Validar um modelo analítico significa determinar se o modelo apresentado é uma representação precisa do sistema real.

NEVES et al. (2000) afirmam que a validação de um modelo pode ser realizada comparando os dados gerados com dados observados ou com os resultados de outros modelos que já tenham sido objeto de verificação e validação. Com isso, os resultados do modelo desenvolvido pelos autores foram comparados

com os resultados do modelo HYDRUS, com o objetivo de validar o primeiro tirando proveito do elevado número de testes a que o segundo já havia sido submetido. OLIVEIRA (2003), para a validação do modelo para geração de séries sintéticas de precipitação (ClimaBR) por ele desenvolvido, utilizou um procedimento semelhante, comparando as séries sintéticas geradas para 100 anos pelo modelo proposto com as séries geradas por um modelo consagrado na literatura, o CLIGEN.

Diversos autores (SEDIYAMA et al., 1978; BRUHN et al., 1980; LARSEN e PENSE, 1982; VIRGENS FILHO, 1997; VIRGENS FILHO, 2001; OLIVEIRA, 2003) utilizaram procedimentos estatísticos para comparar os dados climáticos gerados com os observados, dentre eles: a) testes de qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, para verificar o ajuste dos dados climáticos estudados às distribuições de frequência acumulada; b) regressão linear entre as médias mensais observadas e geradas; c) teste t aplicado aos coeficientes de regressão, para avaliar o comportamento dos valores médios simulados diante dos valores médios históricos; d) teste F, para comparar as variâncias; e) coeficientes de correlação e determinação; e f) erro relativo percentual, para estimar a diferença entre os valores estimados e observados.

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

Com o objetivo de contribuir para a solução dos problemas associados ao uso dos coeficientes de correlação e determinação, que não refletem o grau de precisão do modelo, WILLMOTT (1981) propôs o índice de concordância. Esta estatística descritiva reflete a exatidão com que a variável observada é estimada pela variável simulada, ao passo que o coeficiente de determinação indica a precisão do modelo, ou seja, quanto da variação da variável dependente é explicada pela variável independente. O índice de concordância “d” varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor a exatidão do modelo em prever a variável dependente.

O autor recomenda, para a validação de modelos, a análise de: a) valores da média e variância das variáveis simuladas e observadas; b) intercepto e coeficiente angular da reta de regressão linear entre os valores observados e simulados; c) erro descrito pela raiz do erro quadrático médio (RMSE); e d) índice de concordância. O autor afirma ainda que estas estatísticas, em particular o índice de concordância, são adequadas para a interpretação e validação das previsões geradas por um modelo.

CAMARGO e SENTELHAS (1997) avaliaram o desempenho de 20 métodos de estimativa da evapotranspiração com dados de três localidades do Estado de São Paulo, comparando-os com os dados de lisímetros obtidos no período de 1954 a 1960. A avaliação dos resultados foi baseada no índice de confiança, proposto pelos autores e representado pelo produto entre o coeficiente de correlação e o índice de concordância. Os resultados obtidos demonstraram um desempenho considerado muito bom (índice de confiança entre 0,78 e 0,81) para os métodos de Thornthwaite, CAMARGO et al. (1999) e Priestley-Taylor.

Diversos autores (MORAES et al., 1998; PEREIRA e VILLA NOVA, 1998; ANDRADE JÚNIOR et al., 2001; CARVALHO, 2003;) também têm utilizado o índice de confiança para avaliar o desempenho de modelos, afirmando que, analisados isoladamente, os coeficientes de correlação e determinação podem levar a interpretações nem sempre adequadas sobre a performance do modelo estudado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do modelo para a obtenção de séries sintéticas de dados climáticos, incluindo precipitação, temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa foi feito utilizando como base o gerador de séries sintéticas de precipitação desenvolvido por OLIVEIRA (2003) e ZANETTI (2003). As limitações apresentadas neste modelo para a representação do perfil de precipitação exigiram o aprimoramento dos procedimentos utilizados por estes pesquisadores. O fato do modelo para geração dos totais precipitados diários e do número de dias chuvosos já ter apresentado resultados satisfatórios fez com que estes procedimentos não fossem incluídos no presente trabalho. Além disso, em virtude do trabalho desenvolvido por estes pesquisadores ter abrangido apenas estações localizadas no Estado do Rio de Janeiro, foi construído um banco de dados que permite a aplicação do modelo em diversas localidades do Brasil.

O modelo necessita para a sua aplicação de dados relativos à precipitação, obtidos de pluviômetros, e também relativos aos outros elementos climáticos, obtidos de estações climatológicas. As informações relativas ao perfil de precipitação são regionalizadas e selecionadas automaticamente pelo modelo (conforme a localização da estação pluviométrica escolhida). Para a aplicação do modelo deve-se selecionar uma estação pluviométrica e uma climatológica a partir de um banco de dados no qual constam os parâmetros de entrada relativos a cada

estação. Caso se deseje utilizar uma estação que não consta no banco de dados do modelo computacional, pode-se ainda inserir uma nova estação, fornecendo um banco de dados contendo dados diários de precipitação ou dos demais elementos climáticos para que o modelo computacional calcule e insira em seu banco de dados os parâmetros dessa nova estação.

3.1. Base de dados

Foram necessárias informações relativas a três tipos de estações de medição de dados para se obter os parâmetros de entrada do modelo:

- Estações pluviométricas: foram utilizadas 826 estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas – ANA (Figura 5a) para ampliar o banco de dados do modelo computacional, permitindo a obtenção da precipitação diária e seus desvios padrão e coeficiente de assimetria, 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. Os parâmetros obtidos para cada estação estão disponíveis no modelo computacional para possibilitar a sua aplicação.

- Estações pluviográficas: foram necessárias para o aprimoramento da metodologia para a geração das séries de precipitação, sendo utilizadas 418 estações pluviográficas da Agência Nacional de Águas - ANA (Figura 5b) para a obtenção das informações relativas à duração dos eventos, à intensidade máxima instantânea de precipitação e ao tempo para a sua ocorrência. Os parâmetros foram obtidos para cada uma das sete regiões homogêneas que serão descritas na sequência do texto, sendo que estes parâmetros não estão disponíveis no modelo computacional desenvolvido, uma vez que só são utilizados internamente por este.

- Estações climatológicas: foram necessárias no desenvolvimento do modelo para geração de séries sintéticas das demais variáveis climáticas, sendo os dados diários de temperaturas máxima e mínima, insolação, velocidade do vento e umidade relativa obtidos em 170 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Figura 5c). Os parâmetros obtidos para cada estação estão disponíveis no modelo computacional para possibilitar a sua aplicação.

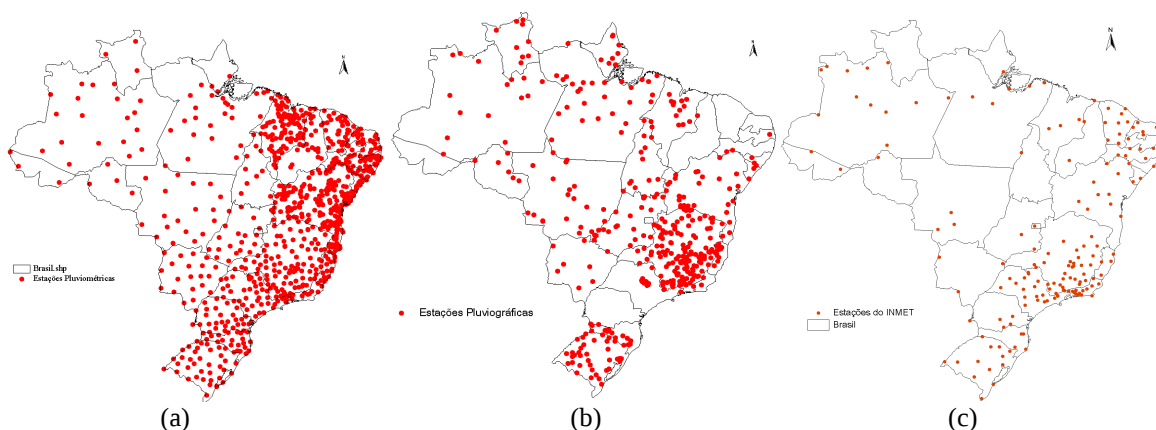


Figura 5. Estações pluviométricas (a) pluviográficas (b) e climatológicas (c) utilizadas no estudo.

Nos Apêndices 1, 2 e 3 são apresentadas algumas informações referentes às estações pluviométricas, pluviográficas e climatológicas, respectivamente, que foram utilizadas no estudo.

3.1.1. Registros pluviométricos

Com as séries de dados de cada estação pluviométrica foram calculadas, para os dias chuvosos de cada mês, as seguintes variáveis: precipitação média diária, desvio padrão e coeficiente de assimetria. Foram calculadas também as probabilidades de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior chuvoso e de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco, com base no número de dias chuvosos e secos do mês, no número de dias chuvosos do mês tendo sido o anterior seco e no número de dias chuvosos do mês tendo sido o dia anterior chuvoso.

3.1.2. Registros pluviográficos

As informações necessárias para a obtenção dos parâmetros de entrada relacionados à caracterização do perfil instantâneo da chuva foram obtidas com base nos dados instantâneos de precipitação registrados em pluviogramas diários, com amplitude de 10 mm de precipitação e menor escala de leitura de 0,2 mm. O tempo de registro é de 24 horas com escala de 10 minutos. O Sistema para Digitalização de

Pluviogramas (HidroGraph 1.02), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, foi utilizado para a extração das informações dos pluviogramas.

Foram selecionados os pluviogramas com chuvas maiores que 0,2 mm, já que, com base em resultados de estudos já desenvolvidos (VIRGENS FILHO, 1997; CONOLLY et al., 1998), verificou-se que para precipitações abaixo deste valor o dia é considerado não chuvoso.

A digitalização dos pluviogramas permitiu a obtenção de uma planilha com os dados de precipitação em intervalos de 10 minutos. Foram então calculadas, para cada dia chuvoso, as seguintes informações: precipitação total diária (PT); duração efetiva do evento (D), que corresponde à duração total do evento com a exclusão dos intervalos de tempo sem precipitação ou com intensidade de precipitação inferior a 0,09 mm/h; intensidade máxima instantânea de precipitação do evento (i_p); e o tempo compreendido entre o início da precipitação até o momento da ocorrência da intensidade máxima instantânea, designado como tempo de pico (t_p), considerando somente os intervalos de tempo utilizados na determinação da duração efetiva.

3.1.3. Registros de temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa

Para a obtenção dos parâmetros de entrada necessários para a geração das variáveis climáticas foram utilizadas estações climatológicas pertencentes à rede do INMET com, no mínimo, 5 anos de séries de dados sem falhas.

As séries de cada estação, contendo os dados de temperaturas máxima e mínima, insolação, velocidade do vento e umidade relativa do ar foram separadas com base na condição do dia (seca ou chuvosa) e também por mês.

A radiação solar foi calculada a partir dos dados diários de insolação, com base na equação proposta por Angström, em 1924, e modificada por Prescott, em 1940, citados por VIANELLO e ALVES (1991)

$$RAD = R_o \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (6)$$

em que RAD é a radiação solar global diária sobre uma superfície horizontal ao nível do solo, J/m^2 ; R_o é a irradiância solar global diária no topo da atmosfera, J/m^2 ; a e b são os coeficientes empíricos, obtidos por análise de regressão linear para uma determinada localidade, adimensionais; n é a duração do brilho solar observado, h; e N é a duração astronômica do fotoperíodo, h.

O procedimento para a obtenção de cada um dos parâmetros da equação 6 é descrito por VIANELLO e ALVES (1991).

Para as temperaturas máxima e mínima e a radiação solar foram calculados a média e o desvio padrão para cada mês das séries de dias chuvosos e secos, sendo também calculadas as correlações com zero e um dia de defasagem entre estas três variáveis.

Com relação à umidade relativa e à velocidade do vento, primeiramente calculou-se uma média para os três valores diários medidos (9, 15 e 21 h), sendo então calculados a média e o desvio padrão de cada variável, além do coeficiente de assimetria da velocidade do vento.

3.2. Modelo para geração de séries sintéticas de dados climáticos

3.2.1. Precipitação

A metodologia utilizada para a determinação da condição do dia (seca ou chuvosa) e do total precipitado foi a desenvolvida por OLIVEIRA (2003), na qual foi utilizada a cadeia de Markov de primeira ordem para a determinação da condição do dia e a distribuição de Pearson tipo III normalizada (equação 7) para o cálculo do total precipitado dos dias chuvosos.

$$PT = \bar{\mu} + \frac{2s}{g} \left(\frac{g}{6} \left(\left(x' - \frac{g}{6} \right) + 1 \right)^3 - 1 \right) \quad (7)$$

em que PT é o total precipitado diário, mm; μ é a média mensal do total precipitado diário, mm; s é o desvio padrão do total precipitado diário; e x' é o variável normal padrão, adimensional.

Os resultados obtidos por OLIVEIRA (2003), para a estimativa da ocorrência ou não da chuva e para estimar o seu total precipitado, foram muito bons, motivo pelo qual foi mantido o mesmo procedimento para a estimativa destas variáveis. Com relação à estimativa das variáveis associadas ao perfil da precipitação, entretanto, os resultados encontrados pelo autor não foram satisfatórios, razão pela qual procedeu-se, neste trabalho, ao desenvolvimento da metodologia para a estimativa desses parâmetros, sendo este descrito na seqüência.

3.2.1.1. Regiões homogêneas em termos de precipitação no Brasil

Para superar os problemas da falta de informações disponíveis em diversas regiões do país, além das limitações em termos da qualidade e extensão das séries de dados observados disponíveis, procedeu-se ao estabelecimento de regiões homogêneas em termos de precipitação no Brasil, para as quais determinou-se os parâmetros de entrada relativos às variáveis relacionadas ao perfil de precipitação.

A divisão do Brasil em regiões homogêneas em termos de precipitação é representada na Figura 6 e foi feita com base na proposta apresentada na Figura 4 (SILVA, 2003). Enquanto SILVA (2003) levou em consideração apenas os mapas de totais precipitados anuais, nesta nova proposta de divisão agrupou-se as regiões VI e VII e excluiu-se a parte da região IV localizada no Estado do Mato Grosso do Sul, o que foi feito para superar limitações existentes na base de dados, para evitar a presença de regiões envolvendo áreas com extensão muito reduzida e para considerar o efeito dos fatores condicionantes de formação de precipitação descritos na seqüência, conforme MARENGO (1995), RAO et al. (1990), FIGUEROA e NOBRE (1990) e NIMER (1989).

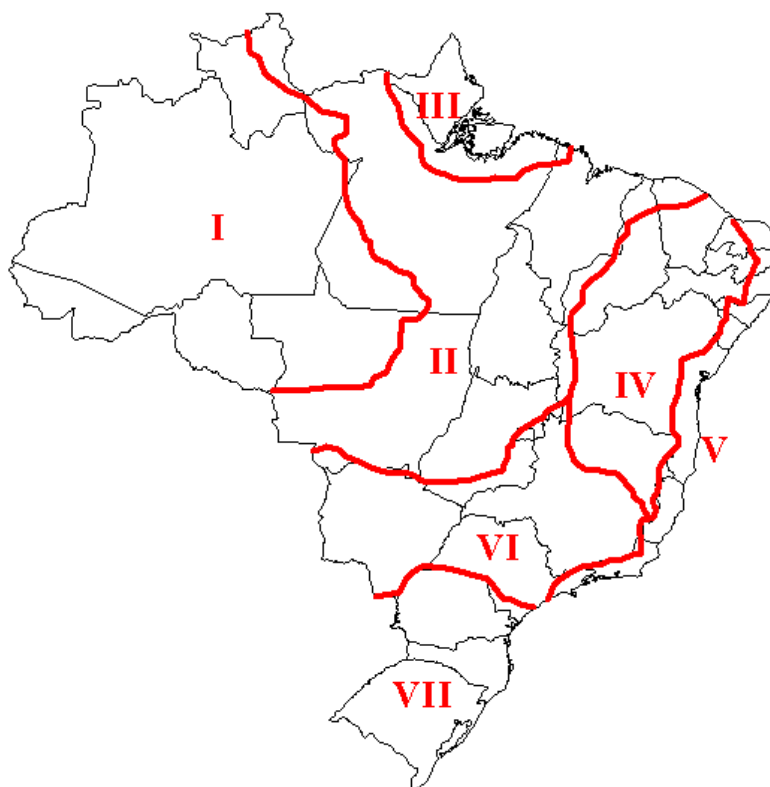


Figura 6. Proposta de divisão do Brasil em regiões homogêneas em termos de características de formação das precipitações.

REGIÃO I: a formação das chuvas nessa região é explicada pela floresta equatorial, que mantém a umidade elevada próximo à superfície, e é possivelmente reciclada pela atividade convectiva. Outros fatores, como a penetração de sistemas frontais e o deslocamento de sistemas convectivos também influenciam as chuvas na região. A estação chuvosa nessa região muda progressivamente de janeiro-fevereiro-março, no Sul, para abril-maio-junho, no Noroeste da região, sendo que os totais pluviométricos anuais são superiores a 2500 mm.

REGIÃO II: é caracterizada pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias, sendo mais afetada pelos sistemas típicos de latitudes médias. A precipitação média anual acumulada varia entre 1500 e 2000 mm. Durante o verão, o forte aquecimento convectivo da atmosfera é considerado um dos principais sistemas responsáveis pela formação de precipitações nessa região.

REGIÃO III: distingue-se do restante da Amazônia devido ao seu mecanismo de formação diferenciado das chuvas, que se deve principalmente às

linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa, durante o fim de tarde, forçadas pela circulação da brisa marítima, sendo que esta região apresenta precipitação de 2.800 mm/ano, com o período mais chuvoso de junho a agosto.

REGIÃO IV: concentra a área comumente chamada de polígono das secas, o semi-árido do Nordeste, com precipitação média anual inferior a 500 mm/ano. A baixa quantidade de chuvas na região deve-se à presença de vórtices ciclônicos, ou seja, padrões de circulação dos ventos nas camadas mais altas da atmosfera caracterizados por ter uma rotação horária, com o centro de rotação quase sem nuvens e a periferia marcada pela presença de nuvens de chuva. Isto favorece a ocorrência de chuvas no Norte e Leste da região Nordeste e as inibe sobre a parte Sul e central, entre setembro e abril. Nos outros meses, a formação e a quantidade de chuva dependem das variações interanuais na temperatura do Atlântico Sul e da ocorrência de El Niño, além de estarem associadas à penetração de frentes frias do Sul que alcançam latitudes mais baixas nos meses de novembro a fevereiro.

REGIÃO V: representa a região costeira do Brasil, desde o Nordeste até o Sudeste, apresentando totais pluviométricos anuais em torno de 1500 mm. Apesar da época chuvosa entre as costas do nordeste (abril a julho) e do sudeste (outubro a março) ser bastante distinta, o mecanismo de formação das chuvas é basicamente o mesmo, estando ligado à grande atividade de circulação de brisa vinda do oceano para o continente e à ação das frentes frias que se propagam ao longo da costa, atuando principalmente no Sudeste do país. Além disso, a ocorrência de chuvas nessa região se deve também à presença da cadeia de montanhas da Serra do Mar, que ocasiona chuvas de caráter orográfico.

REGIÃO VI: assim como a região II, é caracterizada pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias, porém sendo mais afetada pelos sistemas tropicais.

Os totais precipitados anuais variam de 1500 a 2000 mm. É afetada pela maioria das frentes que atingem o Sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade. Vórtices ciclônicos oriundos da região do Pacífico organizam-se com intensa convecção, associados à instabilidade causada por correntes de vento subtropicais. Linhas de instabilidade, formadas por nuvens de chuva moderada a forte, geradas a partir da associação de fatores de grande escala e

características de meso-escala (condições locais favoráveis), são responsáveis por chuvas fortes e de curta duração.

REGIÃO VII: caracteriza-se por uma distribuição anual das chuvas bastante uniforme. Ao longo de quase toda a região, a média anual da precipitação varia de 1.250 a 2.000mm. A passagem de sistemas frontais sobre a região é um dos principais fenômenos atmosféricos que atuam sobre essa região, sendo responsável por grande parte dos totais pluviométricos registrados. Sistemas convectivos também são responsáveis por uma parcela significativa da precipitação incidente sobre essa região, assim como nas regiões II e VI.

3.2.1.2. Duração da precipitação

Devido à correlação existente entre a duração da chuva e o total precipitado, conforme reportado por CONOLLY et al. (1998) e MENABDE e SIVAPALAN (2000) e comprovada neste estudo pelos testes preliminares realizados para 20 estações distribuídas ao longo das sete regiões homogêneas, os eventos foram separados por faixa de total precipitado. Tendo em vista a influência da época do ano no processo de formação da precipitação, os eventos foram separados também por mês.

Como o número de eventos em cada faixa seria muito pequeno caso se fizesse essa estratificação para cada estação pluviográfica, principalmente nos meses com menor incidência de precipitações, como é o caso de junho a agosto na região Sudeste, optou-se por juntar os eventos de todas as estações localizadas em uma mesma região homogênea. Mesmo com a união de todos os eventos de uma região, constatou-se ainda a necessidade de agrupar os dados de alguns meses menos chuvosos, de forma a se obter um mínimo de 30 eventos de chuva para que se conseguisse ajustar a distribuição gama com uma qualidade satisfatória.

No Quadro 1 são apresentados, para as regiões I a VII, o número de eventos em cada faixa de total precipitado e cada mês do ano, sendo também apresentados os agrupamentos de dois ou mais meses para que se atingisse o número mínimo de 30 eventos em cada faixa de total precipitado.

Quadro 1 – Distribuição do número de eventos para cada mês e cada faixa de total precipitado nas regiões homogêneas I (a), II (b), III (c), IV (d), V (e), VI (f) e VII (g)

(a)

Total Precipitado (PT) (mm)											
Mês	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	>70	Total
Janeiro	311	178	107	69	101	39	26	15	4	5	855
Fevereiro	307	164	90	69	85	36	24	18	13	11	817
Março	323	170	117	76	102	42	25	18	11	10	894
Abril	285	158	89	61	80	36	24	19	10	9	771
Maio	262	144	70	57	82	35	12	11	8	7	688
Junho	201	108	49	52	41	26	15	4	2	4	502
Julho	222	109	57	38	28	18	11	3	1	3	490
Agosto	140	108	34	31	26	14	6	1	0	1	361
Setembro	216	90	62	32	28	15	10	5	4	1	463
Outubro	208	125	60	42	46	24	11	8	7	3	534
Novembro	239	118	56	54	56	28	12	7	8	7	585
Dezembro	323	158	87	69	79	52	17	15	14	9	823
Total	3037	1630	878	650	754	365	193	124	82	70	7783

(b)

Total Precipitado (PT) (mm)													
Mês	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90	Total
Janeiro	1644	715	428	292	381	225	108	65	40	21	15	30	3964
Fevereiro	1428	668	451	302	355	189	104	52	33	20	11	21	3634
Março	1447	686	417	268	378	208	106	57	29	23	12	16	3647
Abril	1030	452	317	201	213	130	91	34	25	14	6	11	2524
Maio	761	321	209	115	115	69	29	15	10	7	8	3	1662
Junho	494	201	108	63	74	20	5	5	4	3	0	1	978
Julho	351	122	80	32	31	18	1	2	0	1	0	0	638
Agosto	242	63	38	29	18	4	2	5	0	1	0	0	402
Setembro	470	181	86	70	63	37	14	4	2	1	4	1	933
Outubro	733	270	161	125	130	73	34	20	16	3	4	4	1573
Novembro	1071	441	257	180	243	130	66	41	24	15	9	15	2492
Dezembro	1409	610	384	278	331	192	126	57	35	18	7	16	3463
Total	11080	4730	2936	1955	2332	1295	686	357	218	127	76	118	25910

(c)

Total Precipitado (PT) (mm)													
Mês	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90	Total
Janeiro	202	140	70	43	51	27	21	9	3	2	1	11	580
Fevereiro	198	107	89	63	65	30	17	11	8	3	3	2	596
Março	170	107	100	55	64	26	26	13	7	3	4	7	582
Abril	162	103	53	49	60	32	23	11	11	2	3	8	517
Maio	184	148	75	57	55	45	13	7	6	4	2	4	600
Junho	255	151	76	43	45	16	8	7	1	0	0	0	602
Julho	193	112	52	30	29	6	2	3	2	0	1	1	431
Agosto	167	57	29	13	11	3	0	0	0	0	0	0	280
Setembro	83	22	10	8	4	1	0	0	1	0	0	0	129
Outubro	74	13	10	11	5	4	1	0	0	1	0	0	119
Novembro	71	19	15	8	6	2	4	1	0	1	0	0	127
Dezembro	129	72	42	25	21	12	4	0	3	0	0	2	310
Total	1888	1051	621	405	416	204	119	62	42	16	14	35	4873

continua...

(d)

Total Precipitado (PT) (mm)													
Mês	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90	Total
Janeiro	1839	824	449	339	429	212	131	75	32	16	9	10	4365
Fevereiro	1473	525	298	200	240	114	62	38	16	4	6	6	2982
Março	1748	599	377	247	291	151	91	56	29	13	6	10	3618
Abril	949	268	112	63	85	52	24	12	5	8	2	1	1581
Maio	728	143	60	28	34	18	9	5	0	1	0	1	1027
Junho	495	64	19	9	13	2	1	2	0	0	0	0	605
Julho	510	59	21	9	5	3	1	0	0	0	0	0	608
Agosto	472	74	13	10	10	4	2	1	0	0	0	0	586
Setembro	701	198	87	50	59	22	9	4	2	1	0	0	1133
Outubro	1354	502	269	167	186	70	52	18	9	6	3	2	2638
Novembro	2013	828	494	392	451	238	122	79	31	25	11	13	4697
Dezembro	2176	1070	654	453	552	308	170	99	55	17	16	19	5589
Total	14458	5154	2853	1967	2355	1194	674	389	179	91	53	62	29429

(e)

Total Precipitado (PT) (mm)													
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90	Total
Janeiro	1128	534	485	345	481	256	137	85	53	31	25	39	3599
Fevereiro	1035	493	399	246	330	176	112	69	44	29	19	38	2990
Março	1326	492	434	317	417	222	118	74	35	30	25	48	3538
Abril	1178	424	297	231	261	122	65	48	26	19	9	32	2712
Maio	1068	349	282	193	172	77	30	16	11	8	3	9	2218
Junho	1144	382	236	126	117	54	20	14	6	4	10	10	2123
Julho	1267	389	215	125	116	52	24	16	8	4	5	4	2225
Agosto	1213	345	204	114	102	39	15	6	5	2	2	5	2052
Setembro	1146	338	278	223	212	112	60	38	5	12	1	10	2435
Outubro	1085	389	349	208	261	136	68	34	20	12	5	8	2575
Novembro	1062	479	407	262	385	234	142	63	45	30	15	38	3162
Dezembro	1133	502	510	413	465	290	158	105	69	40	33	48	3766
Total	13785	5116	4096	2803	3319	1770	949	568	327	221	152	289	33395

(f)

Total Precipitado (PT) (mm)													
Mês	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90	Total
Janeiro	5288	2944	1871	1397	1763	1017	571	286	165	91	54	100	15547
Fevereiro	4097	2049	1277	920	1127	556	321	155	79	39	22	25	10667
Março	4656	2320	1226	884	1099	632	306	160	87	46	28	31	11475
Abril	2567	990	535	369	353	159	79	41	23	14	0	7	5137
Maio	2045	738	398	229	251	92	46	24	15	2	4	2	3846
Junho	886	283	122	83	83	46	8	4	1	0	0	0	1516
Julho	1128	309	175	91	82	24	6	3	2	1	0	0	1821
Agosto	1255	419	224	146	128	57	15	6	0	3	0	0	2253
Setembro	2442	993	597	364	414	171	80	24	13	8	4	2	5112
Outubro	3503	1586	915	625	802	379	173	62	31	15	7	5	8103
Novembro	4832	2524	1456	1070	1409	721	399	220	116	39	33	29	12848
Dezembro	5479	3123	1958	1545	1958	970	560	288	150	82	46	70	16229
Total	38178	18278	10754	7723	9469	4824	2564	1273	682	340	198	271	94554

continua...

(g)

Total Precipitado (PT) (mm)													
Mês	0-5	5-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	>90	Total
Janeiro	487	307	206	133	143	62	39	25	11	5	3	10	1431
Fevereiro	407	249	143	90	113	44	23	11	8	3	1	4	1096
Março	453	258	186	98	151	82	43	31	14	4	6	9	1335
Abril	410	254	170	127	169	97	41	30	14	14	5	8	1339
Maio	323	222	130	84	107	81	48	35	20	10	4	12	1076
Junho	380	234	164	124	130	84	51	27	19	9	6	5	1233
Julho	306	186	101	91	105	52	31	18	11	4	3	6	914
Agosto	253	144	93	60	71	31	13	3	3	1	0	0	672
Setembro	371	265	172	121	177	100	62	32	22	9	6	16	1353
Outubro	421	211	151	104	154	99	64	33	14	8	1	8	1268
Novembro	308	220	133	87	106	61	31	25	15	8	4	2	1000
Dezembro	365	245	160	91	124	46	33	9	8	4	0	0	1085
Total	4484	2795	1809	1210	1550	839	479	279	159	79	39	80	13802

Foram utilizadas, conforme as regiões estudadas, os seguintes números de estações: região I – 32 estações; II – 85; III – 12; IV – 49; V – 45; VI – 138; e VII – 53, totalizando 418 estações. Para a obtenção das variáveis associadas ao perfil da precipitação na região I, em virtude do pequeno número de observações, houve a necessidade do agrupamento de todas as informações em que o total precipitado excedeu 70 mm. Na região III, em que a carência de informações era ainda maior, optou-se por usar os parâmetros da região I.

A função selecionada para representação da duração da precipitação foi a gama que, segundo SEDIYAMA et al. (1978), se ajusta muito bem a variáveis aleatórias contínuas em climatologia, sendo sua função acumulativa de probabilidade expressa por

$$F(x) = \frac{1}{\tilde{\Gamma}(\hat{\alpha}) \hat{\alpha}^{\hat{\alpha}}} \cdot \int_0^x \hat{\alpha}^{\hat{\alpha}-1} e^{-\frac{x}{\hat{\alpha}}} dx \quad (8)$$

em que $F(x)$ é a probabilidade de ocorrência do evento x ; x é a variável aleatória contínua; α é o parâmetro de posição de x ; β é o parâmetro de escala de x ; e $\Gamma(\alpha)$ é a função gama do parâmetro α .

Com base nos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%) verificou-se que a distribuição dos dados de duração da precipitação se ajusta bem à distribuição de probabilidade gama.

Os parâmetros de posição () e de escala () da distribuição gama foram obtidos, portanto, para cada mês e para cada faixa de total precipitado sendo, nos casos em que houve a necessidade de agrupar os dados, obtidos para o agrupamento.

Para a geração dos valores de duração para os dias chuvosos foi utilizada a metodologia proposta por SEDIYAMA et al. (1978), a qual consiste em, primeiramente, gerar um conjunto de números aleatórios, variando entre zero e um, com extensão igual ao número de dias chuvosos da série sintética gerada. Substituiu-se então a probabilidade de ocorrência da precipitação (equação 8) pelo valor do número aleatório obtido para o dia, resolvendo-se a equação, sendo x o valor obtido para a duração da precipitação para o evento considerado e a resolução desta equação efetuada pelo método das somas de Riemann (ZANETTI, 2003).

3.2.1.3. Intensidade máxima instantânea de precipitação

Tendo em vista testes preliminares realizados com os dados observados de 20 estações pluviográficas e resultados de estudos anteriores (CONOLLY et al., 1998 e MENABDE e SIVAPALAN, 2000), verificou-se que a intensidade máxima instantânea possui uma alta correlação com o total precipitado e baixa correlação com a duração da precipitação. Com isso, a intensidade máxima instantânea foi gerada de forma semelhante à duração da precipitação, com base em uma distribuição de probabilidade gama, sendo os parâmetros e obtidos para cada mês e para cada faixa de total precipitado, considerando-se todos os eventos das estações de uma mesma região homogênea.

3.2.1.4. Tempo de pico padronizado

De forma semelhante à geração da duração efetiva e da intensidade máxima instantânea, a geração do tempo de pico padronizado, obtido pela razão entre o tempo de pico e a duração efetiva do evento, foi feita considerando a correlação com o total precipitado, dividindo-se os eventos por faixa de total precipitado para a obtenção dos parâmetros de entrada do modelo. Utilizou-se, porém, para a geração desta variável uma distribuição de probabilidade exponencial, que foi a distribuição com melhor ajuste, tendo em vista os resultados obtidos pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20% de significância) e Qui-quadrado (5% de significância). A função acumulativa de probabilidade da distribuição exponencial é expressa por

$$F(x) = \int_0^x f(t) dt = \int_0^x \frac{1}{\xi} e^{-\frac{t}{\xi}} dt = 1 - e^{-\frac{x}{\xi}} \quad (9)$$

em que ξ é o único parâmetro da distribuição, sendo expresso pelo inverso da média.

3.2.1.5. Perfil de precipitação

O perfil de precipitação foi representado pelo modelo proposto por NICKS et al. (1995) e utilizado por OLIVEIRA (2003), baseado nas equações

$$i_i^* = a_f e^{b_f t_i^*} \quad 0 \leq t_i^* < t_p^* \quad (10)$$

e

$$i_i^* = c_f e^{-d_f t_i^*} \quad t_p^* \leq t_i^* \leq 1,0 \quad (11)$$

em que i_i^* é a intensidade padronizada, adimensional; a_f , b_f , c_f , d_f são os parâmetros de ajuste do modelo; e t_i^* é o tempo padronizado, adimensional.

A intensidade padronizada (i_i^*) é a razão entre a intensidade (i) e a intensidade média do evento. O valor do tempo padronizado (t_i^*) é obtido pela razão entre o tempo e a duração efetiva do evento de precipitação. Os valores de a_f , b_f , c_f , e d_f são obtidos com base nas equações

$$1 - e^{-b_f t_i^*} = \frac{b_f t_i^*}{i_i^*} \quad (12)$$

$$a_f = i_i^* e^{-b_f t_i^*} \quad (13)$$

$$d_f = \frac{b_f t_i^*}{(1 - t_i^*)} \quad (14)$$

$$c_f = i_i^* e^{d_f t_i^*} \quad (15)$$

Primeiramente o valor de b_f é determinado resolvendo a equação 12 por meio do método iterativo de Newton-Raphson. Os demais parâmetros são calculados pela aplicação direta das equações 13, 14 e 15.

Uma vez obtidos os parâmetros a_f , b_f , c_f e d_f , foi possível plotar as duas equações exponenciais (equações 10 e 11) que, em conjunto, representam o perfil diário de precipitação.

3.2.2. Temperaturas máxima e mínima e radiação solar

O desenvolvimento do modelo para a geração de séries sintéticas de temperaturas máxima e mínima e radiação solar foi realizado com base em um processo estocástico multivariado contínuo, conforme metodologia proposta por MATALAS (1967) e aplicada para estas três variáveis por RICHARDSON (1981). As séries destas variáveis são geradas de forma conjunta, considerando o alto grau de associação existente entre elas, com base nas equações

$$T_{\text{máx}} = \bar{T}_{\text{máx}} + \acute{o}_{\text{máx}} T'_{\text{máx}} \quad (16)$$

$$T_{\text{mín}} = \bar{T}_{\text{mín}} + \acute{o}_{\text{mín}} T'_{\text{mín}} \quad (17)$$

$$RAD = \overline{RAD} + \sigma_{\text{rad}} RAD' \quad (18)$$

em que $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$ são os valores de temperaturas máxima e mínima geradas para cada dia da série sintética, °C; RAD é o valor de radiação solar para cada dia da série sintética, J/m^2 ; $\bar{T}_{\text{máx}}$ e $\bar{T}_{\text{mín}}$ são as médias das séries observadas de temperaturas máxima e mínima, °C; $\overline{RAD}$ é a média da série observada de radiação solar, J/m^2 ; $\acute{o}_{\text{máx}}$ e $\acute{o}_{\text{mín}}$ são os desvios padrão das séries observadas de temperatura máxima, mínima, °C; $\acute{o}_{\text{rad}}$ é o desvio padrão da série observada de radiação solar, J/m^2 ; e $T'_{\text{máx}}$, $T'_{\text{mín}}$ e RAD' são os resíduos gerados para cada variável, adimensionais.

Os resíduos são gerados para cada dia da série sintética pela seguinte equação

$$\begin{bmatrix} T'_{\text{máx}} \\ T'_{\text{mín}} \\ RAD' \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} T'_{\text{máx}_{-1}} \\ T'_{\text{mín}_{-1}} \\ RAD'_{-1} \end{bmatrix} + B \begin{bmatrix} \bullet \cdot r_{\text{máx}} \\ \bullet \cdot r_{\text{mín}} \\ \bullet \cdot r_{\text{RAD}} \end{bmatrix} \quad (19)$$

em que $T'_{\text{máx}_{-1}}$, $T'_{\text{mín}_{-1}}$ e RAD'_{-1} são os resíduos para o dia anterior, $\bullet \cdot r_{\text{máx}} \in \bullet \cdot r_{\text{mín}} \in \bullet \cdot r_{\text{RAD}}$ são os números aleatórios independentes e normalmente distribuídos, com média igual a zero e desvio padrão igual a um, gerados para cada dia da série sintética, adimensionais; e A e B são as matrizes de ordem três que consideram o grau de correlação entre as variáveis, sendo expressas pelas equações

$$A = M_1 \cdot M_0^{-1} \quad (20)$$

$$B \cdot B^T = M_0 - M_1 \cdot M_0^{-1} \cdot M_1^T \quad (21)$$

em que M_0 é a matriz de correlação entre as variáveis sem defasagem; e M_1 é a matriz de correlação considerando-se uma defasagem de um dia entre as variáveis consideradas.

Os resíduos de cada dia da série observada são calculados subtraindo-se a média e dividindo-se pelo desvio padrão da série de dados observados, sendo que, para o primeiro dia da série, a média dos valores dos resíduos de cada variável é considerada no lugar do resíduo do dia anterior.

O uso da equação 19 implica que os resíduos das variáveis são normalmente distribuídos e que a correlação serial de cada variável pode ser descrita por um modelo de autoregressão linear de primeira ordem (MATALAS, 1967). A matriz B pode ser qualquer matriz que seja a solução dessa equação, podendo ser obtida pelo método da decomposição triangular inferior de Cholesky (BRAS e RODRIGUEZ-ITURBE, 1985; PRESS et al., 1986), sendo que informações mais detalhadas sobre os mecanismos de ajuste deste modelo podem ser encontradas em MATALAS (1967), RICHARDSON (1981), WILKS (1995) ou WILKS (1999).

Após a geração de cada uma das variáveis para todos os dias dos anos simulados, foi analisada a possibilidade de incorporação da correção das médias e dos desvios padrão mensais com a finalidade de melhorar o ajuste da série sintética em relação à série real. As correções são efetuadas por meio de um ajuste proporcional nos valores diários de cada variável. A correção da média é feita com o uso da equação (OLIVEIRA, 2003)

$$X' = \frac{\bar{x}_j}{\bar{x}_{j_c}} X \quad (22)$$

em que X' é a variável climática com média corrigida; $\bar{x}_j$ é a média mensal da série gerada da variável climática; $\bar{x}_{j_c}$ é a média mensal observada da variável climática; e X é o valor diário da variável climática a ser corrigida.

A correção do desvio padrão, sem alterar a média, é feita pela equação

$$X_c = (X' - \bar{x}_j) \frac{s_j}{s_{jc}} + \bar{x}_j \quad (23)$$

em que X_c é a variável climática corrigida, mm; s_j é o desvio padrão da variável climática antes da correção; e s_{jc} é o desvio padrão da variável climática calculada a partir dos valores de precipitação obtidos pela equação 22.

3.2.3. Velocidade do vento

A velocidade média diária do vento foi estimada a partir de uma distribuição de probabilidade Pearson tipo III normalizada, cuja função acumulativa de probabilidade é expressa pela equação 7. Os valores diários são gerados da mesma forma que os valores de total precipitado diário, usando-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de assimetria dos valores observados de velocidade do vento.

Os valores diários de velocidade do vento não foram corrigidos pelas equações 22 e 23 porque esta correção provocou a ocorrência de muitos valores negativos.

3.2.4. Umidade relativa do ar

A distribuição de probabilidade beta foi utilizada para a geração da umidade relativa no modelo para geração de dados climáticos. A sua função de distribuição acumulada de probabilidade pode ser expressa pela equação

$$F(X) = \frac{\tilde{A}(p+q)}{\tilde{A}(p)\tilde{A}(q)} \cdot \frac{1}{\xi} X^{(p-1)}(1-X)^{q-1} dx \quad (24)$$

Os valores dos parâmetros p e q são obtidos pelas equações (YAO, 1974)

$$p = \frac{\hat{i}_1'(\hat{i}_1' - \hat{i}_2')}{\left(\hat{i}_2' - \hat{i}_1'^2 \right)} \quad (25)$$

$$q = \frac{(1 - \mu_1')(\mu_1' - \mu_2')}{(\mu_2' - \mu_1'^2)} \quad (26)$$

em que, μ_1' e μ_2' são expressos pela média e pela variância dos dados observados, respectivamente.

Desta forma, a umidade relativa, para cada dia da série sintética, foi gerada de maneira semelhante às variáveis associadas ao perfil de precipitação, porém utilizando a distribuição de probabilidade beta (equação 24), sendo que foi analisada a possibilidade de incorporação da correção das médias e dos desvios padrão mensais com a finalidade de melhorar o ajuste da série sintética em relação à série real, utilizando para tanto as equações 22 e 23.

3.2.5. Validação do modelo

Para a validação do modelo para a geração de séries sintéticas de dados climáticos foram geradas séries de precipitação com 100 anos de duração para 288 estações pluviométricas (Figura 7a), sendo 34 estações localizadas na região I, 72 na região II, 6 na região III, 39 na região IV, 35 na região V, 67 na região VI e 43 na região VII. Foram geradas ainda séries de temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa com 100 anos de duração para as 94 estações climatológicas estudadas (Figura 7b). Nos apêndices 1 e 3 são apresentadas as relações das estações pluviométricas e climatológicas, respectivamente, utilizadas na validação do modelo.

A comparação dos resultados obtidos com a aplicação do modelo desenvolvido e os valores observados foi feita utilizando as médias mensais e desvios padrão correspondentes às seguintes variáveis: duração efetiva dos eventos diários de precipitação; intensidade máxima instantânea de precipitação; tempo até a ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação; temperaturas máximas e mínimas; radiação solar; velocidade do vento e umidade relativa.

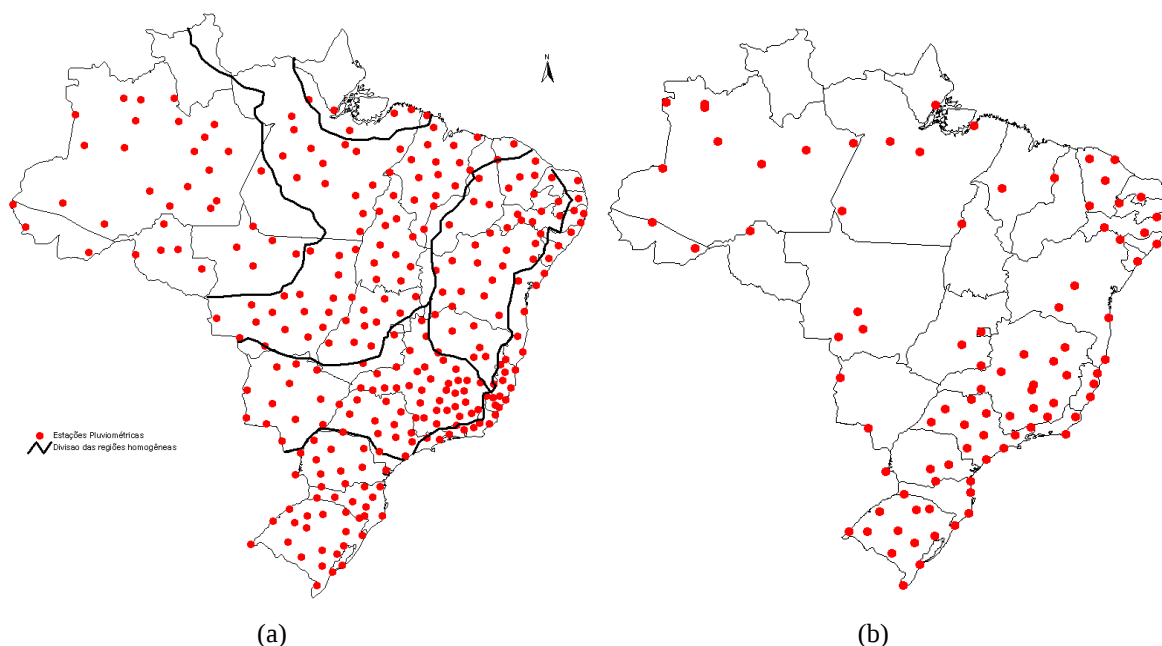


Figura 7. Estações pluviométricas (a) e climatológicas (b) utilizadas na validação do modelo.

Os testes utilizados nesta comparação foram: a) erros relativos percentuais; b) coeficiente de correlação da equação de regressão linear entre os dados observados e gerados pelo modelo; c) índices de concordância (“d”) e de confiança (“c”); e d) testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado.

O cálculo dos erros relativos percentuais (ERP) foi feito com o uso da equação

$$ERP = \frac{E - O}{O} 100 \quad (27)$$

em que ERP é o erro relativo percentual, %; E é o valor estimado pelo modelo; e O é o valor observado.

O ajuste de equações de regressão linear simples foi feito a fim de verificar a dispersão das médias mensais simuladas em relação às médias mensais observadas, sendo que a verificação foi feita por meio do coeficiente de correlação (r) das regressões.

Em virtude do coeficiente determinação fornecer apenas o grau de precisão do modelo, foi também calculado, com base na equação 28, o índice de

concordância “d” proposto por WILLMOTT (1981), a fim de se verificar o grau de exatidão com que a variável observada é estimada. Esse índice varia entre zero e um, sendo que, quanto mais próximo de um, melhor a exatidão do modelo em estimar a variável dependente.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (28)$$

em que d é o índice de concordância; E_i é o i-ésimo valor estimado; O_i é o i-ésimo valor observado; e $\bar{O}$ é a média dos valores observados.

A fim de se analisar conjuntamente a precisão e a exatidão dos resultados obtidos, foi determinado também o índice de confiança (c), proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997) e calculado pelo produto entre o coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância (d). Neste caso foi adotado como critério de avaliação do desempenho do modelo os valores apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Análise do desempenho do modelo com base no índice de confiança

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Ruim
0,41 a 0,50	Muito ruim
< 0,40	Péssimo

Foi analisada também, por meio dos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado, a 20 e 5% de significância, respectivamente, a aderência entre as distribuições de frequência das séries de dados observados e gerados.

3.3. Aperfeiçoamento do modelo computacional ClimaBR

A necessidade de um grande número de procedimentos matemáticos repetitivos para a aplicação do modelo proposto gera um elevado esforço computacional, o que tornou indispensável o aprimoramento da versão 1.0 do ClimaBR, desenvolvida por ZANETTI (2003). Além disso, a base de dados inicialmente disponibilizada pelo modelo computacional era limitada ao Estado do Rio de Janeiro, tendo sido esta ampliada para todo o território brasileiro.

O modelo computacional, denominado CLIMABR 2.0, foi desenvolvido em ambiente de programação Borland Delphi 6.0, possibilitando a sua execução em plataforma “Windows” para gerar as séries sintéticas de dados climáticos, juntamente com o respectivo perfil instantâneo de cada evento de precipitação.

O programa permite a aplicação do modelo desenvolvido, bastando que o usuário selecione no banco de dados uma estação pluviométrica para a geração da série sintética de precipitação e uma estação climatológica para a geração das temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

O sistema gerenciador de banco de dados, utilizado para definir e manipular o banco de dados necessário para o funcionamento do modelo computacional foi o Microsoft Access 2000. Esse banco de dados é disponibilizado logo após a instalação do modelo computacional e foi gerado a partir de informações de séries históricas correspondentes a 826 estações pluviométricas, 418 pluviográficas e 170 climatológicas (Figura 5), localizadas nas sete diferentes regiões homogêneas em termos de precipitação do Brasil.

Na Figura 8 é apresentado um diagrama com as tabelas do banco de dados, sendo as informações de cada tabela detalhadas a seguir.

EstacaoPrec:. Armazena as informações relativas às estações pluviométricas como código, nome, município, número de anos em que haviam informações disponíveis para a geração dos dados relativos à estação, etc.

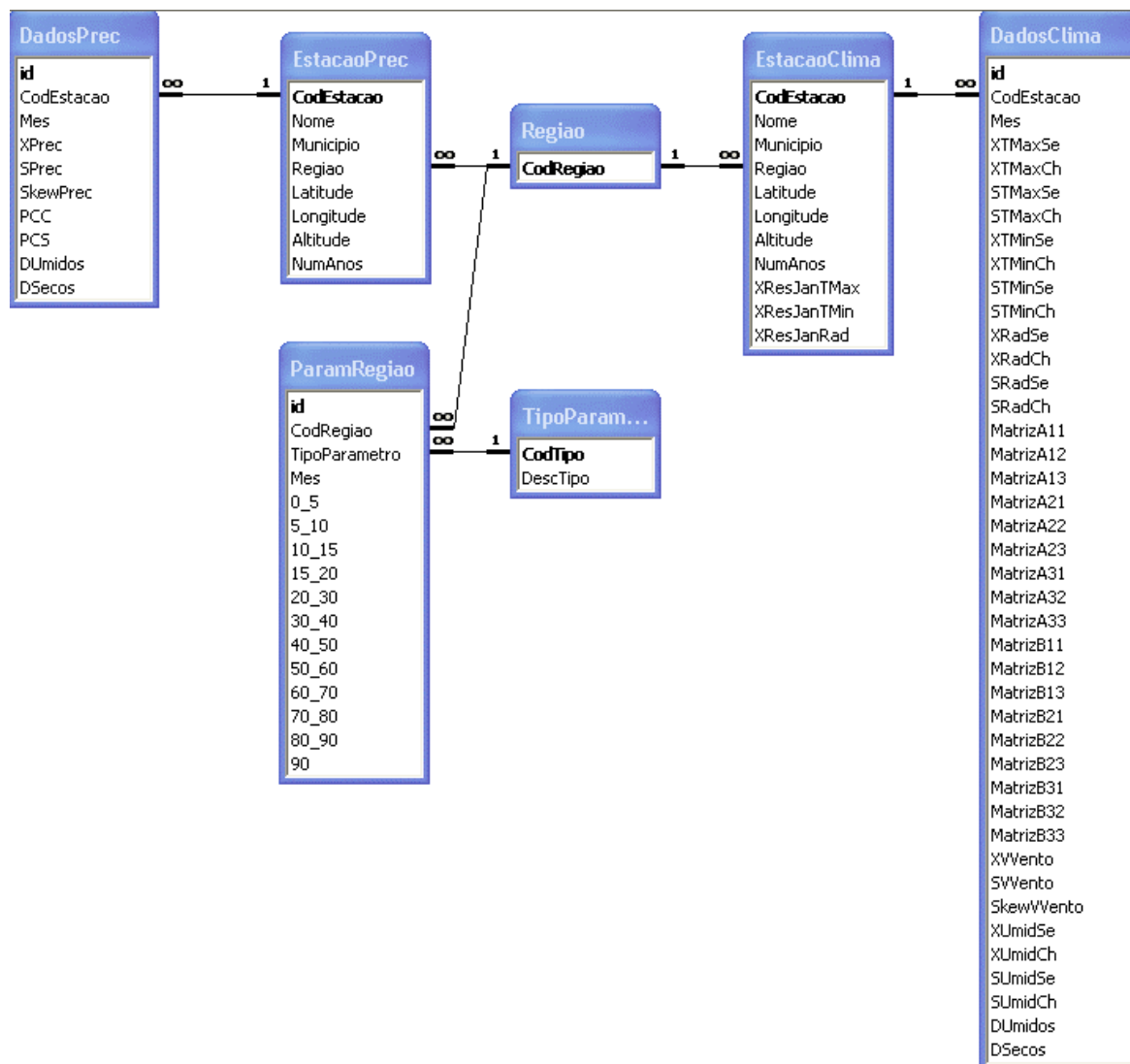


Figura 8. Diagrama contendo as tabelas do banco de dados.

DadosPrec: Armazena os dados de precipitação referentes a uma estação pluviométrica, como média e u padrão da precipitação, coeficiente de assimetria, probabilidade de se ter um dia chuvoso sendo o dia anterior chuvoso, probabilidade de um dia ser chuvoso após um dia seco e a quantidade de dias secos e chuvosos presentes na série que deu origem aos dados. Esta tabela se relaciona com a tabela *EstacaoPrec* através do campo *CodEstacao*.

EstacaoClima: Armazena as informações relativas às estações climatológicas, assim como é feito para as estações pluviométricas.

DadosClima: Armazena os dados relativos a uma estação climatológica. Esta tabela possui os atributos *Mes*, *DUmidos* e *DSecos* e se relaciona com uma estação

através do campo *CodEstacao*. Os dados armazenados são as médias e os desvios padrão referentes à temperatura máxima, temperatura mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. As letras *X* ou *S*, que iniciam o nome dos campos, indicam que o campo se refere, respectivamente, à média ou ao desvio padrão. Além disso, os dados das variáveis também são divididos entre dias secos e chuvosos, sendo que esta divisão é representada respectivamente por *Se* e *Ch* no final do nome do campo. A variável velocidade do vento possui um campo referente ao coeficiente de assimetria observado. Além desses dados, esta tabela também armazena os nove elementos das duas matrizes de correlação entre a temperatura máxima, a temperatura mínima e a radiação solar que são usadas para a simulação destas variáveis.

Regiao: Apesar de armazenar apenas o código das regiões homogêneas em termos de precipitação, esta tabela tem grande importância já que é através dela que o banco de dados faz o relacionamento das estações pluviométricas e climatológicas com os parâmetros de suas respectivas regiões.

ParamRegiao: Armazena, para cada região, os parâmetros requeridos para o ajuste das distribuições de probabilidade usadas no cálculo da duração, intensidade máxima instantânea e tempo de pico padronizado de cada evento de precipitação. Além de serem divididos por região, estes parâmetros foram divididos por mês e por faixa de total precipitado. O campo *TipoParametro* indica, para cada registro, se os parâmetros são referentes à duração, intensidade de pico ou tempo de pico, sendo utilizado também para fazer o relacionamento entre as tabelas *ParamRegiao* e *TipoParametro*.

TipoParametro: Esta tabela armazena quais são os tipos de parâmetros armazenados na tabela *ParamRegiao*. Esses parâmetros são: alfa e beta para a distribuição gama, usada para o cálculo da duração e da intensidade de pico e a média do tempo de pico, que é o único parâmetro utilizado no ajuste da distribuição exponencial para a simulação desta variável.

A quantidade de informações contida nesse banco de dados pode ainda ser ampliada através da inclusão de novas estações a partir dos bancos de dados disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas) e pelo INMET (Instituto

Nacional de Meteorologia). Para isso, basta que o usuário selecione o arquivo referente ao banco de dados onde está a estação que se deseja adicionar e logo em seguida selecione a estação que será adicionada. O modelo computacional permite a escolha do número de anos a serem simulados e também permite a utilização ou não das equações de correção da média e do desvio padrão (equações 22 e 23).

Os valores das temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa são gerados diariamente para todos os anos simulados. Nos dias chuvosos, o programa também calcula o total precipitado, a duração do evento, o tempo de pico padronizado, a intensidade máxima instantânea e os parâmetros adimensionais (a_f , b_f , c_f , d_f) da função dupla-exponencial que representam o perfil de cada evento de precipitação gerado.

Após a geração da série sintética, o modelo computacional permite ainda o arquivamento da série sintética gerada em um arquivo texto e a análise visual de gráficos como: dados diários, comparação dos totais mensais das séries gerada e observada, reta de regressão linear entre os dados observados e gerados e o traçado do perfil de precipitação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de apresentação e discussão dos resultados dividiu-se a análise considerando, de forma individualizada, o comportamento das seguintes variáveis: perfil de precipitação (duração da precipitação, intensidade e tempo de pico), temperatura máxima, temperatura mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa.

4.1. Perfil de precipitação

Os resultados relativos ao perfil de precipitação foram analisados separadamente para cada região homogênea, comparando-se os valores médios das séries geradas com os valores calculados com base nos dados observados correspondentes à região homogênea considerada, o que foi necessário devido ao pequeno número de informações mensais disponíveis para cada estação, mesmo para aquelas com séries históricas mais extensas.

Tendo em vista o fato de que as precipitações, cuja representação do seu perfil é de maior importância em estudos envolvendo o uso de séries sintéticas são aquelas de maior total precipitado, priorizou-se a representação do perfil para estas precipitações, utilizando-se, para as precipitações de menor magnitude, o mesmo perfil obtido para as maiores precipitações. Assim sendo, utilizou-se para a comparação dos perfis de precipitação típicos apenas as chuvas com total precipitado superior a 20 mm.

4.1.1. Duração efetiva

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo das sete regiões homogêneas está apresentada nas Figuras 9a e 9b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, da duração efetiva.

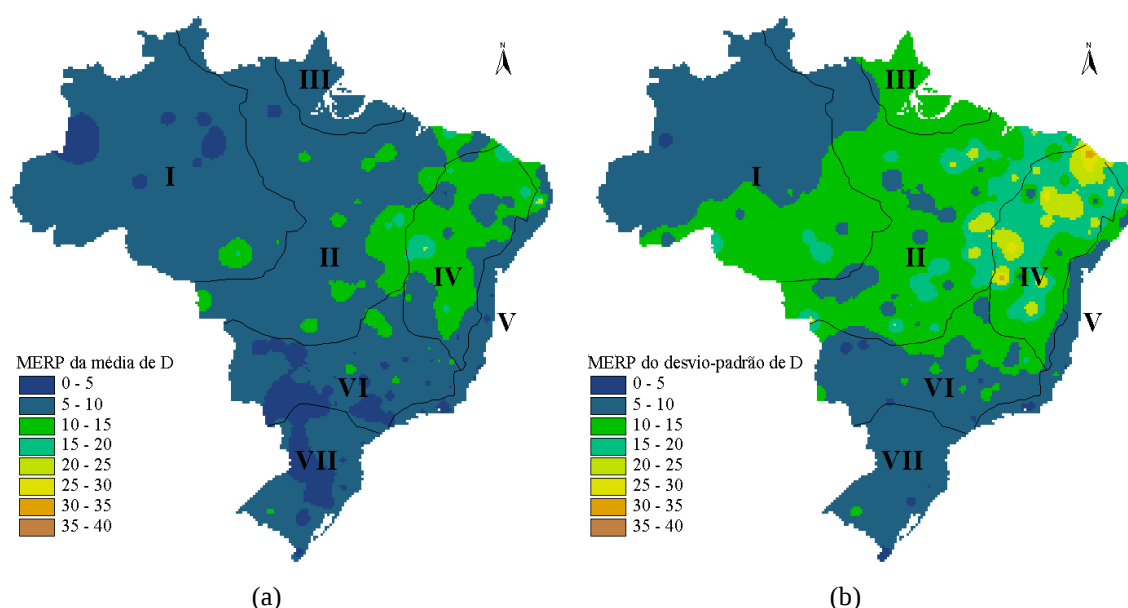


Figura 9. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) da duração efetiva para as sete regiões homogêneas.

Os valores do MERP para a média da duração efetiva (Figura 9a) se situaram, em geral, na faixa de 5 a 10%. Na região IV, entretanto, os valores observados do MERP foram, em geral, correspondentes à faixa de 10 a 15%, sendo ainda verificadas algumas áreas com valores de até 20%. A distribuição espacial do MERP para o desvio padrão (Figura 9b) foi semelhante à observada para a média, porém com magnitude superior, sendo que os valores do MERP se situaram, em geral, na faixa de 5 a 15%. Na região IV, entretanto, os valores foram mais altos, situando-se na faixa de 10 a 25%, com a ocorrência de valores de até 40% no Norte da região IV.

A tendência observada pela comparação das Figuras 9a e 9b, de valores do MERP maiores para o desvio padrão do que para a média da duração efetiva, foi inversa à observada por OLIVEIRA (2003) em estudo realizado para 11 localidades do Estado do Rio de Janeiro. Este autor encontrou os seguintes valores dos módulos

dos erros relativos percentuais (MERP): a) com o uso do modelo desenvolvido - variando entre 12 e 39% para a média e entre 8,8 e 24,8% para o desvio padrão; e b) com o uso do CLIGEN - variando entre 21,3 e 47,7% para a média e entre 38,3 e 60,2% para o desvio padrão. Pela análise da Figura 9 especificamente para o Estado do Rio de Janeiro, que foi o Estado considerado por OLIVEIRA (2003), verifica-se que os MERP encontrados, tanto para a média como para o desvio padrão da duração efetiva, são inferiores a 10%, valores, portanto, muito inferiores aos encontrados nos dois modelos avaliados pelo autor.

Foi observada uma tendência de ocorrência de valores do MERP mais altos na região IV, para a qual o número de dias no ano com chuvas acima de 20 mm (Figura 10) é o mais baixo entre todas as regiões estudadas. Além de possuir um reduzido número de dias chuvosos no ano, esta região também se caracteriza por um longo período de estiagem, sendo as precipitações médias mensais nulas durante praticamente seis meses. Neste período o número de dias chuvosos é muito pequeno, mesmo para séries geradas com 100 anos de extensão, resultando em erros relativos percentuais mais elevados.

Um fator que poderia justificar o comportamento dos valores do MERP nesse período seria o agrupamento de diversos meses para a obtenção dos parâmetros da distribuição gama (Quadro 1). O agrupamento, teoricamente, tende a resultar em erros maiores, em virtude da duração efetiva ser gerada mensalmente, apesar dos parâmetros terem sido ajustados com base em eventos de vários meses agrupados. Porém, constatou-se que esse fator não teve influência expressiva na variação dos valores do MERP, já que a região I, apesar de ter apresentado uma necessidade de agrupamento ainda maior que a região IV, apresentou valores semelhantes aos de outras regiões com menor necessidade de agrupamento.

Verificou-se, com isso, que esse efeito de sazonalidade da ocorrência das precipitações foi o principal fator agindo na distribuição espacial e temporal dos valores do MERP. CONNOLLY et al. (1998), no desenvolvimento de um gerador de precipitação para a Austrália, justificaram os valores mais baixos encontrados pelo fato do número de eventos nessas estações ser baixo (em torno de 22 eventos), dificultando a comparação estatística.

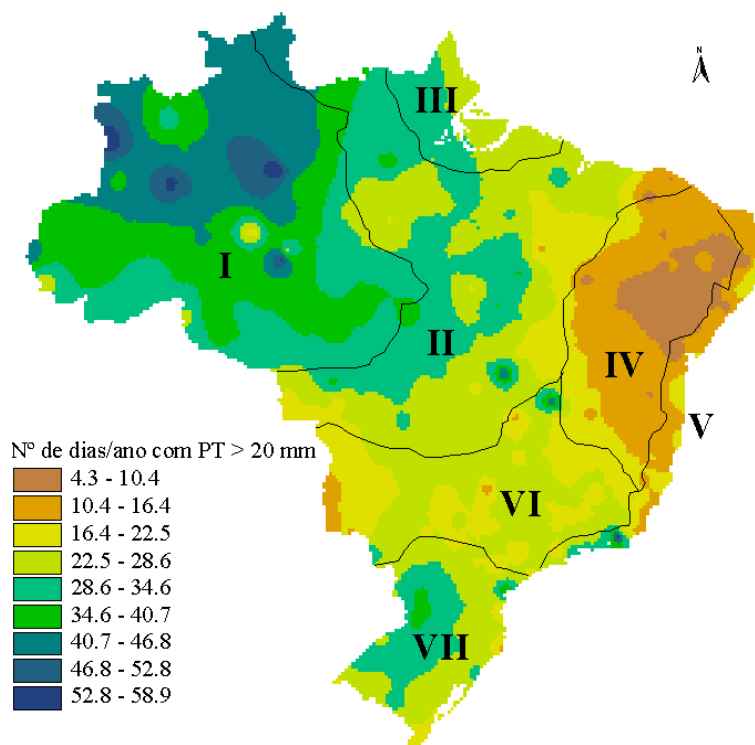


Figura 10. Número de dias no ano com precipitação acima de 20 mm.

A sazonalidade explica também a tendência da região VII apresentar os menores valores do MERP, uma vez que essa região é a que apresenta maior homogeneidade do número de eventos de chuva ao longo do ano, não sendo observado um período de estiagem, como na região IV, o que mantém o número mínimo de eventos necessários para a adequada comparação estatística.

A fim de exemplificar o efeito da sazonalidade de ocorrência das precipitações no valor do MERP da duração efetiva apresenta-se, na Figura 11, os valores médios mensais dos MERP para todas as estações analisadas da região VI, sendo estes correspondentes à média (Figura 11a) e ao desvio padrão (Figura 11b) da duração efetiva. Na Figura 12 é apresentado o número médio de dias com chuvas superiores a 20 mm em cada mês. A região VI foi selecionada por ser a região com maior base de dados, sendo que para as demais regiões os resultados estão apresentados no Apêndice D.

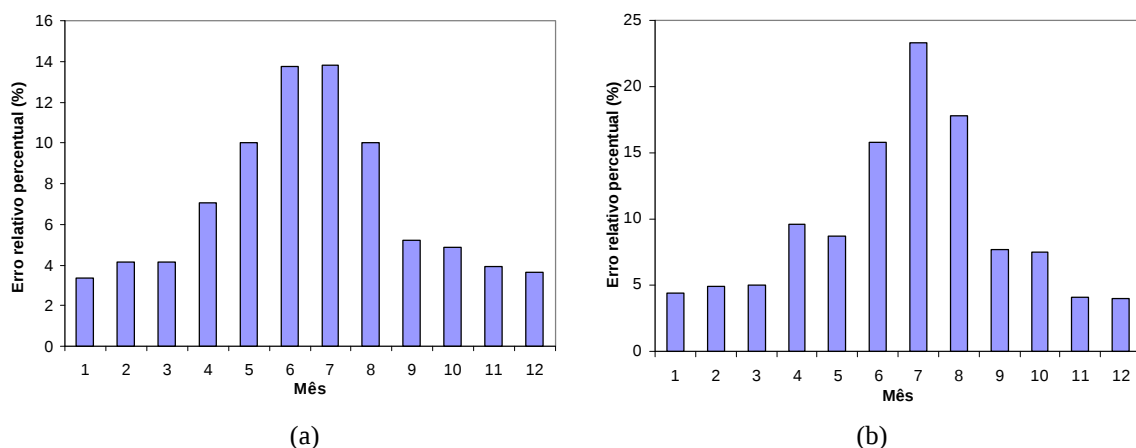


Figura 11. Módulo dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região VI.

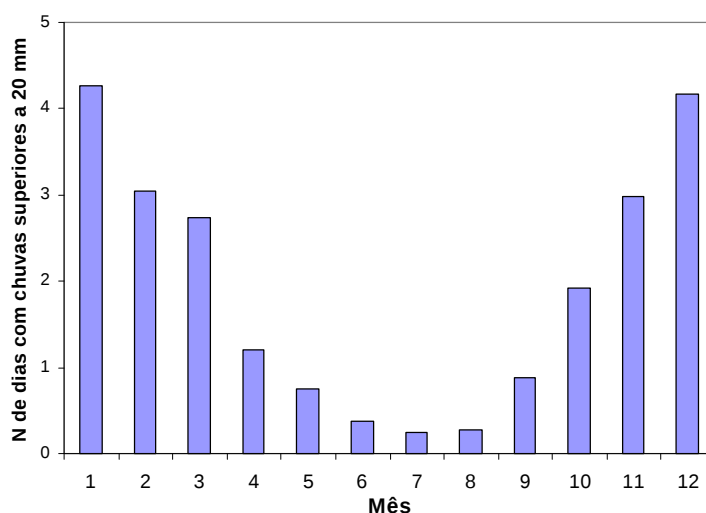


Figura 12. Número de dias com chuvas superiores a 20 mm em cada mês.

Os valores do MERP variaram de 3,6 a 14% para a média e de 3,8 a 23,1% para o desvio padrão, sendo estes desvios inferiores aos obtidos por OLIVEIRA (2003), que encontrou, considerando os valores médios para as 11 localidades utilizadas em seu estudo: a) com o uso do modelo desenvolvido - variações de 13 a 36% para a média e de 17 a 49% para o desvio padrão; e b) com o uso do CLIGEN - variações de 19 a 55% e de 45 a 61% para a média e o desvio padrão, respectivamente. RAUDKIVI e LAWGUN (1972), no desenvolvimento de um modelo para geração de séries sintéticas de precipitação, encontraram, para três localidades da Nova Zelândia, erros relativos percentuais para a duração da chuva

que variaram entre 2 e 12% para a média e entre 5 e 17% para o desvio padrão, sendo que, com base nestes resultados, os autores consideraram que os dados gerados apresentaram excelente ajuste para todos os meses. Vale ainda ressaltar que o número de eventos utilizados pelos autores variou entre 220 e 1017, não tendo sido observado o efeito da sazonalidade na qualidade dos resultados obtidos.

Considerando na região VI apenas os seis meses mais chuvosos do ano os valores do MERP seriam reduzidos a 4 e 5%, para a média e o desvio padrão da duração efetiva, respectivamente, valores que seriam até mesmo inferiores aos encontrados por RAUDKIVI e LAWGUN (1972). Tal análise se justifica porque as estimativas mais importantes do perfil de precipitação são aquelas feitas nos meses mais chuvosos, que tendem a apresentar maior produção de escoamento superficial pelo fato de que o solo já se encontra com umidade elevada. Para as demais utilidades do modelo, como a simulação do crescimento de plantas, a variável relacionada à precipitação que merece maior atenção é o total precipitado, o que corrobora o fato de muitos geradores desenvolvidos com a finalidade de fornecer informações climáticas para simuladores do crescimento de plantas sequer considerarem o perfil de precipitação, gerando apenas o total precipitado.

Na Figura 13 são apresentados os erros relativos percentuais médios de todas as estações analisadas da região VI, referentes à média (Figura 13a) e ao desvio padrão (Figura 13b) da duração efetiva, sendo que os erros relativos variaram entre -1,5 e 2,4% e entre -5,7 e 7,9% para a média e o desvio padrão, respectivamente. Não houve uma tendência definida de subestimativa ou superestimativa da duração efetiva, tanto em relação às médias mensais como para os desvios padrão, ao contrário do que foi observado por OLIVEIRA (2003), que constatou uma tendência de subestimativa tanto das médias mensais como dos desvios padrão com o uso do CLIGEN. No Apêndice E são apresentados os resultados para as demais regiões.

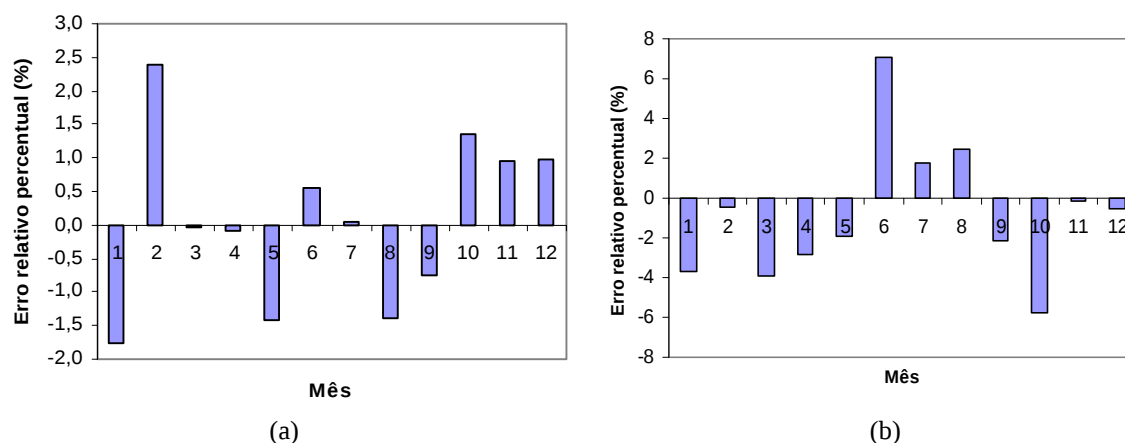


Figura 13. Erros relativos percentuais entre a média (a) e o desvio padrão (b) dos dados observados e gerados na região VI.

Pela análise dos valores do índice de confiança (c) para a média e o desvio padrão da duração efetiva em cada região homogênea (Quadro 3) pode-se verificar um comportamento semelhante ao observado na Figura 9 em relação aos módulos dos erros relativos percentuais, também indicando resultados muito bons, sendo que o índice de confiança para o desvio padrão da duração efetiva foi menor do que para a média em todas as regiões homogêneas.

Quadro 3 – Coeficiente de correlação (r) e índice de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da duração efetiva em cada região homogênea

	Região I		Região II		Região III		Região IV		Região V		Região VI		Região VII	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
r	0,94	0,88	0,93	0,91	0,92	0,86	0,99	0,90	0,99	0,95	0,99	0,97	0,99	0,91
c	0,90	0,84	0,92	0,87	0,89	0,82	0,85	0,80	0,97	0,88	0,99	0,95	0,98	0,86

Também de forma semelhante aos erros relativos percentuais, o índice de confiança da região IV apresentou os piores resultados, tanto para a média quanto para o desvio padrão da duração efetiva. Mesmo para o valor mínimo observado, e correspondente a 0,80 (região IV), pode-se considerar este valor como sendo muito bom conforme o critério proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997) e apresentado no Quadro 2.

No Quadro 3 são também apresentados os coeficientes de correlação para a média e o desvio padrão da duração efetiva de cada região homogênea. Os valores encontrados foram superiores a 0,80, sendo que CONNOLLY et al. (1998), no desenvolvimento de um gerador sintéticas de precipitação encontraram um valor médio de 0,79 para as quatro localidades analisadas.

Com o objetivo de analisar a eficiência do modelo na predição da duração efetiva da precipitação comparou-se as distribuições de freqüência dos eventos observados e gerados com total precipitado acima de 20 mm, o que foi feito para cada estação pluviográfica de modo isolado. Na Figura 14 representa-se essa comparação para a estação pluviográfica Porto Rio Brilhante (02154001), localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, que representa uma tendência de comportamento similar à evidenciada nas demais estações.

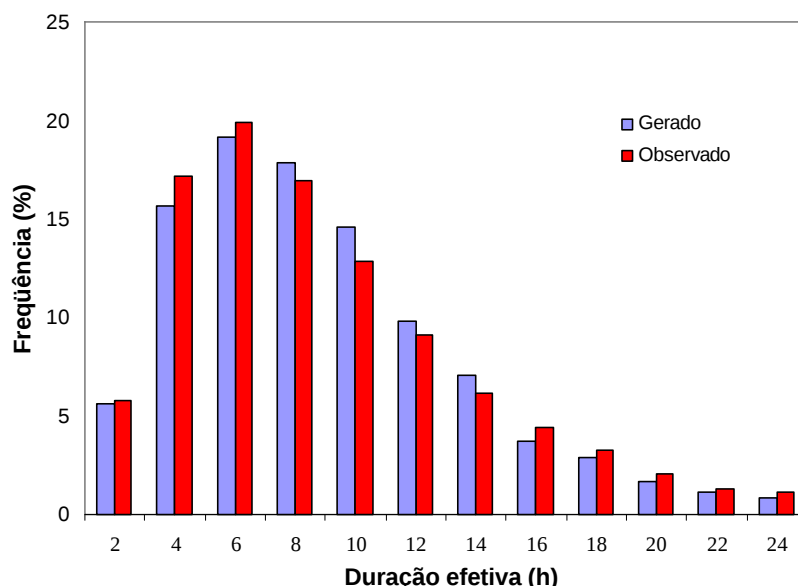


Figura 14. Distribuição de freqüência para a duração efetiva dos eventos observados e gerados com total precipitado acima de 20 mm.

Conforme pode ser observado, o perfil da distribuição de freqüência, tanto dos dados observados como gerados, segue o formato característico da distribuição de probabilidade gama, fato comprovado pela aderência dos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado, que foram significativos a 20 e 5%, respectivamente.

Um outro fato que caracteriza o aprimoramento realizado no modelo proposto por OLIVEIRA (2003), conforme constituía o objetivo deste trabalho, foi o de não ter sido observada a tendência de estimativa irreal de eventos com duração de 24 horas, a qual foi observada por ZANETTI (2003) com o uso do modelo ClimaBR.

A análise do erro relativo percentual, do índice de confiança e da distribuição de freqüência dos dados observados e gerados permite a constatação da eficiência do aprimoramento realizado na metodologia proposta por OLIVEIRA (2003) para a geração da duração efetiva da precipitação, já que todos os testes apresentaram resultados satisfatórios para todas as regiões homogêneas.

4.1.2. Intensidade de pico

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo das sete regiões homogêneas estão apresentados nas Figuras 15a e 15b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, da intensidade de pico (i_p).

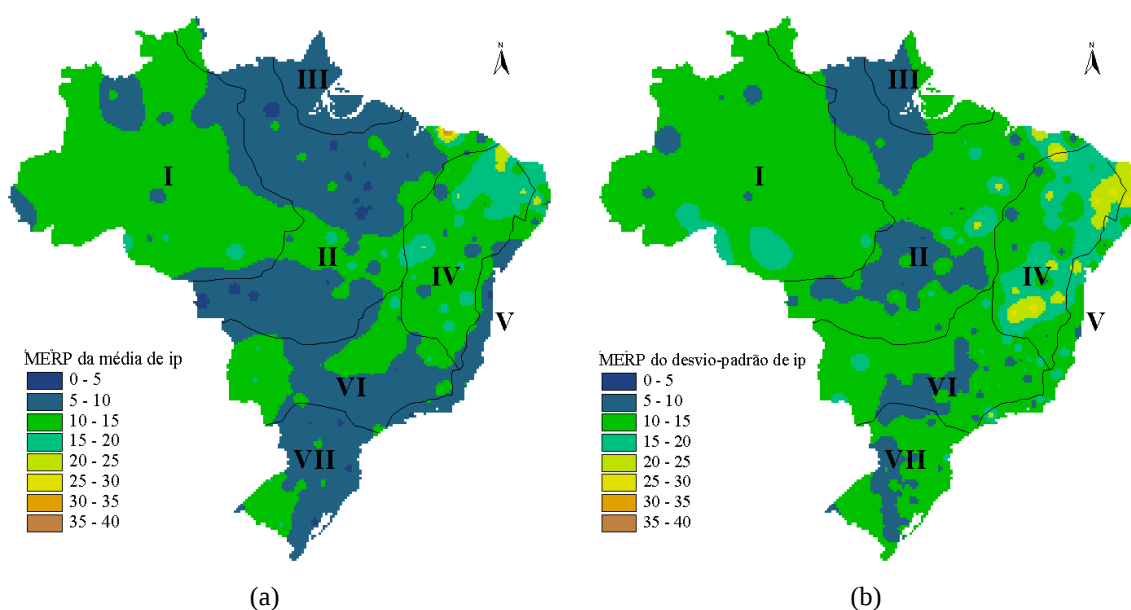


Figura 15. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) da intensidade de pico para as sete regiões homogêneas.

Os valores do MERP para a média da intensidade de pico se situaram, em geral, na faixa de 5 a 15%. Em algumas pequenas áreas das regiões I e V foram encontrados valores de até 20% sendo que na região IV estas áreas foram maiores, com os desvios chegando a até 30%. Em contrapartida, podem ser verificadas também pequenas regiões com valores na faixa de 0 a 5% nas regiões II, VI e VII. Para o Estado do Rio de Janeiro os valores obtidos foram de 5 a 10%, sendo inferiores aos encontrados por OLIVEIRA (2003), que obteve valores variando entre 7,3 e 32,5% com o uso do modelo por ele desenvolvido e de 26,7 a 36,1% usando o CLIGEN.

Com relação ao desvio padrão, os valores do MERP encontrados se situaram, de forma geral, na faixa de 10 a 15%, com algumas áreas com desvios em torno de 5 a 10% e outras com desvios entre 15 a 20%. As regiões II, IV e V apresentaram ainda pequenas áreas com valores entre 20 e 30%, sendo que, para o Estado do Rio de Janeiro, os valores observados foram de 10 a 15% e, portanto, muito inferiores aos encontrados por OLIVEIRA (2003), que obteve valores variando entre 18,7 e 109,1% com o uso do modelo por ele desenvolvido e de 17,1 a 70,6% usando o CLIGEN.

Os valores do MERP foram, em geral, tanto para a média como para o desvio padrão da intensidade de pico, superiores aos valores observados para a duração efetiva da precipitação sendo os valores para o desvio padrão, em geral, superiores aos observados para a média, de forma semelhante ao constatado para a duração efetiva da precipitação.

A fim de analisar o efeito da sazonalidade na qualidade da estimativa da intensidade de pico analisou-se os valores médios mensais dos módulos dos erros relativos percentuais para todas as estações analisadas na região VI (Figura 16), sendo a Figura 16a referente à média e a Figura 16b ao desvio padrão. No Apêndice F são apresentados os resultados para as demais regiões. Pode-se observar que os valores do MERP para o desvio padrão foram pouco superiores aos da média, contrariando a tendência observada para a duração efetiva, para a qual a diferença foi bastante expressiva. Analisando-se a Figura 16 e a Figura 12 nota-se uma tendência de valores mais altos do MERP nos meses menos chuvosos, de forma similar ao comportamento evidenciado para a duração efetiva.

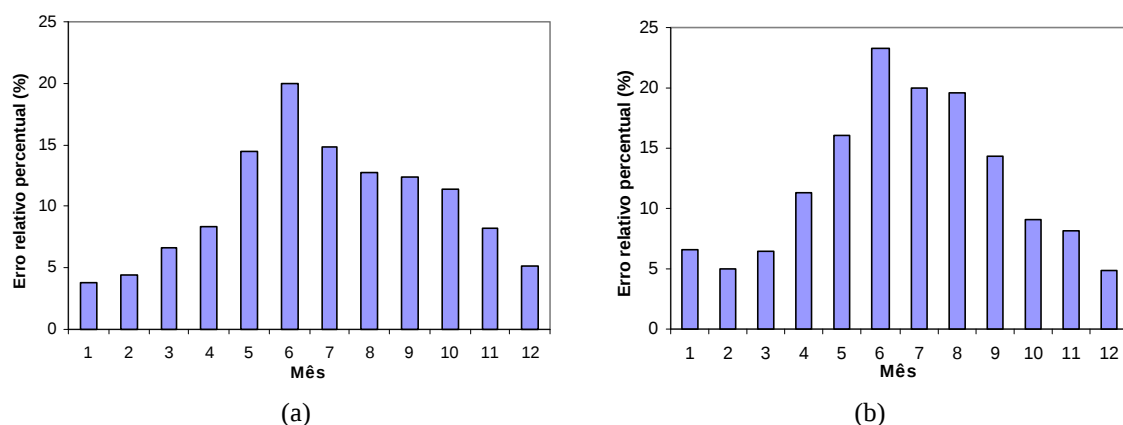


Figura 16. Módulos dos erros relativos percentuais entre a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região VI.

Os módulos dos erros relativos percentuais variaram de 3,8 a 22% para a média e de 4,9 a 23,4% para o desvio padrão, sendo estes desvios inferiores aos reportados por OLIVEIRA (2003), que encontrou, considerando-se os valores médios para as 11 localidades utilizadas: a) com o uso do modelo ClimaBR - variações de 9,1% a 35,2% para a média e de 46,7% a 63,9% para o desvio padrão; e b) com o uso do CLIGEN - variações de 10,4% a 69,3% para a média e 15,9% a 64,9% para o desvio padrão.

Na Figura 17 são apresentados os erros relativos percentuais médios das estações analisadas da região VI, referentes à média (Figura 17a) e ao desvio padrão (Figura 17b) da intensidade de pico, sendo que os resultados para as demais regiões estão apresentados no Apêndice G. Os erros relativos variaram entre -7,2 e 14,4% para a média e entre -12,7 e 10,9% para o desvio padrão, sendo observada uma tendência de superestimativa da intensidade de pico para a região VI, sendo que para o desvio padrão não foi observada essa tendência.

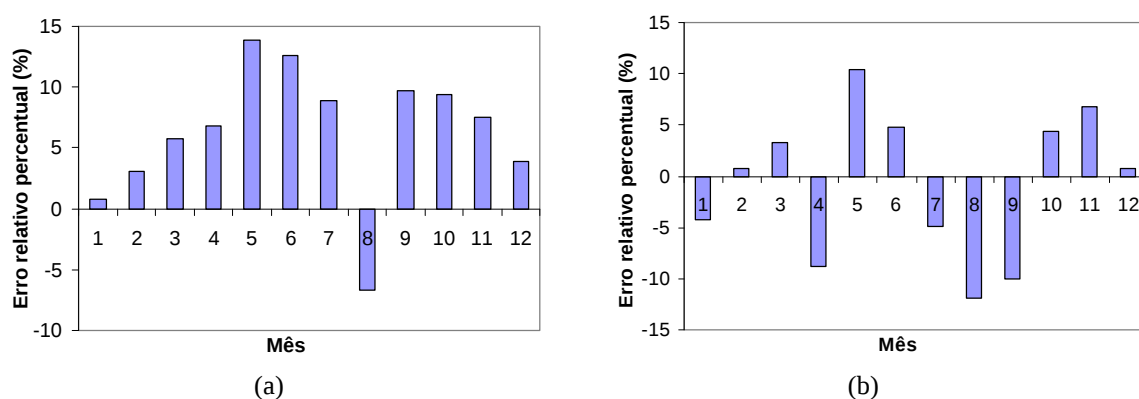


Figura 17. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) dos dados observados e gerados da intensidade de pico na região VI.

No Quadro 4 são apresentados o coeficiente de correlação (r) e o índice de confiança para a média e o desvio padrão da intensidade de pico em cada região homogênea, sendo que pela análise dos valores do índice de confiança pode-se verificar um comportamento semelhante ao observado na Figura 16 em relação aos erros relativos percentuais, em que o índice de confiança para o desvio padrão da intensidade de pico foi menor do que para a média em todas as regiões homogêneas. O valor mínimo observado, correspondente a 0,64 (região IV), pode ser considerado mediano, conforme o critério proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997). Para todos os demais valores tem-se ajustes considerados por estes autores como bom e muito bom.

Quadro 4 – Coeficiente de correlação (r) e índice de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da intensidade de pico em cada região homogênea

	Região I		Região II		Região III		Região IV		Região V		Região VI		Região VII	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
r	0,85	0,82	0,87	0,84	0,86	0,82	0,78	0,75	0,99	0,98	0,95	0,90	0,98	0,88
c	0,75	0,71	0,77	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64	0,99	0,93	0,89	0,87	0,95	0,82

Pela comparação dos valores de coeficiente de correlação encontrados (Quadro 4) com os obtidos por CONNOLLY et al. (1998) verifica-se que os valores encontrados foram superiores à maioria dos valores obtidos por estes autores, que encontraram um valor médio de 0,76 para as quatro estações analisadas.

Na Figura 18 representa-se a comparação das distribuições de frequência dos eventos observados e gerados para a estação pluviográfica Porto Rio Brilhante (02154001). Conforme pode ser observado, o perfil da distribuição de frequência dos dados de intensidade de pico, tanto observados como gerados, segue, tal como para a duração efetiva, o formato característico da distribuição de probabilidade gama, fato comprovado pela aderência dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado, que foram significativos a 20 e 5%, respectivamente.

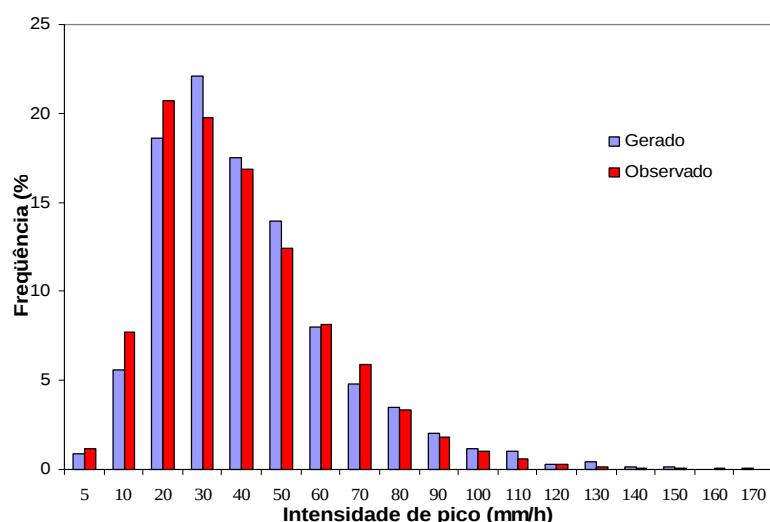


Figura 18. Distribuição de frequência da intensidade de pico dos eventos observados e gerados.

A análise do erro relativo percentual, do índice de confiança e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados permite constatar, tal como já evidenciado para a duração efetiva, a eficiência do aprimoramento realizado na metodologia proposta por OLIVEIRA (2003) para a geração da intensidade de pico da precipitação, já que os testes apresentaram resultados satisfatórios para todas as regiões homogêneas.

4.1.3. Tempo de pico padronizado

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo do território brasileiro estão apresentados nas Figuras 19a e 19b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, do tempo de pico padronizado.

Em geral percebe-se que os valores do MERP, tanto para a média como para o desvio padrão do tempo de pico padronizado, foram superiores aos valores observados para a duração efetiva da precipitação sendo que, de forma semelhante ao observado nas demais variáveis e também no modelo de OLIVEIRA (2003), os valores do MERP para o desvio padrão do tempo de pico padronizado foram, em geral, superiores aos observados para a média, exceto na região VII, em que essa tendência foi inversa.

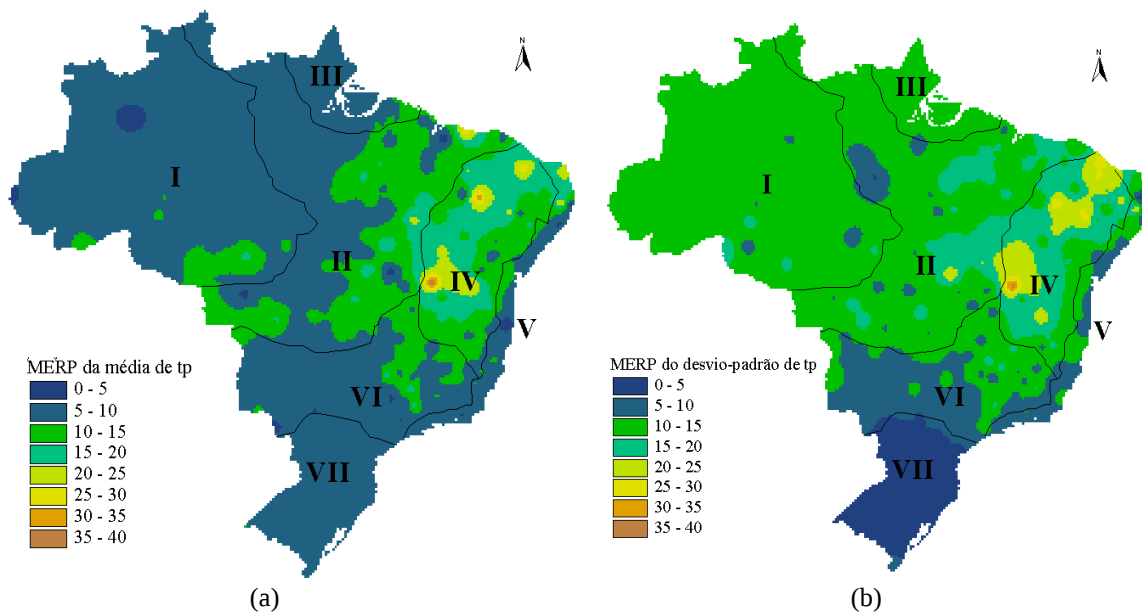


Figura 19. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) do tempo de pico padronizado para as sete regiões homogêneas.

Os valores do MERP para a média do tempo de pico padronizado (Figura 19a) se situaram, em geral, na faixa de 5 a 15%, exceto na região IV, em que os desvios variaram entre 10 e 25%. Com relação ao desvio padrão, os valores do MERP encontrados se situaram, de forma geral, na faixa de 10 a 15% nas regiões I, II, III e IV, de 5 a 15% nas regiões V e VI e de 0 a 5% na região VII. Para o Estado do Rio de Janeiro os valores encontrados foram de 5 a 15%, tanto para a média como para o desvio padrão, sendo inferiores aos obtidos por OLIVEIRA (2003), que encontrou valores variando entre 8 e 30% com o uso do modelo ClimaBR e de 9,7 a 33% usando o CLIGEN.

A fim de analisar o efeito da sazonalidade na qualidade da estimativa do tempo de pico padronizado calculou-se os valores médios mensais dos módulos dos erros relativos percentuais para todas as estações analisadas na região VI (Figura 20), sendo a Figura 20a referente à média e a Figura 20b ao desvio padrão. Os resultados referentes às demais regiões estão apresentados no Apêndice H. Os valores do MERP apresentaram uma tendência de crescimento nos meses menos chuvosos e de serem mais altos para o desvio padrão do que para a média, de forma similar ao comportamento da duração efetiva.

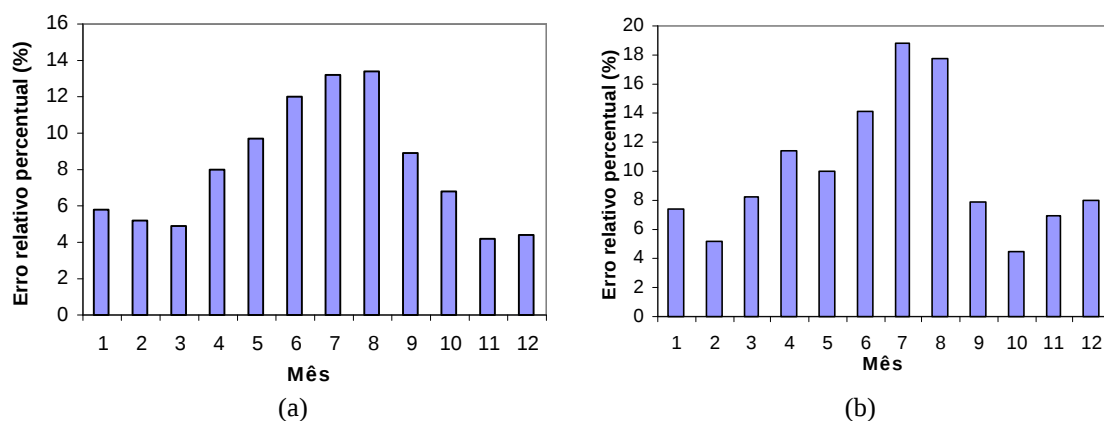


Figura 20. Módulos dos erros relativos percentuais entre a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico padronizado na região VI.

Pela Figura 20 verifica-se que os módulos dos erros relativos percentuais variaram de 4,2 a 13,4% para a média e de 4,6 a 18,9% para o desvio padrão, sendo estes desvios inferiores aos reportados por OLIVEIRA (2003), que encontrou, considerando-se os valores médios para as 11 localidades utilizadas: a) com o uso do modelo ClimaBR - variações de 13,1 a 29,6% para a média e de 22,3% a 43,4% para o desvio padrão; e b) com o uso do CLIGEN - variações de 11,2% a 25,1% para a média e 17,9% a 32,6% para o desvio padrão.

Na Figura 21 são apresentados os erros relativos percentuais médios de das estações da região VI, referentes à média (Figura 21a) e ao desvio padrão (Figura 21b) do tempo de pico padronizado, sendo que os resultados das demais regiões estão apresentados no Apêndice I. Os erros relativos variaram entre -1,4 e -7,3% para a média e entre -0,7 e 9,8% para o desvio padrão, sendo observadas tendências definidas de subestimativa e superestimativa dos valores do MERP do tempo de pico padronizado, para a média e o desvio padrão, respectivamente.

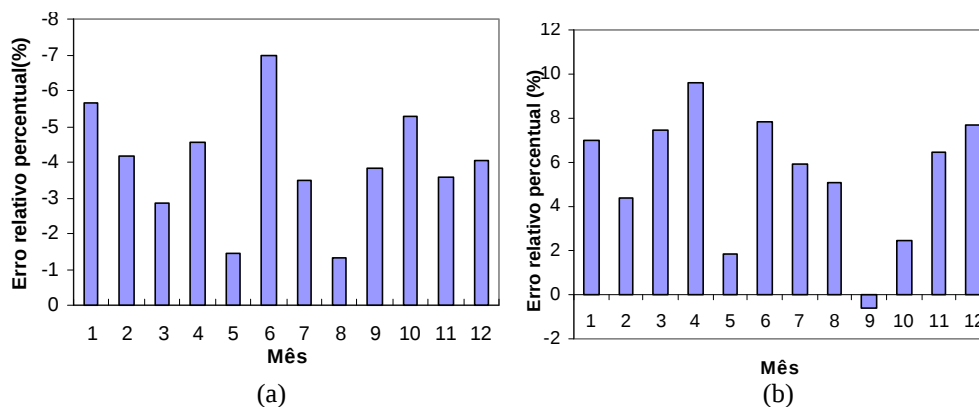


Figura 21. Erros relativos percentuais entre a média (a) e o desvio padrão (b) dos dados observados e gerados do tempo de pico padronizado na região VI.

Pela análise dos valores do índice de confiança para a média e o desvio padrão do tempo de pico padronizado em cada região homogênea (Quadro 5), pode-se verificar um comportamento semelhante ao observado na Figura 20 em relação aos erros relativos percentuais, em que os valores mais baixos foram encontrados para a região IV e para o desvio padrão, em relação à média. O valor mínimo observado, correspondente a 0,68 (região IV), pode ser considerado como sendo bom, conforme o critério proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997). Com exceção das regiões III e IV, os valores encontrados, tanto para a média como para o desvio padrão, podem ser considerados bons ou muito bons, com base no critério destes autores.

Quadro 5 – Coeficiente de correlação (r) e índice de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) do tempo de pico padronizado em cada região homogênea

	Região I		Região II		Região III		Região IV		Região V		Região VI		Região VII	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
r	0,88	0,86	0,89	0,85	0,86	0,82	0,86	0,82	0,96	0,90	0,91	0,89	0,93	0,97
c	0,79	0,78	0,78	0,75	0,73	0,70	0,74	0,68	0,86	0,82	0,87	0,84	0,88	0,93

Comparando-se os valores de coeficiente de correlação encontrados com os obtidos por CONNOLLY et al. (1998), verifica-se que os valores obtidos foram superiores à maioria dos valores encontrados por estes autores, que obtiveram um valor médio de 0,79 para as quatro estações analisadas.

Na Figura 22 representa-se a comparação das distribuições de frequência dos eventos observados e gerados para a estação pluviográfica Porto Rio Brilhante (02154001). Conforme pode ser observado, o formato da distribuição de frequência das séries de tempo de pico padronizado, tanto geradas quanto observadas, segue o perfil da distribuição de probabilidade exponencial, fato comprovado pela aderência dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado, que foram significativos, a 20 e 5% de significância, respectivamente.

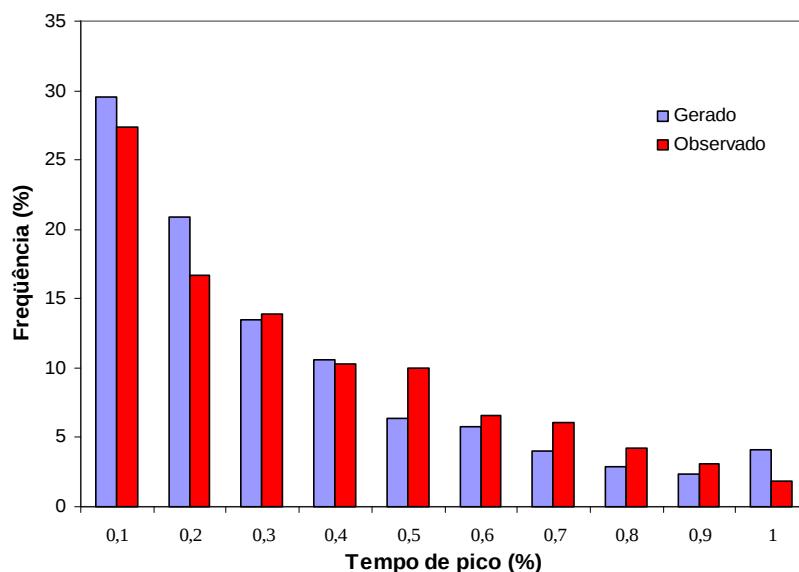


Figura 22. Distribuição de frequência do tempo de pico padronizado dos eventos observados e gerados.

A análise do erro relativo percentual, do índice de confiança e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados permitem constatar, tal como evidenciado para as demais variáveis associadas ao perfil de precipitação, a eficiência do aprimoramento realizado na metodologia proposta por OLIVEIRA (2003) para a geração do tempo de pico padronizado da precipitação, já que todos os testes apresentaram resultados satisfatórios em todas as regiões homogêneas.

4.1.4. Associação entre as variáveis relativas ao perfil de precipitação e o total precipitado

A análise da correlação entre cada variável associada ao perfil da precipitação e o total precipitado foi feita considerando, individualmente, cada uma das faixas de total precipitado apresentadas no Quadro 1. No Quadro 6, entretanto, apresenta-se os valores agrupados para as faixas de 0 a 20 e superior a 20 mm. Pela análise destes resultados observa-se que o modelo preservou a correlação entre as variáveis e o total precipitado, tendendo a promover pequenas subestimativas para os totais precipitados até 20 mm e leves superestimativas para os totais precipitados acima de 20 mm.

Quadro 6 - Correlação entre cada variável e o total precipitado, para as séries de eventos observados e gerados pelo modelo

	Gerado	Observado
0 a 20 mm		
Duração efetiva	0,55	0,48
Intensidade de pico	0,68	0,64
Tempo de pico padronizado	0,04	0,03
> 20 mm		
Duração efetiva	0,25	0,29
Intensidade de pico	0,40	0,42
Tempo de pico padronizado	0,25	0,29

4.2. Temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa

4.2.1. Temperatura máxima

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo das sete regiões homogêneas para a média e o desvio padrão da temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$) é apresentada nas Figuras 23 e 24, sendo a Figura 23 correspondente à não utilização das equações 23 e 24 para correção da média e do desvio padrão e a Figura 24 corresponde à série gerada com a utilização destas equações. Devido à diferença de magnitude entre os valores do MERP encontrados para a média e o desvio padrão, o intervalo de classes foi diferente para cada estatística. Os valores do MERP foram muito baixos ao longo de todo o território brasileiro, se situando, em geral, entre 0 e 1,2% para a média e entre 0 e 4,2% para o desvio padrão. Enquanto para a média não foi observada uma tendência definida dos valores do MERP, para o desvio padrão ocorreu uma tendência de aumento dos valores com o aumento da latitude.

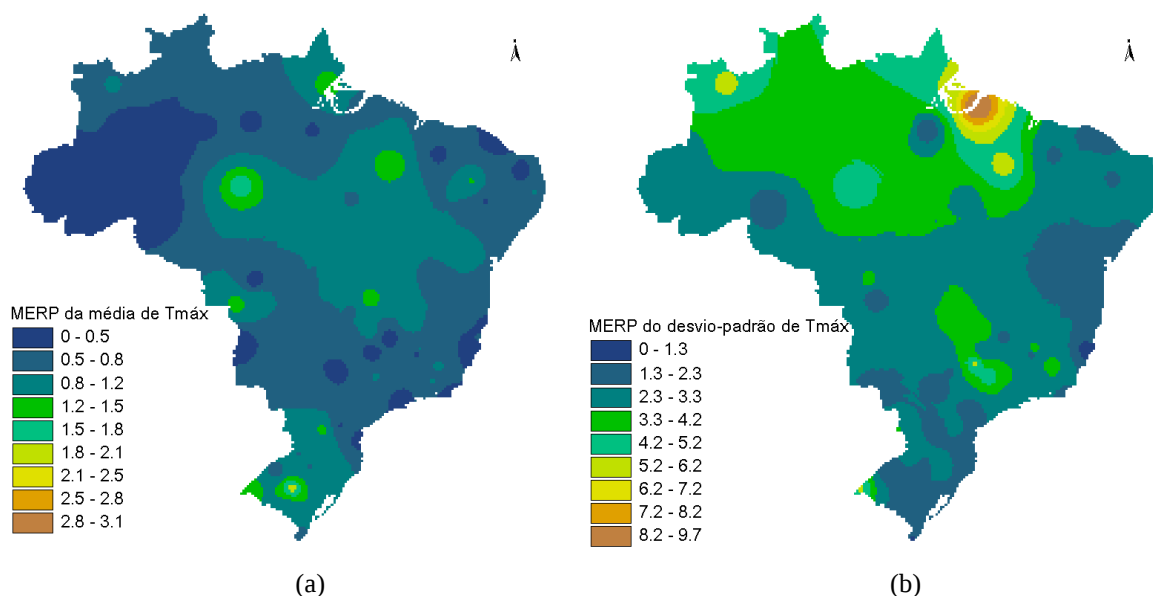


Figura 23. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a temperatura máxima.

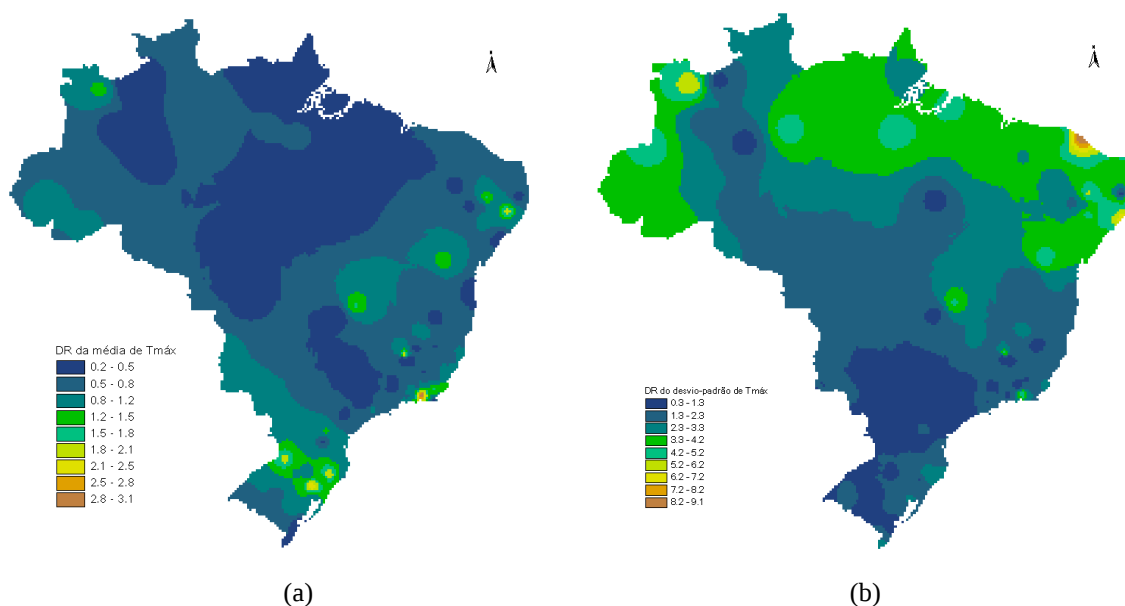


Figura 24. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a temperatura máxima com o uso das equações para correção da média e do desvio padrão.

Em relação à Figura 24, correspondente à inserção da correção da média e do desvio padrão (equações 23 e 24), cabe salientar que os valores apresentados não foram nulos em virtude das correções terem sido feitas individualmente para as séries correspondentes aos dias secos e chuvosos. Quando da aplicação da correção diretamente à série completa o MERP tanto para a média como para o desvio padrão tornou-se nulo ao longo de todo o território brasileiro e motivo pelo qual não

é apresentada a sua variação espacial. Verifica-se que a amplitude de variação dos valores do MERP praticamente não é alterada com a utilização das equações de correção, porém a distribuição das áreas com maiores ou menores erros foi modificada.

Na Figura 25 é apresentada a distribuição espacial da diferença entre os valores do MERP obtidos com e sem a utilização das equações de correção da média e do desvio padrão, sendo que as tonalidades em azul indicam que o uso da correção apresentou erros relativos percentuais mais baixos que o não uso da mesma, enquanto as áreas em vermelho indicam uma tendência inversa. Pode-se evidenciar que, de maneira geral, a correção provocou, tanto para a média quanto para o desvio padrão, valores do MERP mais altos do que a não utilização da mesma. A amplitude de variação, no entanto, foi, em geral, de apenas 0,5%, ou seja, os erros oscilaram de +0,5 a -0,5% com o uso da correção, dependendo da região analisada. Desta forma, pode-se dizer que embora o uso da correção tenha melhorado individualmente o comportamento das séries de eventos relativos aos dias secos e aos dias chuvosos, em relação à série completa o uso da correção produziu um leve prejuízo aos resultados.

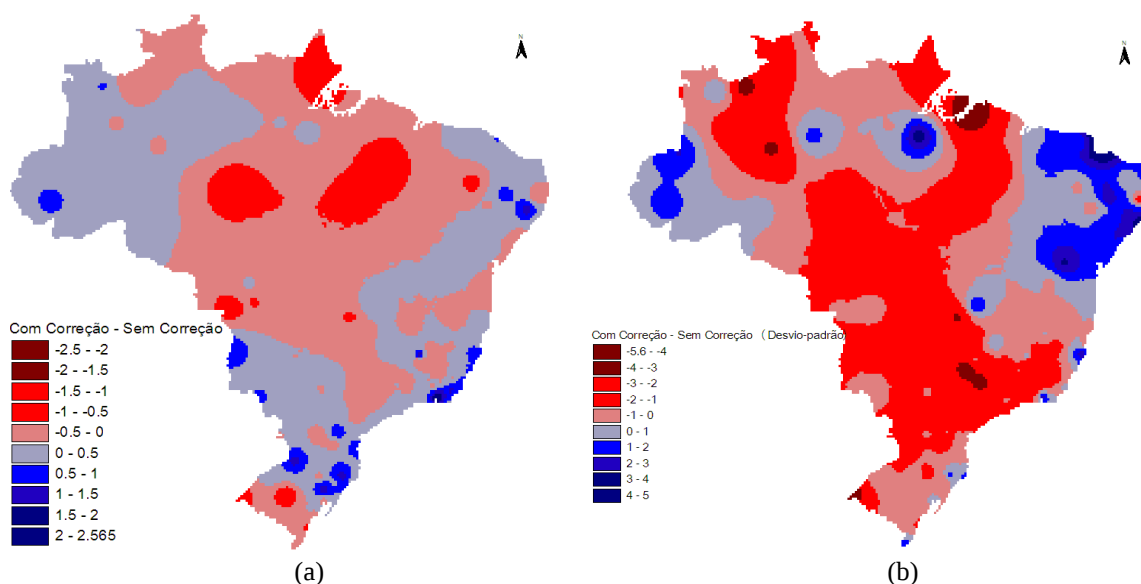


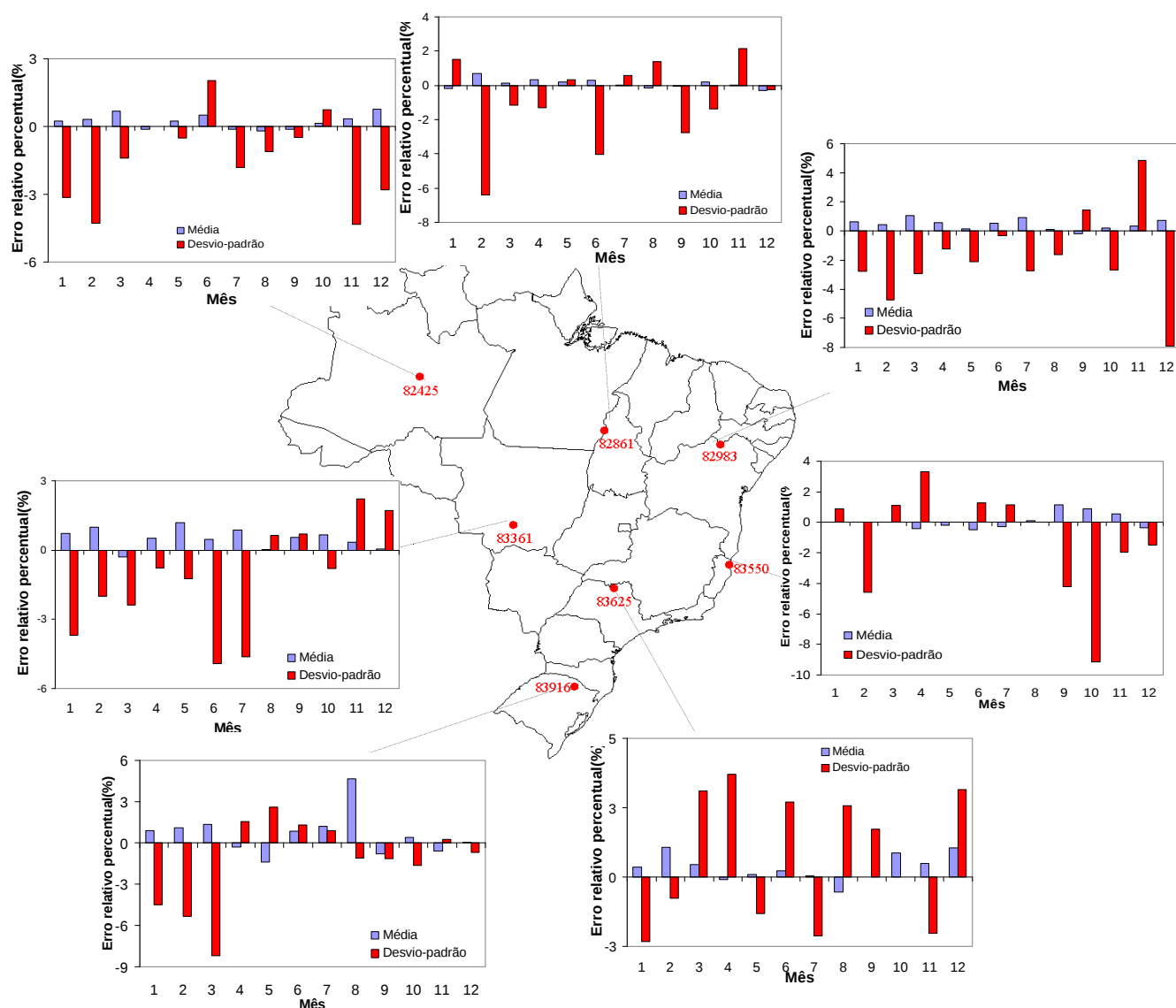
Figura 25. Diferença entre os valores do MERP obtidos com e sem a utilização da correção, para a média (a) e o desvio padrão (b) da temperatura máxima.

Uma opção para reduzir os erros encontrados para valores nulos seria a aplicação da correção à série completa e não separadamente para os dias chuvosos e secos. Este procedimento, entretanto, levaria à obtenção de séries de dias chuvosos e secos com erros relativos percentuais não nulos. Esta opção seria a mais recomendada, porém em virtude dos mapas resultantes serem todos iguais e com erros nulos, optou-se por analisar os resultados obtidos sem a utilização da correção, mesmo tendo sido constatado que a melhor opção seria a utilização do modelo com a correção aplicada à série completa.

Na Figura 26 são apresentados os erros relativos percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país (Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916).

Evidencia-se que ocorreu uma tendência de subestimativa do desvio padrão e de superestimativa da média em quatro estações. Apesar dessas tendências, os erros foram muito baixos, variando de 2% para os erros médios anuais a -9% (no mês de junho para o desvio padrão da estação Petrolina) considerando os valores mensais. Nas estações São Mateus, Barretos e Lagoa Vermelha não foi evidenciada uma tendência definida de subestimativa ou superestimativa dos MERP, tanto para a média como para o desvio padrão.

Em relação à variação ao longo do ano, não se evidenciou, ao contrário de RICHARDSON (1981), uma tendência definida de variação dos MERP. Este autor, utilizando metodologia semelhante para três localidades dos Estados Unidos, encontrou erros relativos percentuais para a média da temperatura máxima que variaram entre 2 e 190%. Os erros relativos mais altos foram encontrados nos meses com temperaturas mais baixas, em uma localidade em que a temperatura máxima nos meses mais frios varia entre zero e um grau, o que mostra que o erro relativo percentual é muito sensível à magnitude dos valores analisados.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 26. Erros relativos percentuais da temperatura máxima para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

Essa característica do erro relativo percentual existe devido ao denominador da sua equação ser a variável observada, já que a sua magnitude varia muito de acordo com a época do ano e também com a variável estudada, sendo que quanto menor o denominador maior tende a ser o valor do erro relativo percentual. Com isso, qualquer diferença entre os valores observados e estimados tem um peso muito maior no resultado do erro do que quando a magnitude do evento é mais alta. Os erros encontrados pelo autor nos meses com temperaturas semelhantes às encontradas no Brasil foram próximos aos encontrados no modelo desenvolvido, sendo que os maiores erros relativos percentuais encontrados para o desvio padrão da temperatura máxima em relação à média também podem ser justificados em função da magnitude dos valores, já que a média varia em torno de 20 a 30°C enquanto o desvio padrão varia entre 1 e 3°C.

No Quadro 7 são apresentados os valores do coeficiente de correlação (r) e dos índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média e o desvio padrão da temperatura máxima das sete estações climatológicas. Os valores foram muito superiores a 0,85, que corresponde, conforme o critério proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997), a um desempenho considerado como ótimo. Em todas as estações, com exceção da estação Cuiabá, os valores do índice de confiança para a média foram superiores aos observados para o desvio padrão, de forma semelhante ao já observado na análise dos erros relativos percentuais.

Quadro 7 – Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da temperatura máxima

Estação	r		d		c	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Coari	0,989	0,982	0,991	0,982	0,980	0,964
Conceição do Araguaia	0,998	0,990	0,999	0,994	0,997	0,984
Petrolina	0,998	0,971	0,997	0,980	0,995	0,952
Cuiabá	0,992	0,995	0,989	0,997	0,981	0,992
São Mateus	0,996	0,972	0,998	0,984	0,994	0,956
Barretos	0,996	0,988	0,996	0,993	0,992	0,982
Lagoa Vermelha	0,996	0,989	0,998	0,992	0,994	0,981
Média	0,995	0,984	0,995	0,989	0,990	0,973

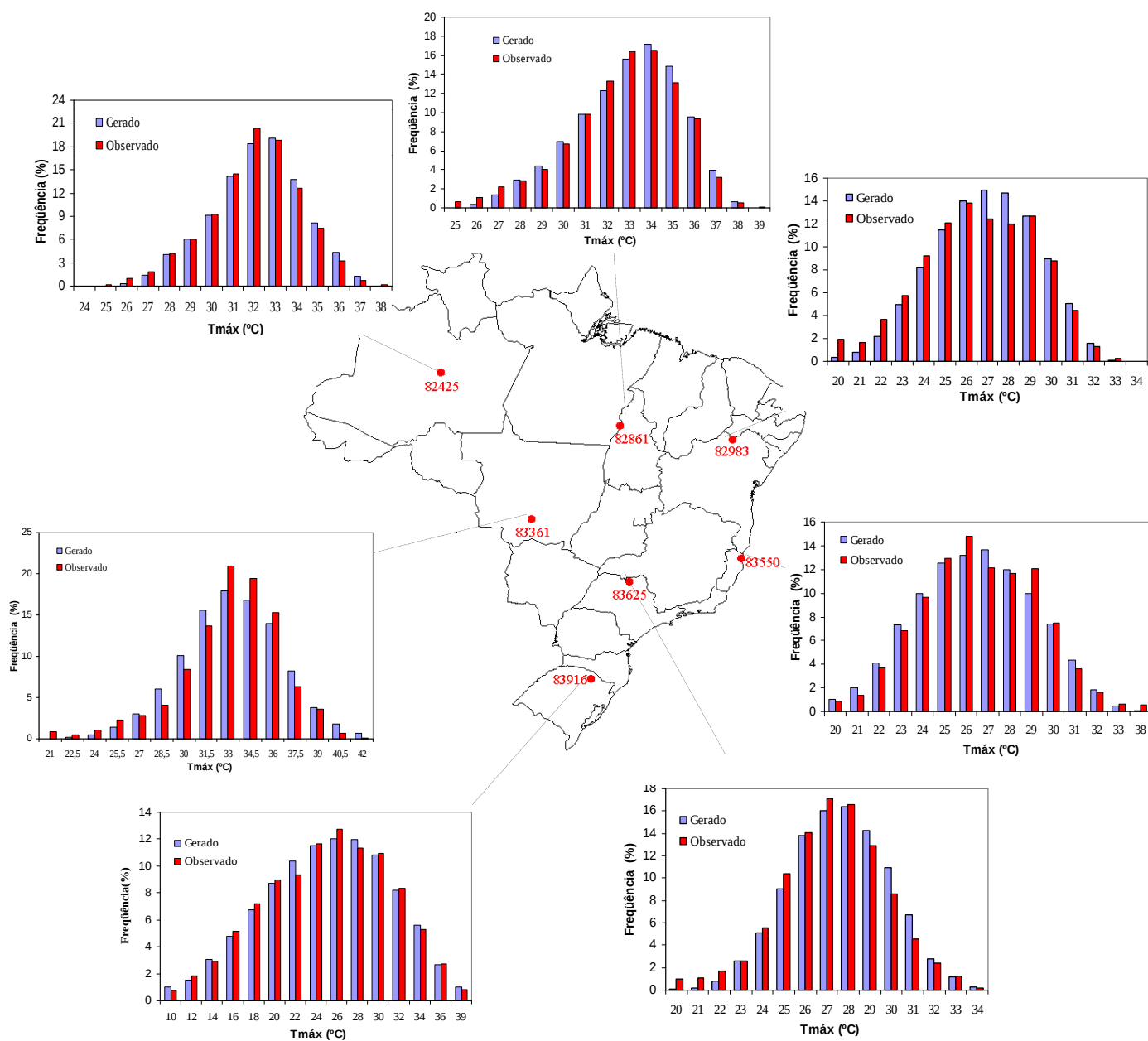
Na Figura 27 são apresentadas as distribuições de frequência para os eventos observados e gerados de temperatura máxima nas sete estações climatológicas analisadas, sendo evidenciado que o perfil de distribuição das sete estações se aproxima do perfil da distribuição de probabilidade normal, com uma leve assimetria negativa, mais evidente na estação Conceição do Araguaia, tanto para os dados observados quanto para os gerados. Os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram significativos, a 20 e 5% de significância, respectivamente, comprovando a similaridade entre as distribuições observada e gerada da temperatura máxima.

Houve uma grande variabilidade entre as estações consideradas em relação à amplitude de variação dos valores de temperatura máxima, sendo esta maior para a estação Lagoa Vermelha, na qual, devido à maior latitude e conseqüente maior variação da incidência de radiação solar, ocorreu uma amplitude de 29°C, com variação de 10 a 39°C, enquanto nas estações Coari, Conceição do Araguaia e Petrolina essa amplitude foi de apenas 14°C.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 10%, do índice de confiança, sempre superior a 0,95, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da temperatura máxima, já que todos os testes apresentaram resultados considerados muito bons.

4.2.2. Temperatura mínima

Na Figura 28 é apresentada a distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo do território brasileiro, para a média (Figura 28a) e o desvio padrão (Figura 28b) da temperatura mínima ($T_{\min}$). Conforme já mencionado, a aplicação da correção proposta nas equações 23 e 24 implicaria em MERP nulos, tanto para a média quanto para o desvio padrão, motivo pelo qual os mapas apresentados referem-se à condição sem o uso da correção.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 27. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo para a temperatura máxima ($T_{máx}$).

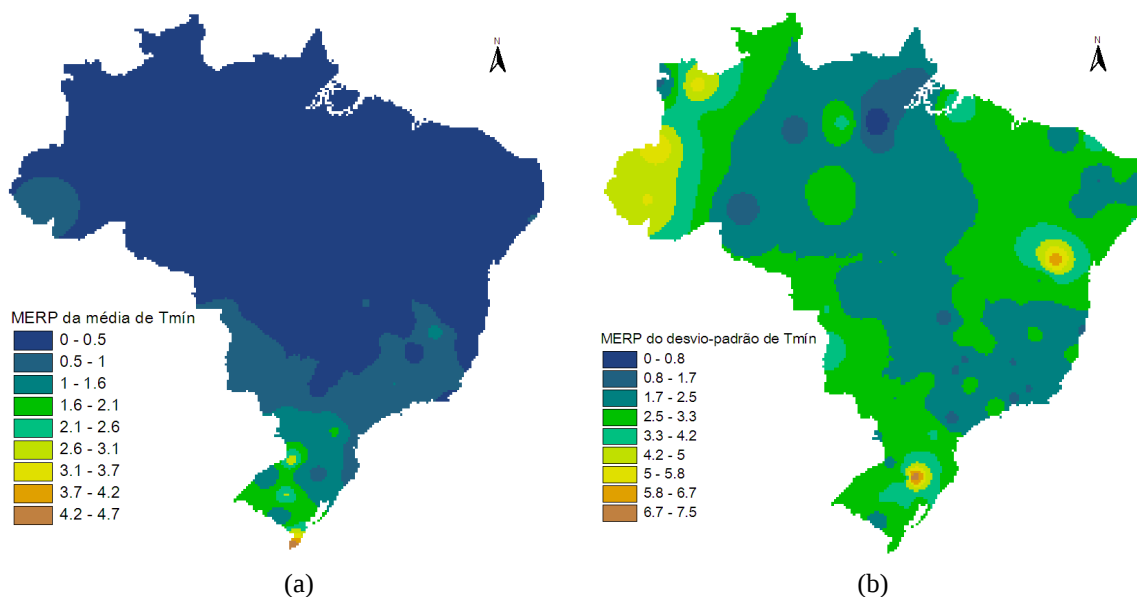
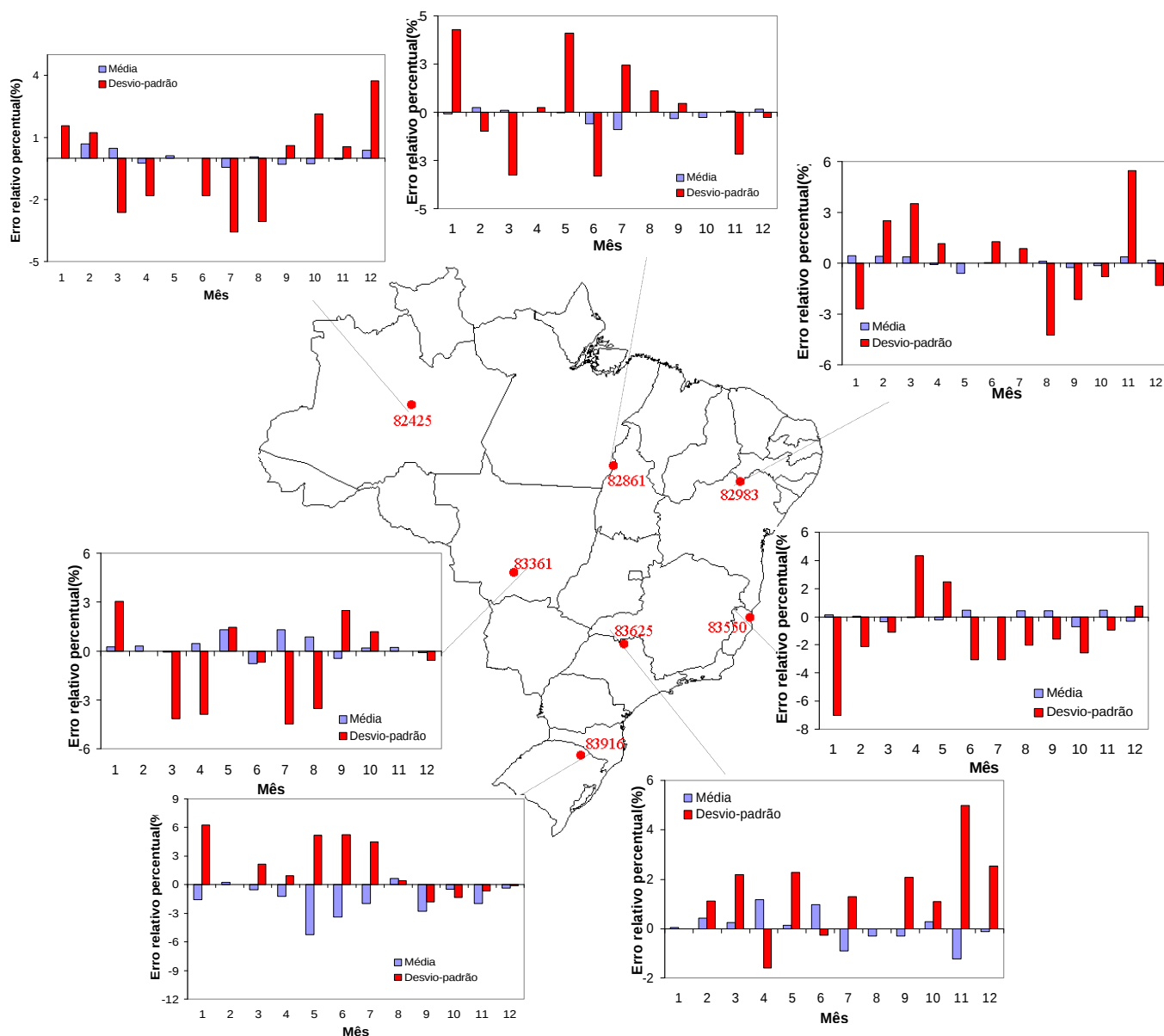


Figura 28. Módulo dos erros relativos percentuais (MERP) da média (a) e do desvio padrão (b) para a temperatura mínima.

Os valores do MERP não excederam 1% para a média, exceto na região Sul do país, na qual os valores foram mais altos, chegando a 4,3% no extremo Sul. Os valores do MERP para o desvio padrão foram mais altos, variando entre 0 e 7,5%, com os valores mais altos apenas em localidades isoladas, variando, em geral, entre 0,8 e 3,3%.

Na Figura 29 são apresentados os erros relativos percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país (Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916).

Observou-se uma tendência de superestimativa do desvio padrão e de subestimativa da média nas estações Lagoa Vermelha, Barretos, São Mateus e Petrolina, de forma inversa à tendência observada na temperatura máxima. Nas demais estações não foi observada nenhuma tendência definida. Os valores foram todos muito baixos, principalmente para a média, variando em torno de 3% para os erros médios anuais, com valores mensais de até 7% (no mês de janeiro para o desvio padrão da estação São Mateus).



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 29. Erros relativos percentuais da temperatura mínima para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

De forma semelhante à temperatura máxima, não se evidenciou uma tendência de variação dos MERP ao longo do ano, ao contrário do observado por RICHARDSON (1981), que encontrou valores mais altos na época do ano com temperaturas próximas a 0°C, demonstrando a sensibilidade deste erro à magnitude dos valores analisados.

No Quadro 8 são apresentados os valores do coeficiente de correlação e dos índices de concordância e de confiança para a média e o desvio padrão da temperatura mínima de sete estações climatológicas. Os valores foram superiores a 0,97 para todas as sete estações, o que corresponde a um desempenho ótimo, sendo que se evidenciou a mesma tendência observada para os erros relativos percentuais, com a média apresentando valores mais expressivos que o desvio padrão, com exceção da estação Coari. Os menores valores de c, tanto para a média quanto para o desvio padrão, foram observados na estação Conceição do Araguaia que, entretanto, não apresentou erros relativos percentuais mais altos do que as outras estações.

Quadro 8 – Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da temperatura mínima

Estação	r		d		c	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Coari	0,972	0,988	0,985	0,993	0,958	0,980
Conceição do Araguaia	0,999	0,997	0,999	0,998	0,999	0,995
Petrolina	0,999	0,986	0,999	0,991	0,998	0,977
Cuiabá	0,999	0,998	0,999	0,998	0,998	0,996
São Mateus	0,999	0,989	0,999	0,992	0,999	0,981
Barretos	0,999	0,998	0,999	0,998	0,999	0,995
Lagoa Vermelha	0,999	0,994	0,999	0,995	0,997	0,989
Média	0,995	0,993	0,997	0,995	0,993	0,988

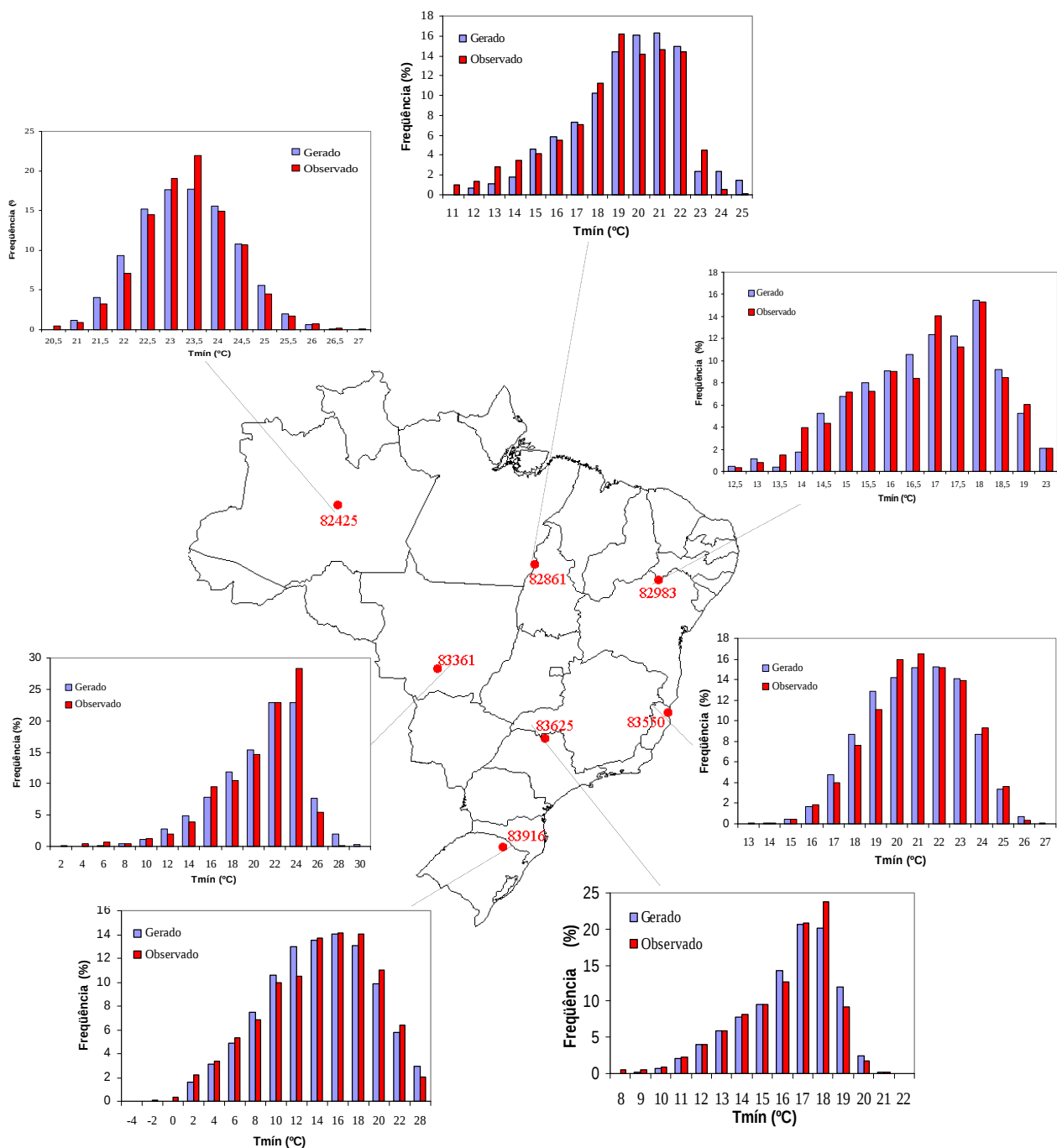
Na Figura 30 são apresentadas as distribuições de frequência dos eventos observados e gerados para sete estações climatológicas. O perfil de distribuição das sete estações se aproxima do perfil da distribuição de probabilidade normal, porém a assimetria negativa observada anteriormente para a temperatura máxima é ainda mais evidente para a temperatura mínima, principalmente nas estações Cuiabá e Barretos. Os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram significativos, a 20 e 5% de significância, respectivamente, para todas as estações, comprovando a similaridade entre as distribuições observada e gerada da temperatura mínima.

Houve uma grande variabilidade entre as estações consideradas em relação à amplitude de variação dos valores de temperatura mínima, sendo esta maior para a estação Lagoa Vermelha, na qual ocorreu uma amplitude de 32°C, com variação de -4 a 28°C, enquanto na estação Coari essa amplitude foi de apenas 6,5°C.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 8%, do índice de confiança, sempre superior a 0,95, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da temperatura mínima, já que todos os testes apresentaram resultados considerados muito bons.

4.2.3. Radiação solar

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP), ao longo do território brasileiro, estão apresentados nas Figuras 31a e 31b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, da radiação solar (RAD). Os valores do MERP variaram, em geral, entre 1,7 e 3,5% para a média e entre 1,5 e 2,5% para o desvio padrão, sendo que a tendência de valores do erro superiores para a média é inversa à observada para as temperaturas máxima e mínima.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 30. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo para a temperatura mínima ($T_{\min}$).

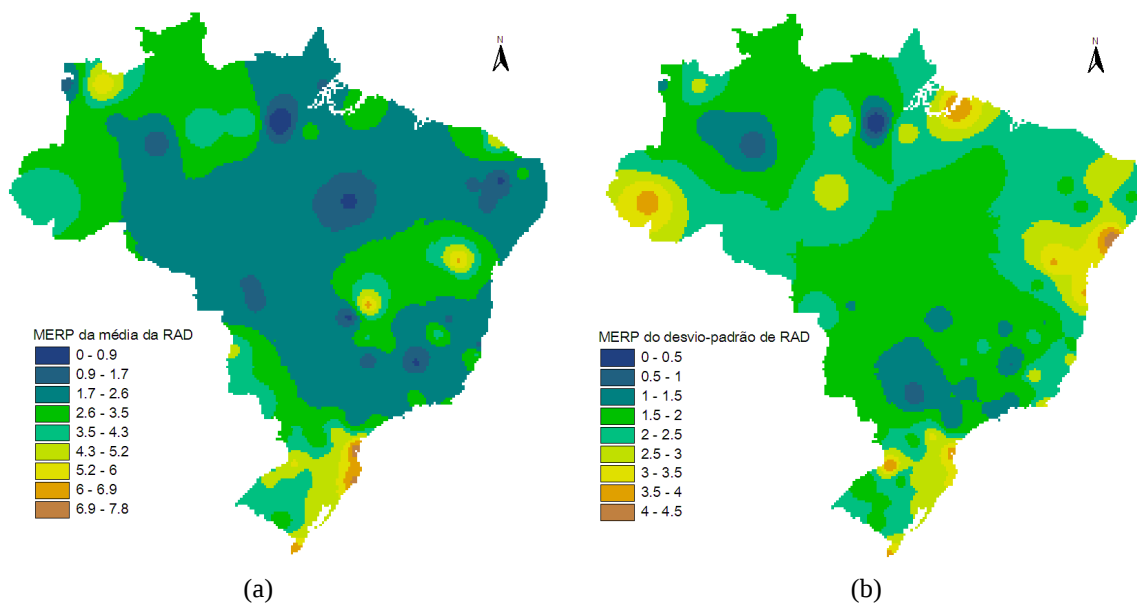
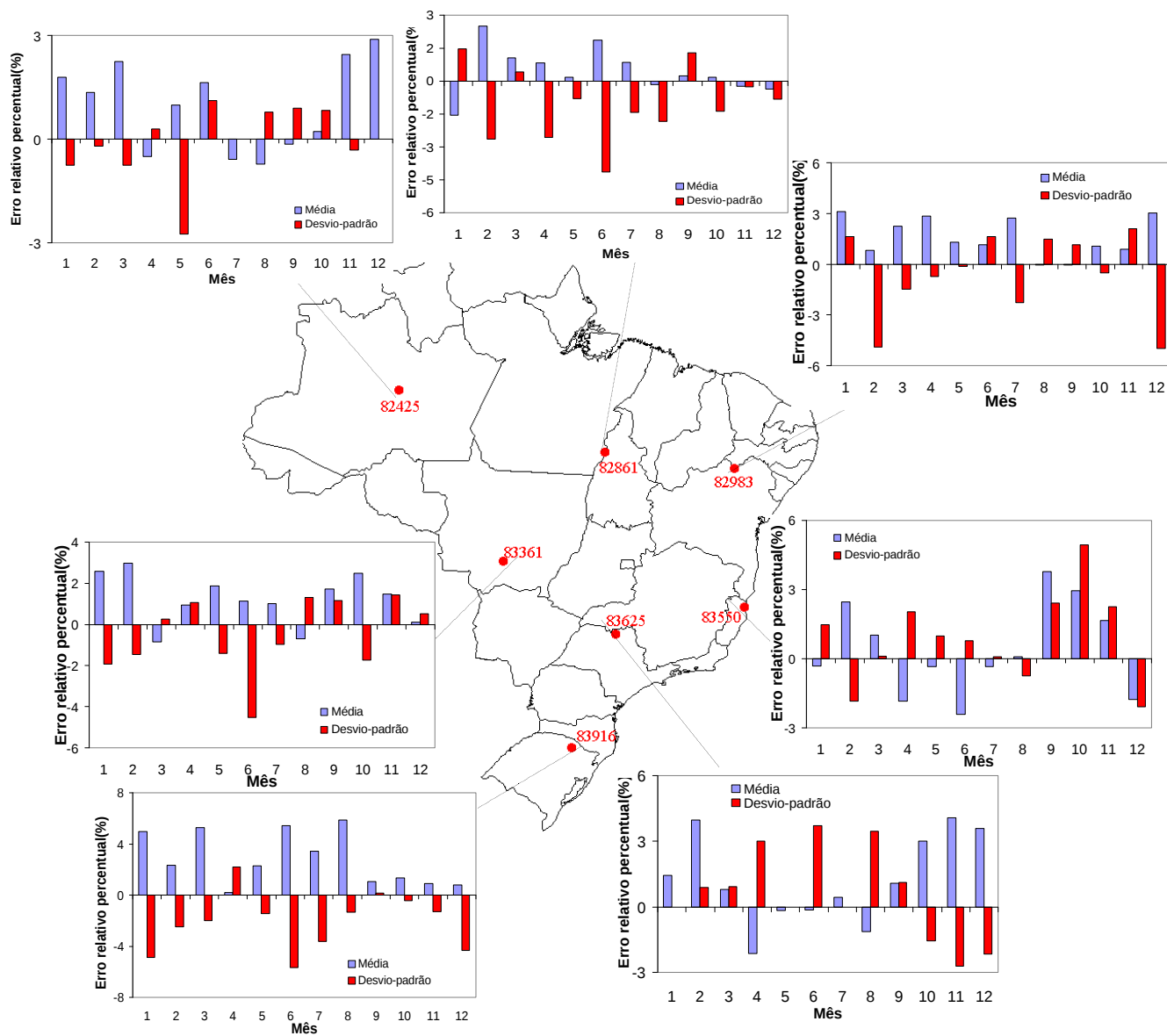


Figura 31. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a radiação solar.

Na Figura 32 são apresentados os erros relativos percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país, sendo que ocorreu uma tendência de superestimativa da média em todas as estações, com exceção da estação São Mateus, onde não foi observada uma tendência definida. Essa tendência é igual à observada para a temperatura máxima, demonstrando a forte associação existente entre essas duas variáveis. Com relação ao desvio padrão, ocorreram tendências de subestimativa nas estações Conceição do Araguaia e Lagoa Vermelha, e de superestimativa na estação São Mateus, enquanto nas demais estações não foi observada nenhuma tendência bem definida.

Assim como para a temperatura mínima não foi observada uma variação expressiva dos valores do MERP ao longo do ano para nenhuma das duas estatísticas, sendo que os valores foram todos muito baixos, variando em torno de 2% para os erros médios anuais, com valores mensais de até 6% (no mês de agosto para a média da estação Lagoa Vermelha).



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

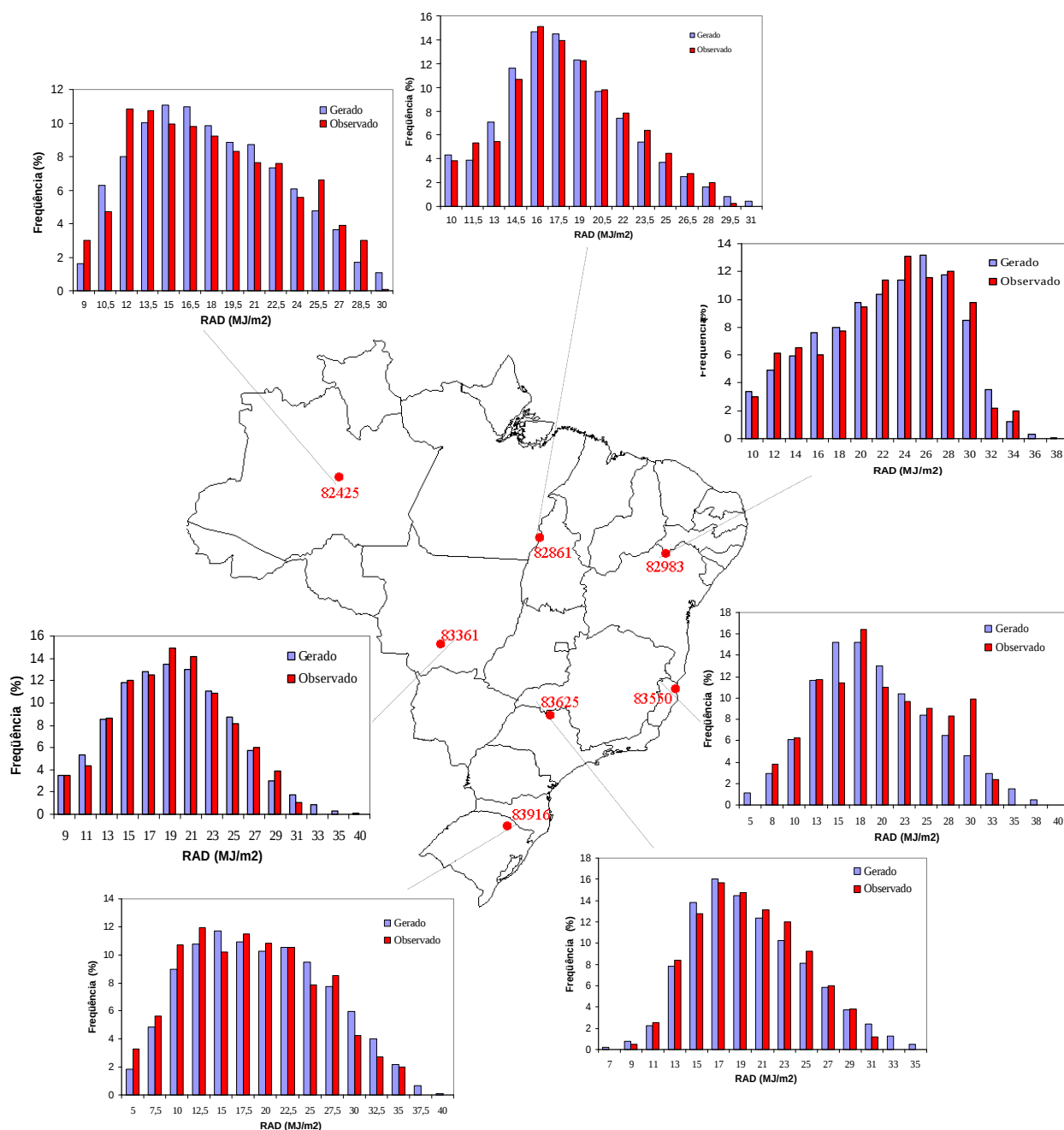
Figura 32. Erros relativos percentuais da radiação solar para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

No Quadro 9 são apresentados os valores do coeficiente de correlação e dos índices de concordância e de confiança para a média e o desvio padrão da radiação solar de sete estações climatológicas. Os valores foram sempre superiores a 0,98, o que pode ser considerado como um desempenho ótimo. Observa-se, também, que não ocorreu uma tendência bem definida dos valores do índice de confiança serem superiores para a média em relação ao desvio padrão, de forma semelhante ao evidenciado para os erros relativos percentuais que também não apresentaram uma tendência definida.

Quadro 9 – Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da radiação solar

Estação	r		d		c	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Coari	0,998	0,998	0,998	0,999	0,996	0,997
Conceição do Araguaia	0,996	0,999	0,997	0,999	0,993	0,998
Petrolina	0,999	0,992	0,998	0,995	0,997	0,987
Cuiabá	0,997	0,998	0,997	0,999	0,994	0,996
São Mateus	0,996	0,997	0,998	0,998	0,994	0,995
Barretos	0,996	0,998	0,994	0,999	0,991	0,997
Lagoa Vermelha	0,998	0,996	0,996	0,996	0,994	0,992
Média	0,997	0,997	0,997	0,998	0,994	0,994

Na Figura 33 são apresentadas as distribuições de frequência dos eventos observados e gerados das sete estações climatológicas analisadas. O perfil de distribuição das sete estações se aproxima do perfil da distribuição de probabilidade normal, com uma leve assimetria negativa, mais evidente nas estações Conceição do Araguaia e Barretos, tanto para os dados observados quanto para os gerados. Os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram significativos a 20 e 5% de significância, respectivamente, em todas as estações, comprovando a similaridade entre as distribuições observada e gerada da radiação solar.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 33. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo para a radiação solar (RAD).

Assim como foi observado para as temperaturas máxima e mínima, ocorreu uma maior amplitude de variação dos valores de radiação solar na estação Lagoa Vermelha, na qual, devido à maior latitude e conseqüente maior variação da incidência de radiação solar, ocorreu uma amplitude de 35 MJ/m^2 , com variação de 5 a 40 MJ/m^2 , enquanto na estação Coari essa amplitude foi de apenas 21 MJ/m^2 .

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 8%, do índice de confiança, sempre superior a 0,98, e da distribuição de freqüência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da radiação solar, já que todos os testes apresentaram resultados considerados muito bons.

4.2.4. Velocidade do vento

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo do território brasileiro estão apresentados nas Figuras 34a e 34b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, da velocidade do vento (VV). Os valores do MERP variaram, em geral, entre 0 e 4,9% para a média e entre 1 e 4,1% para o desvio padrão, sendo, portanto, a amplitude de variação do MERP para estas duas estatísticas bastante similar.

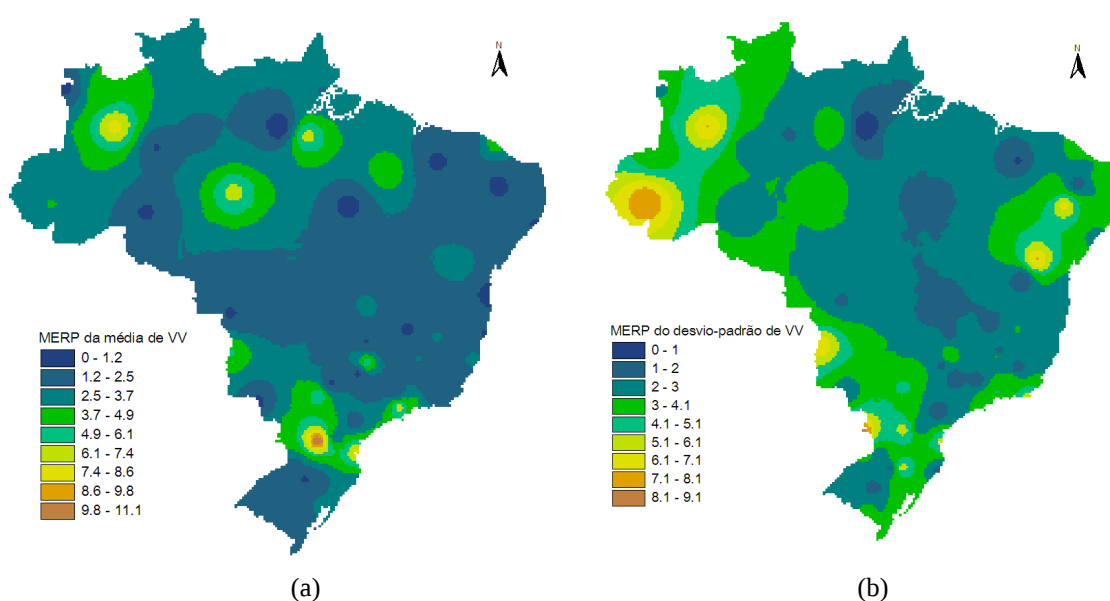
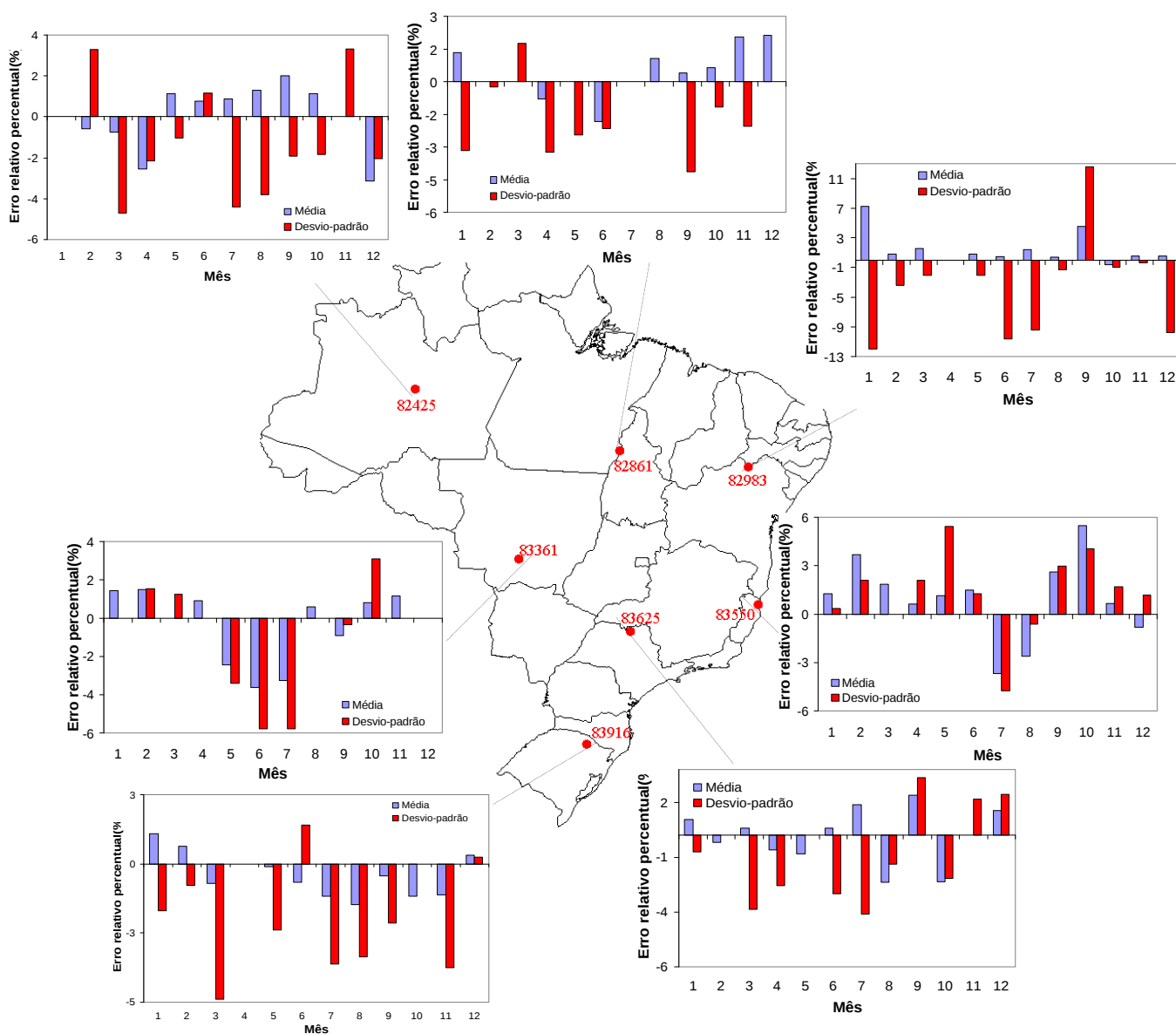


Figura 34. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a velocidade do vento.

Na Figura 35 são apresentados os erros relativos percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país, podendo-se observar uma tendência de superestimativa da média na estação Petrolina e de subestimativa na estação Lagoa Vermelha. Os valores do erro relativo percentual foram mais altos para o desvio padrão, com uma tendência geral de subestimativa dos valores observados, sendo que essa tendência só não ocorreu nas estações Cuiabá e São Mateus.

Assim como para a temperatura mínima não foi observada uma variação expressiva dos valores do MERP ao longo do ano para nenhuma das duas estatísticas, sendo que os valores foram todos muito baixos, variando em torno de 2% para os erros médios anuais, com valores mensais de até 12% (nos meses de janeiro e setembro para o desvio padrão da estação Petrolina).

No Quadro 10 são apresentados os valores do coeficiente de correlação e dos índices de concordância e de confiança para a média e o desvio padrão da velocidade do vento nas sete estações climatológicas. Os valores foram sempre superiores a 0,88, o que pode ser considerado como um desempenho ótimo. Os valores do índice de confiança foram superiores para a média, apesar dessa tendência não ter sido verificada para os valores do erro relativo percentual, sendo que na estação Petrolina essa diferença foi mais expressiva. Além disso, nesta estação foram observados os valores do índice de confiança menos expressivos, de forma semelhante ao já observado anteriormente para os erros relativos percentuais. Os maiores valores do índice de confiança ocorreram nas estações Lagoa Vermelha e São Mateus para a média e o desvio padrão, respectivamente.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 35. Erros relativos percentuais da velocidade do vento para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

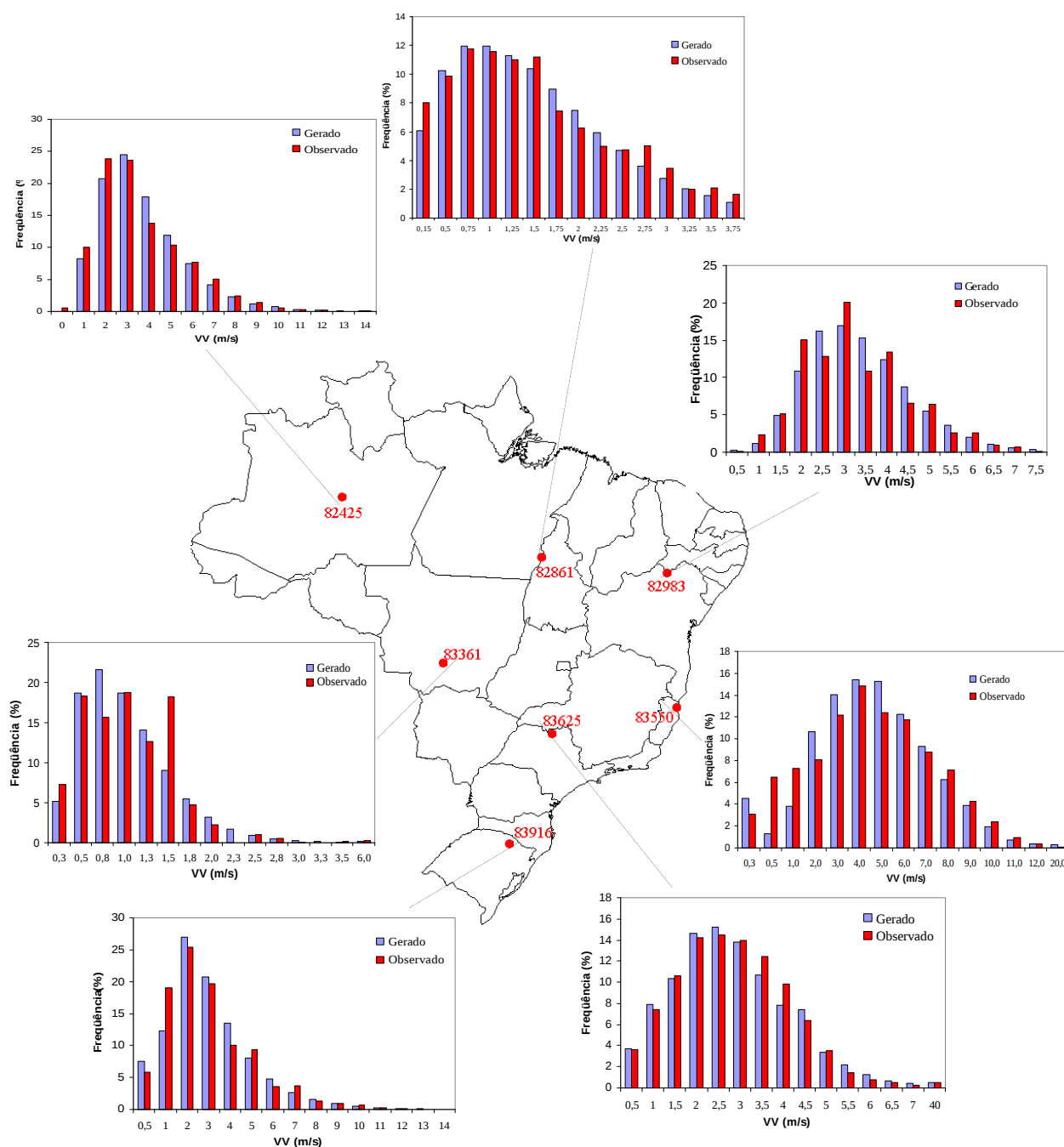
Quadro 10 –

Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da velocidade do vento

Estação	r		d		c	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Coari	0,990	0,976	0,995	0,985	0,985	0,961
Conceição do Araguaia	0,996	0,989	0,997	0,990	0,993	0,979
Petrolina	0,993	0,930	0,993	0,949	0,986	0,882
Cuiabá	0,997	0,979	0,997	0,988	0,994	0,967
São Mateus	0,995	0,994	0,996	0,994	0,991	0,987
Barretos	0,993	0,988	0,997	0,992	0,990	0,980
Lagoa Vermelha	0,998	0,991	0,998	0,991	0,995	0,982
Média	0,994	0,978	0,996	0,984	0,991	0,963

Na Figura 36 são apresentadas as distribuições de frequência dos eventos observados e gerados de velocidade do vento para as sete estações climatológicas analisadas. O perfil de distribuição das sete estações possui uma assimetria positiva, tanto para os dados observados quanto para os gerados, sendo que esta assimetria é mais evidente nas estações Conceição do Araguaia, Coari, Cuiabá e Lagoa Vermelha. Verificou-se, para determinadas classes de algumas estações, uma diferença expressiva entre as frequências de ocorrência dos dados observados e gerados, sendo que essa diferença foi mais expressiva na estação Cuiabá. Apesar disso, os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram significativos a 20 e 5% de significância, respectivamente, comprovando a similaridade entre as distribuições observada e gerada da velocidade do vento.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 12%, do índice de confiança, sempre superior a 0,88, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da velocidade do vento, já que todos os testes apresentaram resultados muito bons.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 36. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo para a velocidade do vento (VV).

4.2.5. Umidade relativa

A distribuição espacial dos valores médios anuais do módulo do erro relativo percentual (MERP) ao longo do território brasileiro estão apresentados nas Figuras 37a e 37b, para a média e o desvio padrão, respectivamente, da umidade relativa (UR). Os valores do MERP foram muito baixos para todas as estações, situando-se, em geral, entre 0 e 2% para a média e entre 0 e 2,4% para o desvio padrão. Observou-se também uma tendência dos valores do MERP serem superiores para a média em relação ao desvio padrão, fato já observado anteriormente para a radiação solar.

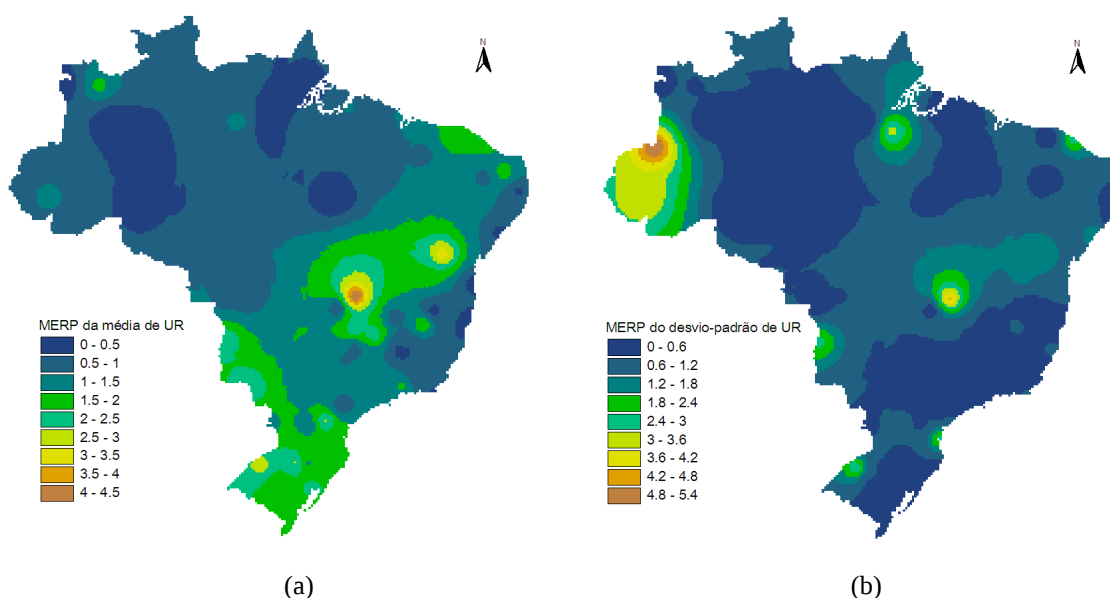
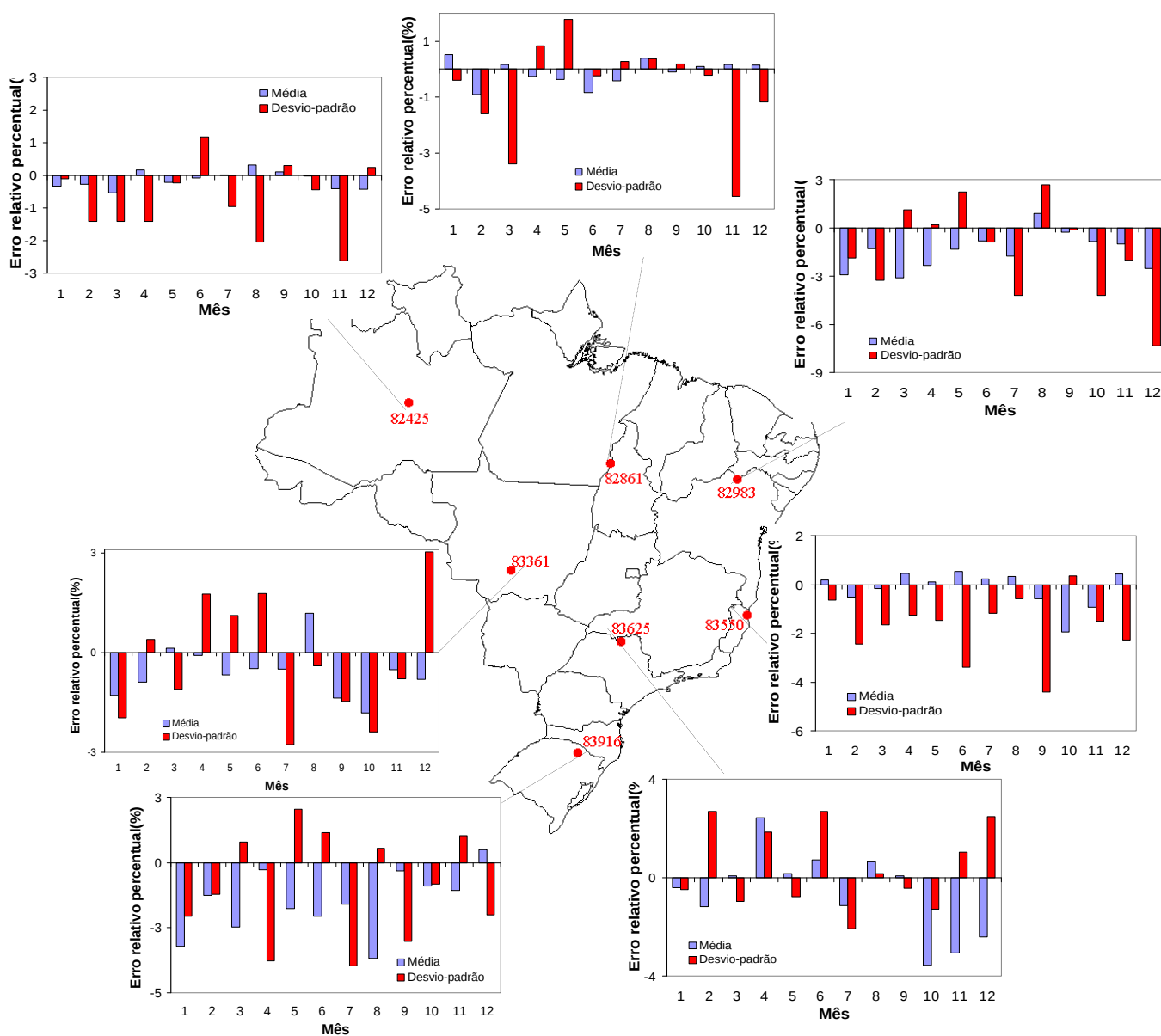


Figura 37. Módulo dos erros relativos percentuais da média (a) e do desvio padrão (b) para a umidade relativa.

Na Figura 38 são apresentados os erros relativos percentuais para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país, sendo que ocorreu uma tendência de subestimativa da média em seis estações. Essa tendência não ocorreu na estação São Mateus, que apresentou apenas uma tendência de superestimativa do desvio padrão. Além disso, não foi observada uma variação expressiva dos valores do MERP ao longo do ano para nenhuma das duas estatísticas, sendo que os valores foram todos muito baixos, variando em torno de 1,5% para os erros médios anuais, com valores mensais de até 7,5% (no mês de dezembro para o desvio padrão da estação Petrolina).



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

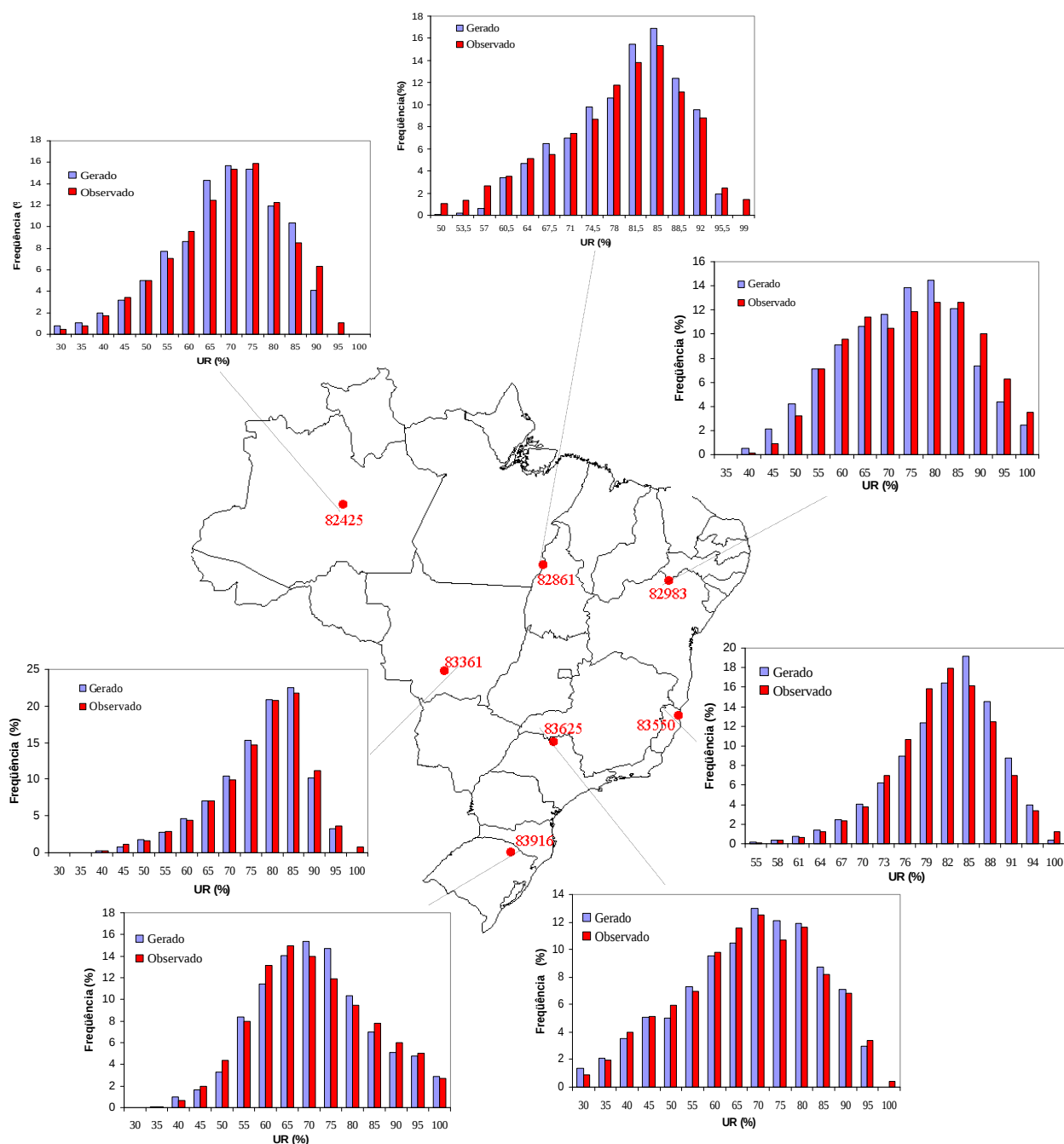
Figura 38. Erros relativos percentuais da umidade relativa para sete estações climatológicas distribuídas ao longo do país.

No Quadro 11 são apresentados os valores do coeficiente de correlação e dos índices de concordância e de confiança para a média e o desvio padrão da umidade relativa de sete estações climatológicas. Os valores foram superiores a 0,759 para todas as sete estações, o que corresponde a um desempenho muito bom, sendo que se evidenciou uma tendência inversa à observada para os erros relativos percentuais, com a média apresentando valores mais expressivos que o desvio padrão, com exceção da estação São Mateus. Os menores valores de c, tanto para a média quanto para o desvio padrão, foram observados nas estações Coari e Conceição do Araguaia, enquanto os maiores valores foram observados na estação Lagoa Vermelha.

Quadro 11 – Coeficiente de correlação (r) e índices de concordância (d) e de confiança (c) para a média ($\bar{x}$) e o desvio padrão (σ) da umidade relativa

Estação	r		d		c	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Coari	0,980	0,887	0,975	0,936	0,955	0,830
Conceição do Araguaia	0,996	0,837	0,998	0,907	0,994	0,759
Petrolina	0,998	0,930	0,995	0,962	0,993	0,895
Cuiabá	0,998	0,959	0,998	0,978	0,996	0,937
São Mateus	0,941	0,954	0,953	0,975	0,897	0,930
Barretos	0,993	0,963	0,996	0,980	0,990	0,943
Lagoa Vermelha	0,974	0,892	0,944	0,923	0,920	0,823
Média	0,983	0,917	0,980	0,951	0,963	0,874

Na Figura 39 são apresentadas as distribuições de frequência dos eventos observados e gerados de umidade relativa para as sete estações climatológicas analisadas. O perfil de distribuição de seis estações possui uma assimetria negativa, tanto para os dados observados quanto para os gerados, sendo que esta assimetria é mais evidente nas estações Conceição do Araguaia, São Mateus e Cuiabá.



Estações climatológicas: Coari – 82425, Conceição do Araguaia – 82861, Petrolina – 82983, Cuiabá – 83361, São Mateus – 83550, Barretos – 83625 e Lagoa Vermelha – 83916

Figura 39. Distribuições de frequência dos valores observados e gerados pelo modelo 1 umidade relativa (UR).

Para determinadas classes de algumas estações foi observada uma diferença expressiva entre as frequências de ocorrência dos dados observados e gerados, sendo que essa diferença foi mais expressiva nas estações Petrolina e Conceição do Araguaia. Apesar disso, os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram significativos a 20 e 5% de significância, respectivamente, comprovando a similaridade entre as distribuições observada e gerada da umidade relativa.

A análise do erro relativo percentual, sempre inferior a 7%, do índice de confiança, sempre superior a 0,75, e da distribuição de frequência dos dados observados e gerados, que mostrou aderência em todas as estações, pelos testes de Kolmogorov-Smirnov (20%) e Qui-quadrado (5%), permite constatar a eficiência do modelo para a geração da umidade relativa, já que todos os testes apresentaram resultados considerados muito bons.

4.2.6. Associação entre as variáveis

Nos Quadros 12 e 13 estão apresentadas as correlações entre as variáveis estudadas, tanto para as séries sintéticas geradas como para as séries observadas, sendo que no Quadro 12 é apresentada a variação espacial dessa associação, considerando-se as sete estações climatológicas analisadas, e no Quadro 13 apresenta-se a sua variação temporal, considerando cada trimestre do ano para a estação Conceição do Araguaia.

Verificou-se uma grande variação entre os valores das correlações correspondentes às diferentes estações (Quadro 12) e também às diferentes épocas do ano para algumas variáveis (Quadro 13), contrariando o modelo WXGEN, que considera as matrizes de correlação entre a temperatura máxima, temperatura mínima e radiação solar fixas, tanto em termos espacial quanto temporal. HAYHOE (1998) já havia contestado essa consideração, tendo também verificado grandes variações temporais e espaciais nos valores de correlação entre as variáveis.

Quadro 12 – Correlação entre as variáveis para as séries de eventos observados gerados

Estação		T _{máx} xT _{mín}	T _{máx} xRAD	T _{mín} xRAD	T _{máx} xVV	T _{mín} xVV	RadxVV	T _{máx} xUR	T _{mín} xUR	RadxUR	VVxUR
Coari	Ger	0,320	0,656	0,18	0,080	0,04	0,06	-0,461	-0,11	-0,33	-0,09
	Obs	0,310	0,714	0,03	0,129	0,25	0,14	-0,812	-0,24	-0,73	-0,22
Conceição do Araguaia	Ger	-0,010	0,589	-0,005	-0,023	0,000	-0,001	-0,239	0,087	-0,133	0,033
	Obs	0,078	0,640	-0,074	-0,079	0,260	-0,030	-0,614	0,165	-0,648	0,173
Petrolina	Ger	0,400	0,828	0,28	-0,096	-0,19	-0,10	-0,499	-0,02	-0,52	0,01
	Obs	0,380	0,620	-0,08	-0,095	-0,10	-0,02	-0,802	0,03	-0,69	0,08
Cuiabá	Ger	0,373	0,617	0,30	0,022	0,03	0,02	-0,174	0,17	-0,03	-0,04
	Obs	0,330	0,551	-0,20	-0,174	-0,02	-0,12	-0,487	0,20	-0,52	-0,10
São Mateus	Ger	0,768	0,529	0,38	-0,030	-0,04	0,10	-0,057	-0,01	-0,07	-0,05
	Obs	0,776	0,424	0,15	0,061	0,04	0,16	-0,148	0,09	-0,35	-0,10
Barretos	Ger	0,455	0,646	0,36	0,010	-0,05	-0,01	-0,146	0,28	-0,05	-0,10
	Obs	0,344	0,484	-0,35	-0,080	-0,09	0,15	-0,563	0,34	-0,73	-0,13
Lagoa Vermelha	Ger	0,788	0,585	0,24	0,017	0,04	0,03	-0,321	-0,10	-0,49	0,01
	Obs	0,797	0,379	-0,06	0,051	0,11	-0,05	-0,488	-0,06	-0,74	-0,05
Média	Ger	0,517	0,643	0,290	0,001	-0,029	0,018	-0,276	0,036	-0,247	-0,044
	Obs	0,489	0,529	-0,088	-0,018	0,031	0,043	-0,550	0,059	-0,627	-0,089

Quadro 13 – Variação anual das correlações entre as variáveis para as séries de eventos observados e gerados na estação Conceição do Araguaia

Período		T _{máx} xT _{mín}	T _{máx} xRAD	T _{mín} xRAD	T _{máx} xVV	T _{mín} xVV	RadxVV	T _{máx} xUR	T _{mín} xUR	RadxUR	VVxUR
Janeiro-Março	Obs	0,229	0,703	0,066	-0,066	0,312	-0,041	-0,723	-0,063	-0,673	0,053
	Ger	0,141	0,677	0,019	-0,044	-0,027	-0,025	-0,176	-0,013	-0,178	0,046
Abril-Junho	Obs	0,110	0,676	-0,082	-0,036	0,322	-0,018	-0,533	0,181	-0,706	0,200
	Ger	-0,170	0,526	0,077	-0,019	-0,015	-0,006	-0,352	0,263	-0,053	-0,004
Julho-Setembro	Obs	-0,076	0,476	-0,313	-0,123	0,272	-0,046	-0,457	0,489	-0,524	0,310
	Ger	-0,128	0,463	-0,144	-0,035	0,070	0,017	-0,219	0,179	-0,098	0,083
Outubro-Dezembro	Obs	0,048	0,705	0,033	-0,090	0,132	-0,013	-0,744	0,052	-0,687	0,128

A variação da correlação entre as variáveis nas épocas do ano foi menor do que a variação espacial, sendo observada uma diferença maior para as correlações entre a temperatura máxima e a radiação e também entre a temperatura máxima e a umidade relativa, que apresentaram correlações mais altas nos meses mais quentes do ano, enquanto a tendência observada com relação à correlação entre a temperatura mínima e a umidade relativa foi inversa, com valores mais altos nos meses mais frios. Com relação às outras variáveis não se observou uma variação expressiva da correlação ao longo do ano.

Considerando que as correlações utilizadas no modelo desenvolvido são as referentes à temperatura máxima com a temperatura mínima, temperatura máxima com a radiação solar e temperatura mínima com a radiação solar, evidencia-se que o modelo preservou bem a correlação entre as temperaturas máxima e mínima e entre a temperatura máxima e a radiação solar. As correlações entre estas variáveis para as séries observadas foram próximas às correspondentes às séries geradas em praticamente todas as estações, principalmente a correlação entre a temperatura máxima e a radiação solar. Os resultados obtidos foram similares aos encontrados por BRUHN et al. (1980) e HAYHOE (1998), que também consideraram que os modelos por eles desenvolvidos preservaram bem as correlações entre essas variáveis.

A correlação entre a radiação solar e a temperatura máxima apresentou os maiores valores, sendo observada uma correlação de até 0,717 na estação Coari, enquanto o menor valor foi observado na estação Lagoa Vermelha (0,379). HAYHOE (1998) encontrou até mesmo valores negativos para essa correlação no mês de janeiro para três localidades do Canadá, sendo que o modelo WXGEN, por não considerar a época do ano e a localização, estimou valores positivos, diferindo expressivamente dos valores observados.

De um modo geral as correlações da radiação solar com a temperatura mínima foram bastante inferiores às geradas para a temperatura máxima, assim como as observadas entre as temperaturas máxima e mínima. Esta correlação não

foi representada de modo adequado pelo modelo, sendo que em cinco estações ocorreu uma inversão do sinal da correlação, ou seja, a tendência da série gerada foi inversa à da série observada. Somente nas estações Coari e São Mateus a tendência foi a mesma, com maiores temperaturas mínimas em dias com radiação solar mais alta, porém as correlações das séries geradas foram superiores às das séries observadas. No estudo realizado por HAYHOE (1998) foram observadas somente correlações negativas entre essas variáveis, sendo que o modelo também apresentou uma tendência de superestimar as correlações observadas.

Com relação à umidade relativa, observou-se correlações expressivas desta variável principalmente com a temperatura máxima e a radiação solar, sendo obtidos valores inclusive superiores aos observados entre as temperaturas e a radiação solar, o que contraria a afirmação de RACSKO et al. (1991) de que a correlação entre a umidade relativa e a temperatura é muito baixa e que deve ser considerada apenas a correlação entre a temperatura e a radiação solar.

Como a umidade relativa não foi incluída no processo multivariado proposto por MATALAS (1967) e utilizado neste trabalho, o modelo não preservou as correlações dessa variável com a mesma qualidade observada para as temperaturas e a radiação solar, tendendo a subestimar os valores das correlações, principalmente para a associação com a temperatura máxima e com a radiação solar. As correlações da umidade relativa com estas duas variáveis foram sempre negativas, indicando um menor valor de umidade relativa nos dias com temperatura máxima e radiação solar mais altas em todas as estações.

Quanto à correlação entre a umidade relativa e a temperatura mínima, o modelo preservou razoavelmente bem as correlações entre estas variáveis, sendo que não foi observada uma tendência bem definida, com duas estações (Coari e Lagoa Vermelha) apresentando correlações observadas negativas.

De um modo geral, o modelo não preservou bem as correlações entre a umidade relativa e as outras variáveis, indicando a necessidade desta variável ser gerada em conjunto com as demais. Por outro lado, a sua inclusão no modelo de MATALAS (1967), junto com as temperaturas e a radiação solar, implicaria na consideração de que a umidade relativa segue a distribuição normal, sendo que foi

observada uma forte assimetria negativa da distribuição de frequência desta variável para a maioria das estações (Figura 39).

BRUHN et al. (1980) usaram na simulação da umidade relativa uma distribuição normal truncada, justificando que a utilização da distribuição beta demanda um tempo de processamento que desestimula sua utilização, sendo que os autores não inseriram a geração desta variável no modelo de MATALAS (1967). Os autores consideraram os resultados encontrados como muito bons para a simulação dessa variável, apesar do modelo não ter preservado as correlações entre a umidade relativa e a radiação solar ($r_{\text{ger}} = -0,26$ e $r_{\text{obs}} = -0,71$).

WALLIS e GRIFFITHS (1997) aprimoraram o modelo usado por RICHARDSON (1981), incorporando a umidade relativa e a velocidade do vento no processo multivariado estocástico que considera as matrizes de autocorrelação e de correlação entre todas as variáveis, porém, os autores somente discutem sobre os bons resultados encontrados para as correlações entre as variáveis, não apresentando resultados sobre a qualidade das séries geradas para cada variável e, conseqüentemente, sobre a utilização da distribuição normal para a geração da umidade relativa.

Já quanto à velocidade do vento, verifica-se que sua associação com todas as variáveis é muito baixa, tanto para as séries geradas quanto para as observadas. Somente na sua correlação com a umidade relativa pôde ser observada uma leve tendência de valores negativos, porém, pode-se afirmar que esta variável pode ser gerada isoladamente, sem perda de qualidade do modelo, uma vez que todas as correlações entre as variáveis podem ser consideradas desprezíveis.

Verifica-se, portanto, que o modelo manteve as correlações entre as variáveis que foram geradas de forma conjunta no modelo multivariado (temperaturas máxima e mínima e radiação solar), enquanto a umidade relativa e a velocidade do vento, que foram geradas de forma independente, não tiveram as correlações preservadas. Apesar da correlação da velocidade do vento com todas as outras variáveis ser reduzida, a umidade relativa apresentou uma forte dependência, principalmente com a temperatura máxima e a radiação solar. Essa dependência não deveria, portanto, ser desprezada, sendo que um aprimoramento do modelo poderia

ser obtido a partir da consideração na metodologia utilizada do efeito desta correlação.

4.2.7. Associação entre cada variável e a precipitação

No Quadro 14 é apresentada a relação percentual para cada variável climática analisada, do valor médio nos dias secos e chuvosos, sendo os valores apresentados correspondentes às séries geradas, que tiveram relações percentuais, para todas as variáveis, muito próximas das inerentes às séries de dados observados.

Quadro 14 – Relação percentual do valor médio nos dias secos e chuvosos, para cada variável climática analisada

Estação	Temperatura		Temperatura		Radiação		Velocidade do		Umidade	
	máxima		mínima		solar		vento		relativa	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Coari	105,8	77,7	100,9	110,4	130,5	103,6	112,0	99,8	91,4	96,9
Conceição do Arag.	106,6	80,6	98,5	111,9	125,1	74,5	100,5	100,7	84,3	104,5
Petrolina	105,9	73,1	97,9	108,2	125,5	87,4	93,9	98,8	90,7	104,2
Cuiabá	105,1	87,0	99,9	107,9	121,8	95,2	100,5	87,2	88,7	113,3
São Mateus	106,2	85,5	102,6	107,1	142,8	82,4	125,3	114,8	94,9	88,2
Barretos	106,6	82,0	97,2	131,9	135,1	95,4	126,0	113,3	78,1	121,2
Lagoa Verm.	108,8	107,3	82,1	134,7	155,2	101,3	86,8	87,6	77,8	86,6
Média	106,4	84,8	97,0	116,0	133,7	91,4	106,4	100,3	86,5	102,1

As média das temperaturas máximas de todas as estações apresentaram valores, em média, 6,4% superiores nos dias secos em relação aos dias chuvosos, enquanto o desvio padrão nos dias secos foi, em média, 15,2% inferior ao dos dias chuvosos. Apenas na estação Lagoa Vermelha essa tendência não ocorreu, sendo que os valores do desvio padrão foram 7,3% superiores nos dias secos.

A radiação solar apresentou uma tendência semelhante à observada no comportamento da temperatura máxima, porém, com maior magnitude para a média e menor para o desvio padrão. A média da radiação solar foi, em média, 33,7% superior nos dias secos, enquanto o desvio padrão dos dias chuvosos foi, em média, 8,6% maior que o dos dias secos, sendo que nas estações Coari e Lagoa Vermelha foi observada uma tendência contrária. Esses valores confirmam a afirmação de GUENNI et al. (1990), que ressaltaram a importância da consideração do efeito da

nebulosidade na temperatura e constataram uma dependência mais baixa entre a temperatura e a condição do dia.

A umidade relativa também apresentou uma alta relação com a condição do dia (seca ou chuvosa), tendo sido observado que os valores da média dessa variável tendem a apresentar valores, em média, 13,5% mais altos nos dias chuvosos. Com relação ao desvio padrão, a relação é menos evidente e a tendência não é tão definida, porém em algumas estações, como Cuiabá e Barretos, o desvio padrão nos dias secos tende a ser até 21,2% superior ao dos dias chuvosos.

Com relação à temperatura mínima e velocidade do vento não foram observadas tendências bem definidas, porém, em algumas estações a relação entre os valores das séries de dias chuvosos e secos foi expressiva, contrariando o que é adotado pelo modelo WXGEN, que não considera a relação entre a temperatura mínima e a ocorrência ou não de precipitação. Na estação Lagoa Vermelha, por exemplo, os valores de temperatura mínima foram 17,9% superiores nos dias chuvosos, enquanto o desvio padrão foi 34,7% mais baixo nestes dias. A velocidade do vento também apresentou valores expressivos em algumas estações, como Barretos e São Mateus, que apresentaram valores de média de velocidade do vento 26,0 e 25,3% superiores nos dias secos, respectivamente, enquanto nas estações Cuiabá e Lagoa Vermelha os valores do desvio padrão foram pelo menos 12% inferiores nesses dias.

Percebe-se, portanto, a importância da consideração dos dias secos e chuvosos separadamente na geração das séries das variáveis climáticas. Esse efeito foi mais evidente para a temperatura máxima, radiação solar e umidade relativa, mas também observado, em algumas estações, para a temperatura mínima e a radiação solar.

No Quadro 15 apresenta-se, considerando apenas os dias chuvosos, a correlação entre cada variável e o total precipitado, podendo-se observar que o modelo não preservou as correlações do total precipitado com nenhum dos elementos climáticos estudados, sendo que praticamente todas as correlações para os valores gerados foram inferiores às correspondentes aos dados observados, o que pode ser justificado pelo fato de que o modelo não contempla a associação entre o total precipitado e as demais variáveis climáticas.

Quadro 15 – Correlação entre cada variável e o total precipitado

Variável		Coari	Conceição do Araguaia	Petrolina	Cuiabá	São Mateus	Barretos	Lagoa Vermelha	Média
Temperatura máxima	Ger	-0,036	-0,028	0,108	0,045	0,095	0,025	-0,005	0,029
	Obs	-0,345	-0,261	-0,130	-0,140	-0,098	-0,098	-0,001	-0,153
Temperatura mínima	Ger	0,008	0,001	0,158	0,074	0,103	0,043	-0,009	0,054
	Obs	-0,206	-0,062	0,121	-0,067	-0,037	-0,037	0,096	-0,027
Radiação solar	Ger	0,070	0,034	0,110	0,073	0,060	0,022	-0,004	0,052
	Obs	-0,311	-0,291	-0,274	-0,226	-0,243	-0,243	-0,285	-0,268
Umidade Relativa	Ger	0,003	0,000	-0,078	-0,017	-0,002	-0,014	-0,008	-0,017
	Obs	0,396	0,290	0,292	0,311	0,322	0,322	0,408	0,334
Velocidade do vento	Ger	0,054	0,026	-0,010	0,005	0,003	0,007	0,008	0,013
	Obs	-0,050	-0,068	-0,056	-0,050	-0,003	-0,003	0,026	-0,029

A temperatura máxima e a radiação solar também apresentaram uma expressiva correlação com o total precipitado, principalmente a radiação, que possui, em média, uma correlação negativa de 0,268 com o total precipitado, enquanto para a temperatura máxima a correlação é de -0,153, em média. A estação que possui maior grau de associação entre essas variáveis e o total precipitado é a estação Coari, com valores de 0,311 e 0,345 para a temperatura máxima e a radiação solar, respectivamente.

Com relação à temperatura mínima e velocidade do vento, de forma semelhante à relação entre os dias secos e chuvosos, a correlação com o total precipitado é muito pequena, com exceção das estações Coari e Petrolina, que apresentaram uma leve tendência de redução da temperatura mínima com o aumento do total precipitado.

Verifica-se, portanto, que apesar do modelo ter apresentado resultados muito bons quanto à relação de cada variável com a condição do dia, a correlação com o total precipitado não foi bem representada, sendo que para algumas variáveis como

temperatura máxima, radiação solar e umidade relativa essa correlação é expressiva e deveria ser considerada no modelo.

4.2.8. Avaliação geral do modelo

O modelo para geração de séries sintéticas de dados climáticos apresentou, de forma geral, resultados muito bons e que até superaram os resultados obtidos por modelos consagrados mundialmente.

O modelo para a geração das variáveis associadas ao perfil de precipitação apresentou bons resultados, com módulo do erro relativo percentual inferior a 25%, índice de confiança sempre superior a 0,64 e testes de aderência significativos para todas as variáveis. Apesar desses bons resultados, o modelo pode ainda ser melhorado, uma vez que a base de dados foi limitada e deve ser expandida para que se reduza a necessidade de agrupamentos causada pela falta de informações em cada região homogênea. Em diversos Estados brasileiros evidencia-se que a quantidade de informações da base de dados utilizada e que foi disponibilizada pela Agência Nacional de Águas está muito aquém da realmente existente, o que decorre da operação destas estações ser feita por órgãos estaduais. Tal fato exigirá uma consulta individualizada a cada um destes órgãos a fim de se obter essas informações, sendo que em diversos destes, inclusive, os dados ainda não se encontram digitalizados, o que exigirá um esforço adicional.

Quanto ao modelo para a geração das outras variáveis climáticas, os resultados foram ainda mais expressivos que os obtidos para a precipitação, com módulo do erro relativo percentual inferior a 12%, índice de confiança sempre superior a 0,75 e testes de aderência significativos para todas as variáveis. As correlações entre as variáveis geradas de forma conjunta no modelo multivariado foram mantidas, porém o modelo não representou bem a expressiva correlação da temperatura máxima e da radiação solar com a umidade relativa. Além disso, apesar do modelo ter apresentado resultados muito bons quanto à relação de cada variável com a condição do dia, a correlação com o total precipitado não foi bem representada. Estas correlações, embora também não sejam utilizadas nos diversos

modelos apresentados na literatura, mostraram-se importantes e deveriam ser consideradas quando do aprimoramento do modelo.

Com isso, verifica-se a necessidade dos seguintes aprimoramentos no modelo:

- ampliação da base de dados pluviográficos utilizada neste trabalho, permitindo a redução da necessidade de agrupamentos e possibilitando a obtenção dos parâmetros da região homogênea III;
- ampliação da base de dados climatológicos utilizada neste trabalho;
- realização de um estudo mais detalhado das regiões homogêneas delimitadas neste trabalho;
- incorporação no modelo da consideração da correlação entre a umidade relativa e, principalmente, a temperatura máxima e a radiação solar; e
- incorporação no modelo da consideração da correlação entre o total precipitado e as variáveis climáticas, principalmente a radiação solar e a umidade relativa.

4.3. Software ClimaBR 2.0

O modelo computacional aprimorado foi denominado ClimaBR 2.0, sendo a Figura 40 ilustrativa da tela de apresentação do software.

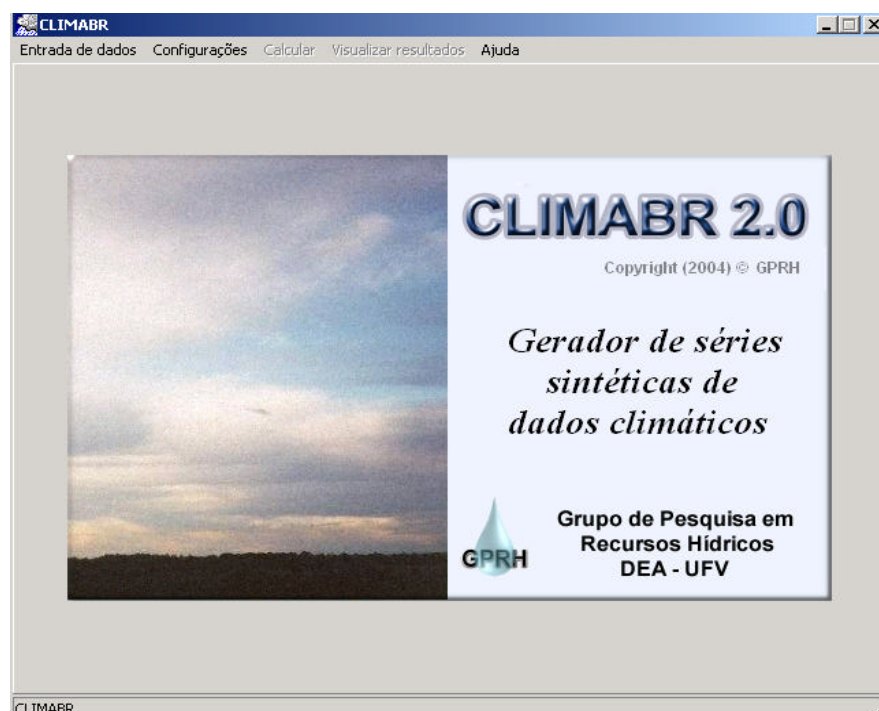


Figura 40. Tela de apresentação do modelo computacional desenvolvido.

O software possui, em relação à versão anterior, desenvolvida por ZANETTI (2003), as seguintes diferenças básicas:

- disponibilidade de um banco de dados contendo os parâmetros de entrada relativos a todas as estações pluviométricas e climatológicas disponíveis, não sendo mais necessário um arquivo de entrada para cada estação pluviométrica a ser utilizada;
- alteração da metodologia para geração das variáveis associadas ao perfil de precipitação; e
- geração de temperaturas máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa.

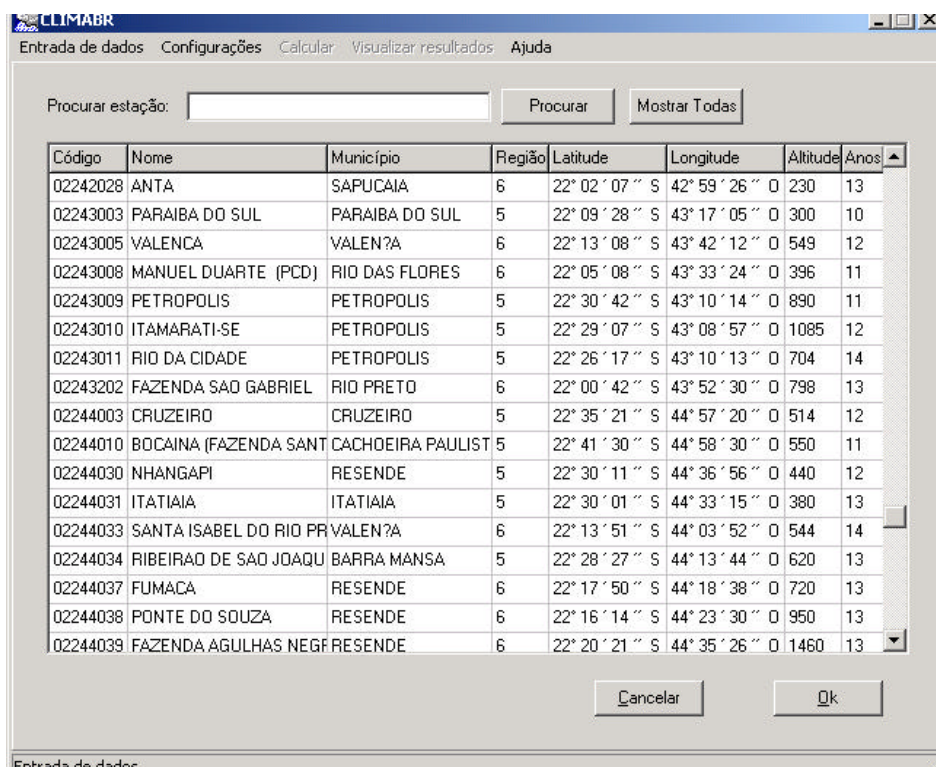
Na sequência apresenta-se, de forma sintética, cada uma das etapas a serem seguidas pelo usuário durante a execução do software.

4.3.1. Entrada de dados

O primeiro procedimento a ser executado pelo usuário é a seleção de uma estação pluviométrica e uma climatológica no banco de dados do software. A tela pertinente à seleção dos dados de entrada de precipitação é apresentada na Figura 41, sendo a tela referente à seleção da estação climatológica semelhante à

correspondente à entrada de dados de precipitação. Nesta tela constam todas as estações que possuem os parâmetros de entrada no banco de dados, sendo apresentados para cada estação: código, nome, município, região homogênea, latitude, longitude, altitude e número de anos a partir dos quais os parâmetros de entrada foram obtidos.

Caso o usuário prefira a utilização de uma estação que não esteja no banco de dados pode-se incluir uma nova estação, tanto pluviométrica como climatológica. Para isso deve-se acessar, no menu entrada de dados, as opções Importar Dados Climatológicos ou Importar Dados Pluviométricos, caso se queira inserir uma estação climatológica ou uma pluviométrica, respectivamente. Na Figura 42 é representada a tela para inserção de uma nova estação pluviométrica no banco de dados, bastando a seleção do Estado e a escolha de uma ou mais estações. O formato do banco de dados deve ser semelhante ao dos arquivos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas no site www.ana.gov.br/hidroweb.



Código	Nome	Município	Região	Latitude	Longitude	Altitude	Anos
02242028	ANTA	SAPUCAIA	6	22° 02 ' 07 " S	42° 59 ' 26 " O	230	13
02243003	PARAIBA DO SUL	PARAIBA DO SUL	5	22° 09 ' 28 " S	43° 17 ' 05 " O	300	10
02243005	VALENÇA	VALENÇA	6	22° 13 ' 08 " S	43° 42 ' 12 " O	549	12
02243008	MANUEL DUARTE (PCD)	RIO DAS FLORES	6	22° 05 ' 08 " S	43° 33 ' 24 " O	396	11
02243009	PETROPOLIS	PETROPOLIS	5	22° 30 ' 42 " S	43° 10 ' 14 " O	890	11
02243010	ITAMARATI-SE	PETROPOLIS	5	22° 29 ' 07 " S	43° 08 ' 57 " O	1085	12
02243011	RIO DA CIDADE	PETROPOLIS	5	22° 26 ' 17 " S	43° 10 ' 13 " O	704	14
02243202	FAZENDA SÃO GABRIEL	RIO PRETO	6	22° 00 ' 42 " S	43° 52 ' 30 " O	798	13
02244003	CRUZEIRO	CRUZEIRO	5	22° 35 ' 21 " S	44° 57 ' 20 " O	514	12
02244010	BOCAINA (FAZENDA SANT	CACHOEIRA PAULIST	5	22° 41 ' 30 " S	44° 58 ' 30 " O	550	11
02244030	NHANGAPI	RESENDE	5	22° 30 ' 11 " S	44° 36 ' 56 " O	440	12
02244031	ITATIAIA	ITATIAIA	5	22° 30 ' 01 " S	44° 33 ' 15 " O	380	13
02244033	SANTA ISABEL DO RIO PR	VALENÇA	6	22° 13 ' 51 " S	44° 03 ' 52 " O	544	14
02244034	RIBEIRAO DE SAO JOAQU	BARRA MANSA	5	22° 28 ' 27 " S	44° 13 ' 44 " O	620	13
02244037	FUMACA	RESENDE	6	22° 17 ' 50 " S	44° 18 ' 38 " O	720	13
02244038	PONTE DO SOUZA	RESENDE	6	22° 16 ' 14 " S	44° 23 ' 30 " O	950	13
02244039	FAZENDA AGULHAS NEGF	RESENDE	6	22° 20 ' 21 " S	44° 35 ' 26 " O	1460	13

Figura 41. Tela referente à entrada de dados relativos à precipitação.

CLIMABR

Entrada de dados Configurações Calcular Visualizar resultados Ajuda

Estado: MINAS GERAIS

Opções de importação:

- ☒ Importar somente as estações selecionadas
- ☐ Importar todas as estações deste estado
- ☐ Importar todas as estações do banco de dados

Mensagens

Código	Nome	Latitude	Longitude	Altitude
01943055	BELO HORIZONTE (HORTO) 83587	19° 53' 59" S	43° 55' 00" O	850
01943054	BELO HORIZONTE (LOURDES) 83580	19° 55' 59" S	43° 55' 59" O	915
01943047	BELO HORIZONTE (PAMPULHA)	19° 51' 00" S	43° 57' 00" O	789
01942011	BELO ORIENTE	19° 13' 00" S	42° 27' 00" O	-
02044033	BELO VALE	20° 23' 59" S	44° 01' 59" O	-
01642012	BERILO	16° 56' 59" S	42° 30' 00" O	392
01944005	BETIM	19° 58' 17" S	44° 12' 06" O	832
01944055	BETIM-COPASA	19° 58' 23" S	44° 11' 17" O	822
02143030	BIAS FORTES	21° 36' 00" S	43° 45' 00" O	-
02143027	BICAS	21° 40' 00" S	43° 04' 00" O	-
02043028	BICAS	20° 21' 00" S	43° 13' 59" O	-
02143024	BICAS	21° 43' 00" S	43° 04' 00" O	-
02042014	BICUIBA	20° 46' 09" S	42° 18' 03" O	630
02145048	BOA ESPERANCA	21° 05' 25" S	45° 34' 10" O	-

Importar Cancelar

Entrada de dados

Figura 42. Tela relativa à inclusão de uma nova estação no banco de dados.

4.3.2. Configurações do sistema

Clicando-se no botão “Configurações” do menu principal é aberta a tela representada na Figura 43. Nesta tela, além de se poder visualizar as informações referentes às estações pluviométrica e climatológica selecionadas, o usuário deve selecionar o número de anos a serem gerados, o ano a partir do qual a série deve ser gerada e quais variáveis deverão ser geradas.

CLIMABR

Entrada de dados Configurações Calcular Visualizar resultados Ajuda

Estação Pluviométrica

Nome da estação: INSTITUTO AGRONOMICO Longitude: 19° 55' 00'' S

Código da estação: 01943011 Latitude: 43° 53' 59'' D

Estação Climatológica

Nome da estação: BELO HORIZONTE (HORTO) 83587 Longitude: 19° 53' 59'' S

Código da estação: 83587 Latitude: 43° 55' 00'' D

Série sintética

Número de anos: 100

Simular a partir do ano: 1

Correções na série gerada

☒ Fazer correções na série gerada

Simular variáveis

☒ Precipitação

☒ Temperatura máxima

☒ Temperatura mínima

☒ Radiação

☒ Velocidade do vento

☒ Umidade

Cancelar Ok

Configurações

Figura 43. Tela relativa à inclusão de uma nova estação no banco de dados.

4.3.3. Resultados

Após a configuração do sistema o usuário deve clicar em “Calcular”, no menu principal, quando então os procedimentos de cálculo para a geração da série sintética serão iniciados. Ao final dos cálculos, o software permite que a série sintética gerada seja salva em um arquivo texto, sendo essa série apresentada na Figura 44 e acessada na opção “Série Sintética”, no item “Visualizar Resultados” do menu principal.

Data	Precipitação(mm)	Duração(h)	i*	ii(mm/h)	TMax(°C)	TMin(°C)	Rad(MJ/m2/dia)	VVento(m/s)	Umid(%)
18/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	29,2	17,5	25,7	1,97	76,6
19/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	27,4	19,5	27,0	1,78	64,2
20/01/01	5,1	3,90	0,022	18,2	25,9	19,1	25,0	1,59	90,1
21/01/01	4,1	1,11	0,543	6,5	28,5	20,2	21,6	1,26	86,7
22/01/01	23,2	3,01	0,142	19,6	27,3	20,9	15,6	0,66	79,4
23/01/01	0,3	0,30	0,642	1,9	28,5	21,2	23,8	0,95	92,6
24/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	31,4	19,8	30,6	1,31	58,3
25/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	30,6	19,3	30,4	1,33	68,5
26/01/01	60,2	7,36	0,099	62,6	25,7	19,8	19,1	0,86	89,7
27/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	30,2	20,2	23,7	2,32	62,6
28/01/01	2,0	1,47	0,092	2,3	27,7	20,0	26,3	1,60	68,9
29/01/01	7,5	1,33	0,157	9,7	27,7	19,1	21,0	1,96	91,9
30/01/01	51,6	7,22	0,150	95,5	27,9	18,4	19,4	0,93	85,4
31/01/01	35,2	4,15	0,717	17,6	28,4	18,6	21,9	2,39	71,6
01/02/01	19,8	3,86	0,024	19,2	28,3	19,4	17,7	0,79	84,4
02/02/01	30,7	7,09	0,215	58,0	26,2	19,7	13,7	1,09	73,5
03/02/01	0,9	1,36	0,274	4,0	25,8	19,1	11,0	1,35	63,0
04/02/01	0,5	1,23	0,051	2,4	24,1	17,4	9,4	0,87	81,1

Figura 44. Tela representativa de uma série sintética de dados climáticos gerada pelo ClimaBR 2.0.

As telas referentes aos demais resultados, como a comparação dos dados mensais gerados e observados, a regressão linear entre os dados observados e gerados, a visualização do perfil de precipitação e a visualização dos dados diários, são semelhantes à versão do software desenvolvida por ZANETTI (2003), diferindo apenas devido à inserção de um menu colocado acima dos gráficos contendo a opção de seleção das diversas variáveis climáticas.

A Figura 45 é ilustrativa da opção de comparação dos dados mensais observados e gerados, mostrando ainda o menu referente à seleção da variável climática. Nesta figura pode-se observar, para a temperatura máxima, o ótimo ajuste entre os dados observados e gerados, com a variação ou erro relativo percentual máximo de 1,17% para o mês de janeiro.

A Figura 46 é representativa da opção de visualização dos dados diários de cada variável, também sendo visualizado o menu superior ao gráfico em que é permitida a seleção da variável climática. Nesta figura estão apresentados os dados diários de velocidade do vento, sendo possível a visualização do comportamento da velocidade diária do vento ao longo do tempo.

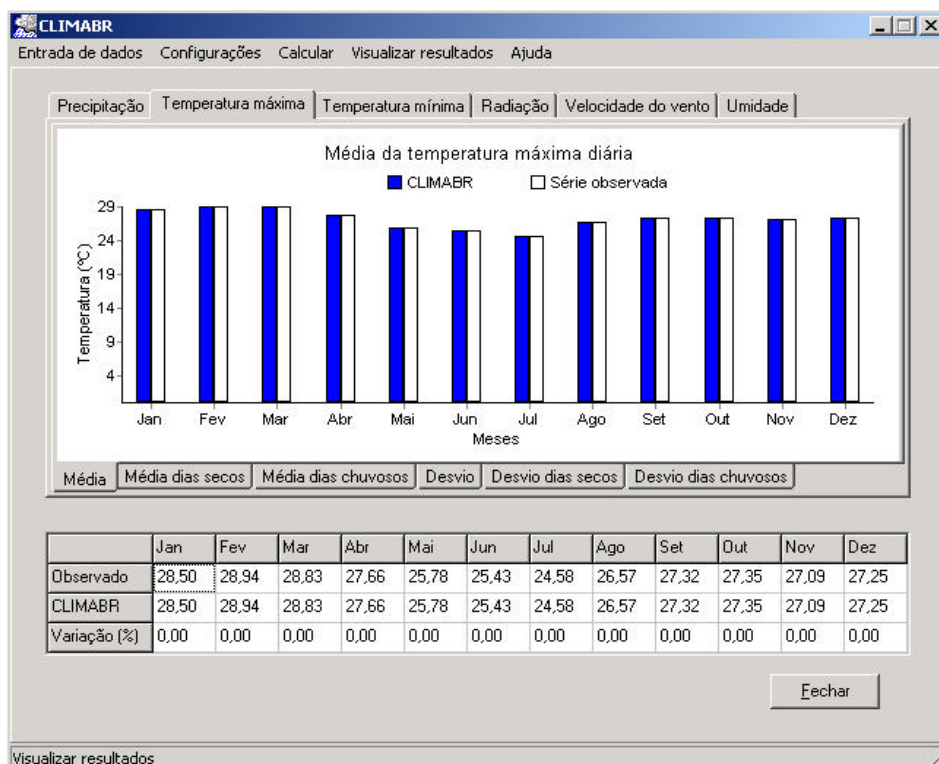


Figura 45. Tela representativa da comparação entre os valores médios mensais da temperatura máxima observada e gerada pelo ClimaBR 2.0.

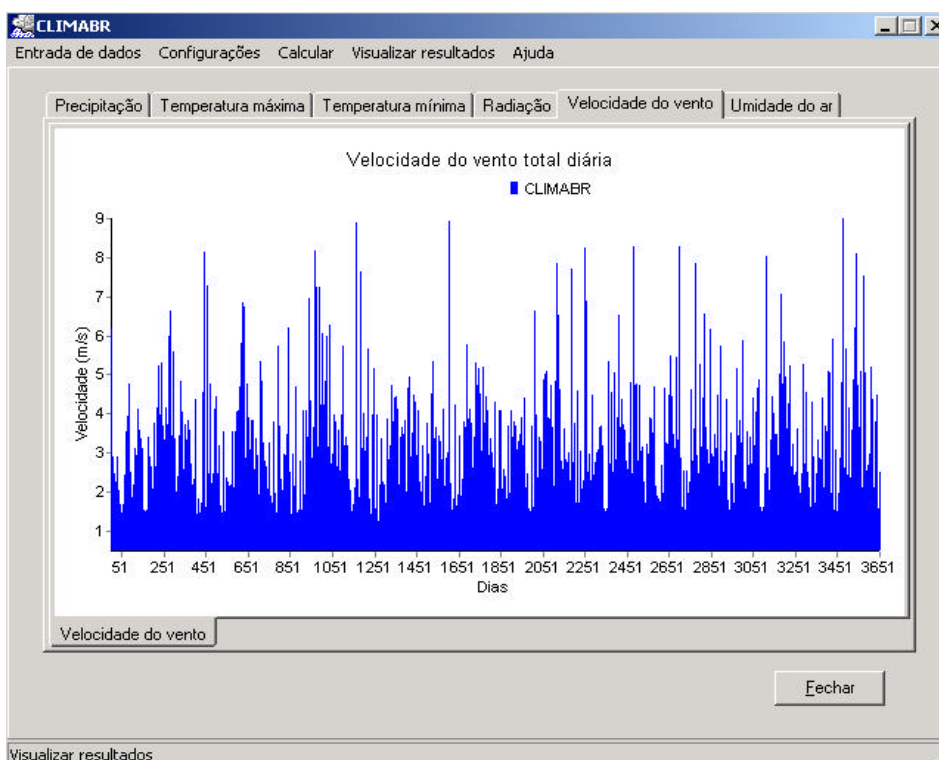


Figura 46. Tela representativa da visualização dos dados diários de velocidade do vento.

5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos permitiu as seguintes conclusões:

- o aprimoramento realizado na metodologia proposta por OLIVEIRA (2003) para geração das variáveis associadas ao perfil de precipitação foi eficiente, uma vez que todos os testes apresentaram resultados muito bons em todas as regiões homogêneas;
- o modelo para geração de séries sintéticas das temperaturas máxima e mínima, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento apresentou resultados que até superaram os resultados obtidos por modelos consagrados mundialmente; e
- o software ClimaBR 2.0 possibilita que a metodologia desenvolvida seja aplicada de forma lógica e sequencial para gerar séries sintéticas de dados climáticos, permitindo a aplicação do modelo para diversas localidades do Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.M.B. **Características climatológicas do regime de chuva em Minas Gerais**. 1995. 64p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- AMORIM, R.S.S. **Avaliação dos modelos de predição hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras**. 2004. 120p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S.; FRIZZONE, J.A.; SENTELHAS, P.C. Simulação da precipitação diária para Parnaíba e Teresina, PI, em planilha eletrônica. Campina Grande, PB, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p.271-278, 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.
- BELTRAME, L.F.S.; LANNA, A.E.L.; LOUZADA, J.A.S. **Chuvas intensas**. Porto Alegre: IPH, UFRGS, 1991, 69p.

- BOSSANYI, E.A.E. et al. **Wind characteristics and the output of wind turbines.** Proceedings First British Wind Energy Association Workshop, Multi-Science Publishing, 1979. 230p.
- BRAS, R.; RODRIGUEZ-ITURBE, I.. **Random functions and hydrology.** Addison-Wesley, Reading, MA, 1985. 559p.
- BROWN, L.C.; FOSTER, G.R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, 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.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CAMARGO, A.P. et al. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.251-257, 1999.
- CARVALHO, L.G. **Modelos prognósticos de produtividade da cultura do café no Estado de Minas Gerais.** 2003. 152p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- CASTELLVI, F.; STOCKLE, C.O.; IBÁÑEZ, M. Comparing a locally calibrated versus a generalized temperature generation process. **Transactions of the ASAE**, v.44, n.5, p.1143-1148, 2001.
- CECÍLIO, R.A., RODRIGUES, R.D.G., BAENA, L.G.N., OLIVEIRA, F.G. **Analysis of the RUSLE and WEPP models for a small watershed located in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil.** ISCO - INTERNATIONAL SOIL

- CONSERVATION ORGANIZATION CONFERENCE, 13., 2004, Brisbane, Austrália. **Proceedings...** Brisbane, 2004. n. 658.
- CONNOLLY, R.D.; SCHIRMER, J.; DUNN, P.K. A daily rainfall disaggregation model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.92, p.105-117, 1998.
- COROTIS, R.B.; SIGL, A.B.; KLEIN, J. Probability models of wind velocity magnitude and persistence. **Solar Energy**, v.20, p.483-493, 1978.
- COSTA, T.C.C, da. **Avaliação de estratégias para classificação de imagens orbitais em mapeamento de uso e cobertura da terra**, 109p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- EDELSTEN, P.R., A stochastic modelo f the weather at Hurley in south-east England. **Meteorology Mag.**, v.105, p.206-214, 1976.
- EDWARDS, W.M.; OWENS, L.B. Large storm effects on total soil erosion. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 46, n.1, p.75-78, 1991.
- FAVIS-MORTLOCK. et al. Climatic change, winter wheat yield and soil erosion on the English South Downs. **Agricultural Systems**, v.37, p.415-433, 1991.
- FAVIS-MORTLOCK, D.T.; BOARDMAN, J.; BELL, M. Modelling long-term anthropogenic erosion of a loess cover: South Downs, UK. **The Holocene**, v.7, p.79-89, 1997.
- FIGUEROA, N.; NOBRE, C. Precipitation distribution over central and western tropical South América. **Climanálise**, v.5, p.36-40, 1990.
- FRIEND, A.D. et al. A process-based terrestrial biosphere model of ecosystem dynamics. **Ecological Modelling**, v.95, p.249-287, 1997.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1970. 456p.
- GUENNI, L., et al. Seasonal changes in inter-relationships between climatic variables. **Agriculture and Forest Meteorology**, v.53, p.45-58, 1990.

- GUIANET, 2004. Disponível em: <<http://www.guianet.com.br/Brasil/mapaclima.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2004.
- HANSON, C.L. et al. **Microcomputer program for daily weather simulation in the contiguous United States (ARS-114)**. Washington, DC: US Department of Agriculture, 1994.
- HAYHOE, H.N. Relationship between weather variables in observed and WXGEN generated data series. **Agric. Forest Meteorology**, v.90, p.203-214, 1998.
- HE, C. Modeling hydrologic impact of withdrawing the Great Lakes water for agricultural irrigation. **Journal of the American Water Resources Association**, v.33, p.1055-1068, 1997.
- HUTCHINSON, M.F. Methods of generation of weather sequences. In: BUNTING, A.H. (org.) **Agricultural Environments, Characterization, Classification and Mapping**, Wallingford, UK: CAB International, p.149-157, 1987.
- INMET, 2004. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/climatologia/combo_climatologia_C.html>. Acesso em: 30 jun. 2004.
- JIMOH, O.D.; WEBSTER, P.. Stochastic modelling daily rainfall in Nigeria, intra-annual variation of model parameters. **Journal of Hydrology**, v.222, p.1-17, 1999.
- JONES, J.W.; COLWICK, R.E.; THREADGILL, E.D. A simulated environmental model of temperature, evaporation, rainfall and soil moisture. **Transactions of the ASAE**, v.15, p.366-372, 1972.
- JOHNSON, G.L. et al. Stochastic weather simulation: Overview and analysis of two commonly used models. **Journal of Applied Meteorology**, v.35, p.1878-1896, 1996.
- JUSTUS, C.G.; HARGREAVES, W.R.; YALCIN, A. Nationwide assessment of potential output from wind powered generators. **Journal of Applied Meteorology**, v.15, p.673-678, 1976.

- KITTEL, T.G.F. et al. The VEMAP integrated database for modeling United States ecosystem/vegetation sensitivity to climate change. **Journal of Biogeography**, v.2, p.857-862, 1995.
- LANE, L.J.; NEARING, M.A. (org.). **Water Erosion Prediction Project landscape profile model documentation**. NSERL Rep. 2. Natl. Soil Erosion Res. Lab., USDA-ARS, Purdue University, West Lafayette, IN, 1989.
- LARSEN, G.A.; PENSE, R.B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. **Agronomy Journal**, v.74. p.510-514, 1982.
- LEE, D.H.K. **Clima e desenvolvimento econômico nos trópicos**. Rio de Janeiro, 1967. 145p.
- MARENGO, J. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **Int. J. Climatology**, v.15, p.995-1010, 1995.
- MATALAS, N.C.. Mathematical assessment of synthetic hydrology. **Water Resources Research**, v.3, p.937-945, 1967.
- MEARNS, L.O.; ROSENZWEIG, C.; GOLDBERG, R. The effect of changes in daily and interannual climatic variability on CERES-Weat yields: A sensitivity study. **Climatic Change**, v.32, p.257-296, 1996.
- MENABDE, M.; SIVAPALAN, M. Modeling of rainfall series and extremes using bounded cascades and Levy-stable distributions. **Water Resources Research**, v.36, p.3293-3300, 2000.
- MORAES, A.V.C. et al. Teste e análise de modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade para a cultura da soja na região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, v. 57, n.2, p.25-32, 1998.
- MOREIRA, I.P.S. **Classificação ecológica do território brasileiro situado entre 16 e 24 latitude sul e 48 e 39°51' longitude oeste**. 1997. 157p. il. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

- MORENO, M.F.N. **Qualidade ambiental nos espaços livres de áreas verticalizadas da cidade de São Paulo**. 2001. Tese (Doutorado) – FAU, Universidade de São Paulo, 2001.
- NEVES, R.; CHAMBEL-LEITÃO, P.; LEITÃO, P.C. Modelação numérica da circulação da água no solo – O modelo MOHID. **Pedologia**, v.28, p.46-55, 2000.
- NICKS, A.D.; HARP, J.F. Stochastic generation of temperature and solar radiation data. **Journal of Hydrology**, v.48, p.1-17, 1980.
- NICKS, A.D.; LANE, L.J.; GANDER, G.A. Weather Generator. In: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. **Water erosion prediction project (WEPP)**. West Lafayette: USDA, 1995. Cap.2, p.2.1-2.22.
- NIMER, E. **Climatologia no Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. 421p.
- NONHEBEL, S. The effects of use of average instead of daily weather data in crop growth simulation models. **Agricultural Systems**, v.44, p.377-396, 1994.
- OLIVEIRA, E.A. **Determinação de campos de ventos a partir do deslocamento de nuvens em seqüências de imagens de satélites geoestacionários**. 1986. 69p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade de São Paulo, São José dos Campos, 1986.
- OLIVEIRA, V.P.S. **Modelo para geração de séries sintéticas de precipitação**. 2003. 156p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981, 440p.
- OOSTINDIE, K.; BRONSWIJK, J.J.B. FLOCR – A simulation model for the calculation of water balance, cracking and surface subsidence of clay soils. **DLO Winand Staring Centre Report**, Wageningen, The Netherlands. n.47, 1992.

- PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A. Modelo de estimativa do potencial de energia solar diária disponível no município de Botucatu/SP – Brasil. **Revista Energia na Agricultura**, v.13, n.2, p. 38-50, 1998.
- PICKERING, N.B. et al. WEATERMAN: A utility for managing and generating daily weather data. **Agronomy Journal**, v.86, p.332-337, 1994.
- PICKERING, N.B.; STEDINGER, J.R.; HAITH, D.A. Weather input for nonpoint source pollution models. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.114, p.674-690, 1988.
- PRESS, W.H., et al. **Numerical recipes, the art of scientific computing**. Cambridge, 1986. 818p.
- 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**, v.57, p.7-16, 2002.
- PUTNAM, P.C. **Power from wind**. Von Nostrand, 1948. 224p.
- RACSKO, P., SZEIDL, L. e SEMENOV, M.. A serial approach to local stochastic weather models. **Ecological Modeling**. v.57, p.27-41, 1991.
- RAJAGOPALAN, B.; LALL, U. A k-nearest-neighbour simulator for daily precipitation and other weather variables. **Water Resources Research**, v.35, p.3089-3101, 1999.
- RAO, V.B., HADA, K. Characteristics of rainfall over Brasil: Annual variations and connections with the southern oscillation. **Theor. Appl. Climatology**, v.42, p.81-91, 1990.
- RAUDKIVI, A.J.; LAWGUN, N. Generation of serially correlated nonnormally distributed rainfall durations. **Water Resources Research**., v.8, n.2, p.398-409, 1972.
- RICHARDSON, C.W. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation. **Water Resources Research**, v.17, p.182-190, 1981.

- RICHARDSON, C.W. A wind simulation model for wind erosion estimation. **ASAE Paper** N. 82-2576, ASAE, St. Joseph, MI 49085. 1982.
- RICHARDSON, C.W.; WRIGHT, D.A., **WGEN: A model for generating daily weather variables**. USDA Agricultural Research Service, ARS-8, 1984. 83p.
- RICHARDSON, C.W. Weather simulation for crop management models. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.28, p.1602-1606, 1985.
- RICHARDSON, C.W.; NICKS, A.D. Weather generator description. In: SHARPLEY, A.N. e WILLIAMS, J.R. (org), **Erosion/Productivity impact calculator. 1. Model documentation**. Washington, DC: US Department of Agriculture: Agricultural Research Service Technical Bulletin 1768, p.93-104. 1990.
- RIHA, S.J.; WILKS, D.S.; SIMOENS, P. Impact of temperature and precipitation variability on crop model predictions. **Climatic Change**, v.32, p.293-311, 1996.
- ROSS, P.J. **SWIM – A simulation model for soil water infiltration and movement**. CSIRO Division of Soils. Townsville, Queensland, Austrália, 1990. 59p.
- SARAIVA, J.A.P.G. **Insolation and sunshine in Northeastern Brazil: Comparison between evaluation methods**. 1976. 116p. Tese de Mestrado – Fort Collins, Colorado, 1976.
- SCHIMEL, D.S.; VEMAP Participants; BRASWELL, B.H. Spatial variability in ecosystem processes at the continental scale: models, data and the role of disturbance. **Ecological Monographs**, p.67, p.251-271, 1997.
- SEDIYAMA, G.C. et al. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. **Revista Ceres**, v.25. n.141. p. 455-466, 1978.
- SEMENOV, M.A.; PORTER, J.R. Climatic variability and the modelling of crop yields. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.73, p.265-283, 1995.

- SENE, E.; MOREIRA, J.C. **Geografia geral e do Brasil; espaço geográfico e globalização**. São Paulo: Scipione. 1998.
- SHARPLEY, A.N.; WILLIAMS, J.R. (org.), Erosion/Productivity impact calculator, 1. Model documentation. In: USDA-ARS. **Technical Bulletin 1768**. 1990.
- SHERLOCK, R.H. Analyzing winds for frequency and duration. **Meteorology Monogr.**, n.4, 72-79, 1951.
- SILVA, A.M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, (in press) 2003?.
- SILVA JÚNIOR, M.C. **Composição florística, estrutura e parâmetros fitossociológicos do cerrado e sua relação com o solo na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba**. 2001. 130p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- SKIDMORE, E.L.; TATARKO, J. Stochastic wind simulation for wind erosion modeling. **Transactions of the. ASAE**, v.33, p.1893-1988. 1990.
- STERN, R.D.; DENNETT, M.D.; DALE, I.C. Analysing daily rainfall measurements to give agronomically useful results. II. A modeling approach. **Experimental Agriculture**, n.18, p.237-253, 1982.
- TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia ciência e aplicação**. 2.Ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. 943p.
- VANCLOSSTER, M.; VIAENE, P.; DIELS, J. **WAVE: A mathematical model for simulating water and agrochemicals in the vadose environment: Reference and users manual** (Release 2.0). Katholieke Universiteit Leuven. 1994.
- VIANA, T.V. de A.; ARAÚJO, 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. **Resumos...**, 2000. p.8.

- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ. 1991. 449p.
- 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. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- VIRGENS FILHO, J.S. **Modelo computacional para simulação de dados climáticos**. Botucatu, 1997. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- WALLIS, T.W.R., GRIFFITHS, J.F. Simulated meteorological input for agricultural models. **Agriculture and Forest Meteorology**, v.88, p.241-258, 1997.
- WENTINK, JR.; TUNIS. **Wind power potential of Alaska; Part I**. Sci. Rep., NSF/RANN Grant GI-43098 Geophysical Institute, Univerisity of Alaska, Fairbanks [NTIS, PB 238-507], 1974.
- WILKS, D.S. Adapting stochastic weather generation algorithms for climate change studies. **Climatic Change**, v.22, p.67-84, 1992.
- WILKS, D.S. Multisite generalizations of a daily stochastic precipitation generation model. **Journal of Hydrology**, v.210, p.178-191, 1998.
- WILKS, D.S. Simultaneous stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation at multiple sites in complex terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.96, p.85-101, 1999.

- WILKS, D.S. Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction. **International Geophysics Series**, v.59, Academic Press, 464p. 1995.
- WILLMOTT, C.J.. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, n.2, p.184-194, 1981.
- WISCHMEIER, W.H. Storms and soil conservation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.17, n.2, p.55-59, 1962.
- YAO, A.Y.M. A statistical model for the surface relative humidity. **Journal of Applied Meteorology**. n.13, p.17-31, 1974.
- YU, B. Improvement and evaluation of CLIGEN for storm generation. **Transactions of the Asae**, v.43, n.2, p.301-307, 2001.
- ZANETTI, S.S. **Modelo computacional para geração de séries sintéticas de precipitação e do seu perfil instantâneo**. 2003. 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A – Estações pluviométricas utilizadas no estudo

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
00052000	SAO FRANCISCO (PCD)	-0,5711	-52,5750	00261000	BARURI	-2,0158	-61,5408
00053000*	FAZENDA PAQUIRA	-0,4167	-53,7000	00339000*	AMONTADA (SUDENE)	-3,3597	-39,8336
00061000	SANTA MARIA DO BOIACU	-0,5053	-61,7864	00341027	TINGUIS	-3,7233	-41,9756
00062001*	JALAUACA	-0,3011	-62,7622	00342002	ESPERANTINA	-3,9033	-42,2294
00063000	CUMARU	-0,5983	-63,3978	00342007	LUZILANDIA	-3,4622	-42,3733
00065001*	TAPURUQUARA (PCD)	-0,4203	-65,0153	00342009	BARRA DA ONCA	-3,3647	-42,7239
00066000*	LIVRAMENTO	-0,2911	-66,1486	00343001	IGUARA	-3,5536	-43,8736
00145006*	CANDIDO MENDES	-1,4558	-45,7281	00343003*	NINA RODRIGUES	-3,4594	-43,8989
00146001*	BRAGANCA	-1,0500	-46,7833	00343004	MUNIM	-3,5953	-43,7086
00146008	ALTO BONITO	-1,8175	-46,3439	00343009	MATA ROMA	-3,6258	-43,1122
00147002	CAPANEMA	-1,2028	-47,1786	00343010	BREJO DO MEIO	-3,9261	-43,5011
00147007*	CASTANHAL	-1,2981	-47,9394	00343011	GONCALO	-3,0442	-43,2364
00151000*	JARILANDIA	-1,1233	-51,9964	00344004	CANTANHEDE	-3,6325	-44,3764
00151001	ACAMPAMENTO IBDF	-1,7922	-51,4344	00344007	PIRITORO	-3,7064	-44,2872
00152005	ALMEIRIM	-1,5264	-52,5783	00344008	PEDRAS	-3,9436	-44,0175
00153000	PRAINHA	-1,8011	-53,4800	00344011	SAO MATEUS DO MARANHÃO	-3,9833	-44,4667
00154000	ARAPARI	-1,7736	-54,3972	00344012	MIRANDA	-3,5667	-44,5833
00154001*	BOCA DO INFERNO	-1,5000	-54,8714	00344013	LAGO ACU	-3,7667	-44,8333
00161002	MOURA (PCD)	-1,4567	-61,6347	00345000	ARATOI GRANDE	-3,7708	-45,2183
00162002*	UMANAPANA	-1,8800	-62,4608	00345006	PINDARE-MIRIM	-3,6583	-45,4431
00165000*	MARAA	-1,8167	-65,3500	00345012	BOA VISTA DO PINDARE	-3,4028	-45,0106
00166000	ACANAUI	-1,8000	-66,5500	00345013*	NEWTON BELO	-3,4244	-45,6694
00167000	MACUERU	-1,6333	-67,6667	00347001*	GURUPIZINHO	-3,7422	-47,4975
00169000*	VILA BITTENCOURT (PCD)	-1,3833	-69,4167	00350000*	FAZ. ESTRELA DO NORTE	-3,8539	-50,4625
00242002*	BARRO DURO	-2,8944	-42,3094	00351000*	GRANJA GAZELA	-3,4194	-51,2558
00245001	ALTO TURI (PCD-SIVAM)	-2,9539	-45,6647	00353000*	URUARA	-3,6778	-53,5544
00245003	MARACACUME	-2,0522	-45,9583	00354000	SITIO SAO PEDRO	-3,8889	-54,3150
00245007	BR-316/RIO PARUA	-2,5047	-45,7842	00359001*	NOVA OLINDA DO NORTE	-3,8847	-59,0897
00245009	PIMENTA	-2,5903	-45,3653	00360001	MANACAPURU	-3,3083	-60,6094
00245011*	SANTA HELENA	-2,2739	-45,2711	00361000*	BERURI	-3,8853	-61,3678
00250000	CIPOAL	-2,7850	-50,4536	00361001	CAAPIRANGA	-3,3297	-61,2133
00250002*	IRAPURU	-2,4533	-50,9228	00366000*	FORTE DAS GRACAS	-3,6414	-66,1031
00251000	MARACACUERA FLORESTAL	-2,2450	-51,1794	00367000	SANTO ANTONIO DO ICA	-3,0833	-67,9333
00254000*	SANTAREM	-2,4322	-54,6908	00368001*	SÃO PAULO DE OLIVENCA	-3,4500	-68,8000
00254005	BARRAGEM-CONJ.4	-2,8150	-54,2978	00438022*	CRISTAIS	-4,4997	-38,3611
00260005*	CARAO	-2,9083	-60,6725	00440005	CROATA	-4,4156	-40,9117
00260006	NOVO AIRAO	-2,6272	-60,9425	00442005	FAZENDA ALEGRIA	-4,4106	-42,1939
00260007*	PRESIDENTE FIGUEIREDO	-2,0417	-60,0258	00442010	MIGUEL ALVES	-4,1672	-42,8900

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
00442013	DUQUE BACELAR	-4,1528	-42,9461	00552000	BELO HORIZONTE	-5,4081	-52,9019
00443006	CODO (PCD-SIVAM)	-4,4586	-43,8767	00554000	CAJUEIRO	-5,6503	-54,5211
00443007	FAZENDA SOBRAL	-4,4672	-43,9258	00556000*	JATOBA	-5,1542	-56,8556
00443011	PALMEIRA DO NORTE	-4,4181	-43,6456	00560000*	NOVO ARIPUANA	-5,1228	-60,3847
00443012*	ALDEIAS ALTAS	-4,6261	-43,4683	00638032*	ANTENOR NAVARRO	-6,7353	-38,4481
00444001	COROATA	-4,1628	-44,1658	00640003*	ARNEIROZ	-6,3264	-40,1586
00444005	PEDREIRAS II	-4,5703	-44,6050	00642012	FAZENDA TALHADA	-6,9733	-42,1061
00444013	PIRITORO BR-316	-4,3750	-44,3333	00643011	LAGES	-6,6100	-43,4011
00445001	ESPERANTINA	-4,0311	-45,2711	00643012*	PASSAGEM FRANCA	-6,1756	-43,7778
00445007	ANGICO	-4,7428	-45,1806	00643013	BARAO DE GRAJAU	-6,7619	-43,0264
00445009*	LAGO DA PEDRA	-4,5606	-45,1256	00644003	COLINAS	-6,0275	-44,2539
00445010	SAO JOAO DO GRAJAU	-4,2406	-45,3581	00644007	MIRADOR (PCD-SIVAM)	-6,3692	-44,3594
00446000	PONTE BR-222 (PCD-SIVAM)	-4,3042	-46,4936	00644012	PORTO DO LOPES	-6,0103	-44,3444
00446001*	FAZENDA PEDREIRAS	-4,4092	-46,7475	00644015	CAMPO LARGO	-6,0669	-44,7144
00446002	VALE DO PINDARE	-4,6981	-46,9392	00645003*	MATO GROSSO	-6,8442	-45,1092
00447002	RETA KM-32	-4,8286	-47,2697	00646005	FAZENDA SAO VICENTE	-6,8183	-46,3336
00452000*	MONTE ALEGRE	-4,6656	-52,7203	00646006	FAZENDA SEMPRE VIVA	-6,1928	-46,2689
00454000	PRAIA	-4,8128	-54,6683	00647000	TOCANTINOPOLIS	-6,2872	-47,3919
00455002*	CUPARI	-4,1750	-55,4269	00647001*	WANDERLANDIA	-6,8389	-47,9700
00459000	BORBA	-4,3892	-59,5994	00648000	XAMBIOA (PCD INPE)	-6,4131	-48,5356
00535038*	FAZENDA POTENJI	-5,8458	-35,5233	00648001	ANANAS	-6,3639	-48,0714
00537019*	UPANEMA (DNOCS)	-5,6436	-37,2553	00648002	PIRAQUE	-6,6717	-48,4697
00538008*	CASTANHAO	-5,4669	-38,4081	00649000	FAZENDA SURUBIM	-6,4278	-49,4197
00539002*	BOQUEIRAO DO PATU	-5,5833	-39,4167	00649001	FAZENDA SANTA ELISA	-6,7947	-49,5486
00541002	FAZENDA BOA ESPERANCA	-5,2247	-41,7369	00649002*	ELDORADO	-6,1053	-49,3775
00542008*	PRATA DO PIAUI	-5,6664	-42,2056	00649003	PORTO LEMOS	-6,8675	-49,0975
00542012*	TERESINA	-5,1356	-42,8119	00650001*	FAZENDA CAICARA	-6,8153	-50,5389
00543002	LAGOA	-5,4844	-43,3586	00652000*	PRIMAVERA DO XINGU	-6,0500	-52,6000
00543004	MENDES	-5,7092	-43,5872	00660000	SERINGAL JENIPAPO	-6,0003	-60,1878
00543009	FAZENDA VENEZA	-5,5728	-43,0242	00661000*	SAO RAFAEL	-6,2478	-61,8383
00543010	PALMEIRAS	-5,9794	-43,0636	00661001	NOVA ESPERANCA	-6,3592	-61,7667
00543011	VEREDA GRANDE	-5,9700	-43,4158	00664001*	CANUTAMA	-6,5342	-64,3839
00544006*	FLORES	-5,4197	-44,9283	00668000	SANTOS DUMONT	-6,4417	-68,2439
00544009	GRACA ARANHA	-5,4050	-44,3356	00735009*	MULUNGU (CAMARAZAL)	-7,0294	-35,4681
00546006*	FORTALEZA	-5,6044	-46,2386	00735036	PONTE DA BATALHA	-7,1300	-35,0475
00546007	SITIO NOVO	-5,8842	-46,7019	00735050	ENGENHO SITIO	-7,9681	-35,1567
00547002	ITAGUATINS	-5,7167	-47,5000	00735066	PAUDALHO	-7,8942	-35,1733
00547005	BURITIRAMA	-5,5944	-47,0192	00735067	SALGADINHO (DNOS)	-7,9428	-35,6342
00548000	ARAGUATINS	-5,6483	-48,2078	00735100	LIMOEIRO	-7,8789	-35,4519
00548001*	SAO SEBAST. DO TOCANTINS	-5,2583	-48,2008	00735124	BODOCONGO	-7,5283	-35,9997
00549004	SERRA PELADA	-5,9347	-49,6767	00735157	CARPINA	-7,8428	-35,1825
00549007	KM 60 / PA-150	-5,8031	-49,1833	00735158*	SURUBIM	-7,8547	-35,7644

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
00735159	VERTENTES	-7,9100	-35,9886	00836043	SANHARO	-8,3656	-36,5603
00736000	TAPEROA II	-7,2175	-36,8289	00836092	BREJO DA MADRE DE DEUS	-8,1456	-36,3703
00736040	JATAUBA	-7,9864	-36,5006	00836093*	POCAO	-8,1894	-36,7069
00736041	SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE	-7,9619	-36,2022	00837038	INAJA	-8,9208	-37,8306
00736042	TAQUARITINGA DO NORTE	-7,9039	-36,0469	00838000	AIRI (ROCHEDO)	-8,5392	-38,1928
00737006	PIANCO	-7,2142	-37,9258	00838002	SERRINHA	-8,2397	-38,5278
00737023	AFOGADOS DA INGAZEIRA	-7,7389	-37,6483	00838004	BELEM DE SAO FRANCISCO	-8,7650	-38,9606
00737027*	FLORES (DNOCS)	-7,8678	-37,9725	00838021*	FLORESTA	-8,6064	-38,5786
00741003*	ITAINOPOLIS	-7,4497	-41,4775	00838031	SERRA TALHADA	-8,0006	-38,2447
00741009	SANTA CRUZ DO PIAUI	-7,1819	-41,7650	00839003*	CABROBO	-8,5000	-39,3167
00742011*	SAO FRANCISCO DO PIAUI	-7,2331	-42,5444	00839009	JACARE	-8,2628	-39,8472
00743009	BARRA DO LANCE	-7,2453	-43,6444	00839013*	PARNAMIRIM	-8,0922	-39,5742
00744000	SAO FELIX DE BALSAS	-7,0814	-44,8125	00839014	POCO DO FUMO	-8,1778	-39,7314
00745003*	RIBEIRO GONCALVES	-7,5581	-45,2433	00839019	STA MARIA DA BOA VISTA	-8,8000	-39,8333
00745004	SAMBAIBA	-7,1386	-45,3478	00839034	FAZENDA TAPERA	-8,5203	-39,6408
00745005	FAZENDA TIGRE	-7,3747	-45,6078	00840015*	LAGOA GRANDE	-8,9989	-40,2731
00746006	BALSAS	-7,5225	-46,0342	00844008*	CRISTINO CASTRO II	-8,7925	-44,2058
00746008*	MORRO VERMELHO	-7,1578	-46,5544	00845003	BABILONIA	-8,3175	-45,9678
00746009	RECURSOS	-7,3314	-46,3075	00845004	BARRA DO FOSDAO	-8,1014	-45,5875
00747000	CAROLINA	-7,3231	-47,4644	00845005	INHUMAS	-8,8211	-45,9681
00747001	GOIATINS(PCD-SIVAM)	-7,7114	-47,3150	00846005	BOA VISTA	-8,7903	-46,1181
00747009	PALMEIRANTE	-7,8597	-47,8619	00847001	ITACAJA	-8,3917	-47,7653
00748000	ARAGUAINA	-7,2000	-48,2000	00848000	COLINAS DE TOCANTINS	-8,0528	-48,4817
00748001*	COLONIA	-7,8778	-48,8953	00848001*	GUARAI	-8,8308	-48,5169
00748002	FAZ.PRIMAVERA	-7,5594	-48,4208	00848002	ITAPORA DO TOCANTINS	-8,5731	-48,6908
00748003	MURICILANDIA	-7,1544	-48,4697	00848003	TUPIRATINS	-8,3981	-48,1303
00749000	ARAPOEMA	-7,6550	-49,0647	00849002	ARAGUACEMA	-8,8103	-49,5561
00749001	BOA VISTA DO ARAGUAIA	-7,3231	-49,2242	00850000*	REDENCAO	-8,0439	-50,0031
00749002	XINGUARA	-7,0986	-49,9597	00857000*	SANTA ROSA	-8,8703	-57,4164
00759000*	VILA DO APUI	-7,2008	-59,8922	00863003*	CACHOEIRA DO SAMUEL	-8,7597	-63,4625
00760000	PRAINHA VELHA	-7,2500	-60,4000	00867001*	BOCA DO ACRE	-8,7356	-67,4503
00760001*	BOCA DO GUARIBA	-7,6833	-60,3000	00872000*	TAUMATURGO	-8,9353	-72,7850
00761001	FAZENDA BONSUCESSO	-7,9000	-61,1833	00935012*	MURICI	-9,3136	-35,9497
00763001*	HUMAITA (PCD)	-7,5144	-63,0300	00936051	TRAIPU	-9,9667	-36,9833
00770000*	ENVIRA	-7,3167	-70,2500	00937013*	DELMIRO GOUVEIA (PEDRA)	-9,3928	-37,9942
00773000*	SERRA DO MOA	-7,4356	-73,6522	00937031	AGUAS BELAS	-9,1056	-37,1317
00835017*	ENGENHO BELA ROSA	-8,0167	-35,1167	00938001	PETROLANDIA (ITAPARICA)	-9,0667	-38,3000
00835068	VITORIA DE SANTO ANTAO	-8,1136	-35,2839	00938021	PETROLANDIA	-9,0833	-38,3000
00835135	CUMARU	-8,0119	-35,6961	00941010*	CASA NOVA	-9,3667	-41,4500
00835137	POMBOS	-8,1408	-35,3997	00945011*	ALTO PARNAIBA	-9,1131	-45,9261
00835140*	ENGENHO MATO GROSSO	-8,6375	-35,3056	00946003*	LIZARDA	-9,5919	-46,6806
00835141	PALMARES	-8,6794	-35,5772	00947001	MANSINHA	-9,4575	-47,3269

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
00948000	MIRACEMA DO TOCANTINS	-9,5642	-48,3875	01142020*	FAZ. REFRIGERIO-JUSANTE	-11,3561	-42,2736
00949000	ABREULANDIA	-9,6250	-49,1550	01143004	BARRA	-11,0833	-43,1333
00949001	DOIS IRMAOS DO TOCANTINS	-9,2572	-49,0642	01143014*	FAZENDA PORTO LIMPO	-11,2167	-43,9833
00950001*	BARREIRA DE CAMPO	-9,2275	-50,2108	01145014*	NOVA VIDA-MONTANTE	-11,8525	-45,1222
00956000*	ALTA FLORESTA	-9,8703	-56,1022	01146000*	DIANOPOLIS	-11,6253	-46,8106
00962001	MINERACAO JACUNDA	-9,1792	-62,9531	01147000	ALMAS	-11,5786	-47,1747
00963000	ARIQUEMES	-9,9317	-63,0569	01147001	NATIVIDADE	-11,6969	-47,7286
00968001	SERINGAL DA CARIDADE	-9,0350	-68,5683	01147002	PINDORAMA DO TOCANTINS	-11,1406	-47,5767
01036016	JAPARATUBA	-10,6000	-36,9500	01147003	PORTO ALEGRE	-11,6125	-47,0450
01036026*	PRÓPRIA 4806437	-10,2167	-36,8333	01148000	FAZENDA LOBEIRA	-11,5314	-48,2947
01036063	FAZENDA CAJUEIRO	-10,5781	-36,9156	01149000*	DUERE	-11,3500	-49,2667
01037007	FAZENDA BELEM	-10,9417	-37,3450	01149001	FORMOSO DO ARAGUAIA	-11,8017	-49,5297
01037049	SANTA ROSA DE LIMA	-10,6528	-37,1928	01149002	GURUPI	-11,7364	-49,1364
01037078	CAPELA	-10,4833	-37,0667	01150000	FAZENDA TELESFORO	-11,9167	-50,6667
01038007*	JEREMOABO	-10,0667	-38,3500	01150001	SAO FELIX DO ARAGUAIA	-11,6275	-50,6897
01040002*	CAMPO FORMOSO	-10,5000	-40,3167	01151000	BATE PAPO	-11,6747	-51,3764
01042009*	PILAO ARCADEO	-10,1667	-42,4333	01157000*	PORTO DOS GAUCHOS (PCD)	-11,5358	-57,4172
01047002	PORTO GILANDIA	-10,7856	-47,8000	01158001	FONTANILHAS (PCD)	-11,3408	-58,3369
01047003	RIO DAS BALSAS	-10,0000	-47,9000	01160002*	FAZENDA FLOR DO CAMPO	-11,7489	-60,8678
01047004	PTE ALTA DO TOCANTINS	-10,7508	-47,5361	01237000*	CORTE GRANDE	-12,0575	-37,7564
01048000	FATIMA	-10,7633	-48,9028	01238001	ACUDE COBRE(SAE)	-12,8833	-38,4500
01048001*	PARAISO DO TOCANTINS	-10,1653	-48,8906	01238010	ARACAS	-12,2103	-38,2006
01048005	TAQUARUSSU DO PORTO	-10,3133	-48,1594	01238020*	JOANES	-12,8500	-38,3167
01050002*	SANTA TEREZINHA	-10,4611	-50,5125	01239007*	ARGOIM (DNOCS) (PCD INPE)	-12,5850	-39,5183
01051001*	PORTO ALEGRE DO NORTE	-10,8747	-51,6306	01241017*	PORTO	-12,4975	-41,2961
01052000	VILA SAO JOSE DO XINGU	-10,8044	-52,7378	01243011	IBOTIRAMA	-12,1806	-43,2233
01053001*	FAZENDA SANTA EMILIA	-10,5392	-53,6089	01246000	PONTE ALTA DO BOM JESUS	-12,0986	-46,4786
01054000*	AGRO PECUARIA CAJABI	-10,7461	-54,5461	01246001	AURORA DO NORTE	-12,7144	-46,4086
01055001	INDECO	-10,1125	-55,5700	01247000	CONCEICAO DO TOCANTINS	-12,2186	-47,2967
01057000	FAZENDA AGROTEP	-10,8814	-57,5811	01247002	RIO DA PALMA	-12,4200	-47,1917
01058003*	JURUENA	-10,3211	-58,4975	01247005*	FAZENDA SANTA RITA	-12,5853	-47,4867
01059000	HUMBOLDT (PCD-SIVAM)	-10,1747	-59,4508	01248000	PEIXE	-12,0283	-48,5383
01061001	JL-PARANA (PCD)	-10,8494	-61,9306	01248001	COLONHA	-12,3914	-48,7114
01062001*	JARU	-10,4458	-62,4656	01249000*	ALVORADA	-12,4808	-49,1242
01063000	ESCOLA CARAMURU	-10,5050	-63,6461	01249001	ARAGUACU	-12,9289	-49,8275
01065002*	GUAJARA-MIRIM	-10,7925	-65,3478	01249002	PROJETO RIO FORMOSO	-12,0047	-49,6797
01068000*	XAPURI	-10,6497	-68,5067	01249003	BARREIRA DO PEQUI	-12,0886	-49,9378
01069000	ASSIS BRASIL	-10,9333	-69,5667	01249004	PRAIA ALTA	-12,4178	-49,5892
01137001*	SALGADO	-11,0303	-37,4783	01250000	FAZENDA PIRATININGA	-12,8206	-50,3361
01137017	ESTANCIA	-11,2667	-37,4431	01250001	STO ANTONIO DO LEVERGER	-12,2917	-50,9631
01138014*	CIPO	-11,0981	-38,5131	01251000*	ALO BRASIL	-12,1642	-51,6969
01140010*	FRANCA	-11,5533	-40,6000	01339020	ARATUIPE	-13,5669	-39,0019

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
01341016*	RIO DE CONTAS	-13,5667	-41,8167	01447002*	SAO JOAO D'ALIANCA	-14,7072	-47,5236
01343019*	BOM JESUS DA LAPA	-13,2500	-43,4167	01448000	COLINAS DO SUL	-14,1506	-48,0783
01344014*	CORRENTINA	-13,3364	-44,6522	01448001	NIQUELANDIA	-14,4750	-48,4583
01344016	ARROJADO	-13,4508	-44,5656	01448002	PONTE QUEBRA LINHA	-14,9775	-48,6756
01346000	SAO DOMINGOS	-13,3975	-46,3158	01448003	PORTO RIO BAGAGEM	-14,3742	-48,2042
01346001	NOVA ROMA (FAZ.SUCURI)	-13,7422	-46,8775	01448004	MOQUEM-FAZ.VAU DA ONCA	-14,5478	-48,1656
01346003	MONTE ALEGRE DE GOIAS	-13,0900	-46,8867	01448005	PALMEIRINHA	-14,0222	-48,6111
01346004	CAMPOS BELOS	-13,0358	-46,7769	01449000	PILAR DE GOIAS	-14,7644	-49,5789
01346005	SAO VICENTE	-13,6336	-46,4672	01449001	PORTO URUACU	-14,5192	-49,0489
01346007	FAZENDA PRAINHA	-13,3303	-46,0622	01449002	SANTA TEREZINHA DE GOIAS	-14,4333	-49,7061
01347000	CAVALCANTE	-13,7969	-47,4617	01449003*	CRIXAS	-14,5325	-49,9628
01347001	PONTE PARANA	-13,4239	-47,1319	01450000	LAGOA DA FLECHA	-14,3328	-50,7303
01348000*	CAMPINACU	-13,7900	-48,5669	01450001	MOZARLANDIA	-14,7414	-50,5772
01348001	SAMA	-13,5331	-48,2269	01450002	GOVERNADOR LEONINO	-14,0975	-50,3331
01348003	TROMBAS	-13,5117	-48,7450	01451000	ARUANA (PCD INPE)	-14,9272	-51,0806
01349000	ESTRELA DO NORTE	-13,8717	-49,0714	01452000*	XAVANTINA (PCD-SIVAM)	-14,6722	-52,3547
01349001	NOVO PLANALTO	-13,2358	-49,5081	01452004	AGUA BOA	-14,0764	-52,1503
01349002	PORANGATU (DESCOBERTO)	-13,4453	-49,1447	01453000*	PASSAGEM BR-309	-14,6119	-53,9986
01349003	ENTRONC. SAO MIGUEL	-13,2689	-49,2011	01454000	PARANATINGA	-14,4178	-54,0494
01350000*	BANDEIRANTES	-13,6897	-50,8000	01456004*	QUEBO	-14,6528	-56,1225
01350001	RIO PINTADO (FAZ.PONTAL)	-13,5289	-50,1883	01457003*	DECIOLANDIA	-14,1839	-57,5067
01350002	SAO MIGUEL DO ARAGUAIA	-13,2739	-50,1606	01542014	SAO JOAO DO PARAISO	-15,3167	-42,0228
01352001	GARAPU	-13,4956	-52,4544	01542015*	RIO PARDO DE MINAS	-15,5983	-42,5475
01352002*	SERRA DOURADA	-13,7053	-52,0267	01543002	COLONIA JAIBA	-15,3411	-43,6753
01354000*	FAZENDA AGROCHAPADA	-13,4467	-54,2806	01543013	JANAUBA	-15,7756	-43,2797
01355001*	PORTO RONCADOR	-13,5569	-55,3336	01544012	SAO FRANCISCO	-15,9494	-44,8681
01439000*	PROVISAO	-14,6333	-39,1167	01544016	CACH. GRANDE-MONTANTE	-15,5167	-44,7500
01440026*	VITORIA DA CONQUISTA	-14,8667	-40,8333	01544017	PEDRAS DE MARIA DA CRUZ	-15,6006	-44,3958
01443000	BOCA DA CAATINGA	-14,7864	-43,5514	01544019*	SAO JOAO DA PONTE	-15,9303	-44,0042
01443001	MANGA	-14,7567	-43,9322	01544021	CACH. GRANDE-JUSANTE	-15,0000	-44,0000
01443003*	FAZENDA SALINAS	-14,2833	-43,9833	01546000	ARINOS	-15,9244	-46,1097
01443004	QUEIMADAS	-14,7667	-43,5833	01546009*	BELA LORENA	-15,2156	-46,0306
01444000	SAO GONCALO	-14,3136	-44,4603	01547001	FAZENDA SANTA SE	-15,2161	-47,1569
01444001	CAPITANEA	-14,4231	-44,4836	01547002	PLANALTINA	-15,4533	-47,6133
01444002	MONTALVANIA	-14,4167	-44,3833	01548001	MIMOSO	-15,0575	-48,1594
01444004	JUVENILIA (PCD)	-14,2628	-44,1608	01548002	PADRE BERNARDO	-15,1692	-48,2781
01444005	LAGOA DAS PEDRAS	-14,2806	-44,4094	01548003	PIRENOPOLIS	-15,8500	-48,9500
01445000*	CAJUEIRO	-14,8361	-45,1733	01548011	FAZENDA MARAJA	-15,5531	-48,5772
01446000	DAMIANOPOLIS	-14,5617	-46,1750	01549001	GOIANESIA	-15,3289	-49,1206
01446001	ALVORADA DO NORTE	-14,4833	-46,4917	01549002*	ITAPURANGA	-15,5642	-49,9436
01446004	SITIO D'ABADIA	-14,8039	-46,2533	01549003	JARAGUA	-15,7197	-49,3289
01447000	ALTO PARAISO DE GOIAS	-14,1347	-47,5117	01549004	NOVA AMERICA	-15,0208	-49,8922
01447001	FLORES DE GOIAS	-14,4500	-47,0458	01549009	URUANA	-15,4961	-49,6908

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
01550000	ITAPIRAPUA	-15,8158	-50,6086	01652002	TORIXOREU	-16,2006	-52,5497
01550001	JEROAQUARA	-15,3731	-50,5003	01652003*	DOVERLANDIA	-16,7217	-52,3197
01550002	TRAVESSAO	-15,3689	-50,7047	01653000	TESOURO	-16,0778	-53,5475
01551000*	BRITANIA	-15,2467	-51,1636	01653002*	GUIRATINGA	-16,3508	-53,7592
01551001	MONTES CLAROS DE GOIAS	-15,6056	-51,3567	01653004*	ALTO GARCAS	-16,9439	-53,5331
01551002	PERES	-15,8897	-51,8528	01653005	CAFELANDIA DO LESTE	-16,6689	-53,1242
01551003	SANTA FE	-15,7672	-51,1044	01654004	SANTA ESCOLASTICA	-16,8422	-54,4072
01552000	BARRA DO GARCAS	-15,8914	-52,2286	01656004	SAO JOAO	-16,9442	-56,6319
01552001*	GENERAL CARNEIRO	-15,7000	-52,7500	01658000*	DESTACAMENTO DA CORIXA	-16,3944	-58,3389
01552006	PINDAIBA	-15,0356	-52,2375	01739001*	PRADO	-17,3442	-39,2200
01555005*	SAO JOSE DA SERRA	-15,8369	-55,3231	01740000	CARLOS CHAGAS	-17,7042	-40,7619
01557000*	PORTO ESTRELA	-15,3258	-57,2311	01740001*	NANUQUE-MONTANTE	-17,8419	-40,3808
01559000	PONTES E LACERDA	-15,2156	-59,3536	01740002	FAZENDA CAJUBI	-17,9167	-40,3000
01559006*	VILA BELA (PCD)	-15,0633	-59,8731	01741001	MUCURI	-17,5964	-41,4928
01639000*	MUNDO NOVO	-16,2636	-39,5808	01741006*	LADAINHA (EFBM)	-17,6294	-41,7381
01640001	FAZENDA CAJUEIRO	-16,1203	-40,7394	01741009	FRANCISCO SA (EFBM)	-17,7378	-41,1211
01641010	ITINGA	-16,6181	-41,7675	01741013	PADRE PARAISO	-17,0728	-41,4831
01642014	GRAO MOGOL	-16,5906	-42,9186	01742002*	ALFREDO GRACA	-17,0333	-42,1167
01643020	CAPITAO ENEAS	-16,3222	-43,7150	01742014*	CAPELINHA	-17,6908	-42,5175
01644028	SAO JOAO DA VEREDA	-16,7025	-44,1172	01743002	VILA TERRA BRANCA-JUS.	-17,3128	-43,2078
01645000	SAO ROMAO (PCD)	-16,3717	-45,0828	01744006*	PIRAPORA-BARREIRO	-17,3639	-44,9483
01645002	SANTO INACIO	-16,2817	-45,4142	01744010*	LASSANCE	-17,8900	-44,5767
01645003	BARRA DO ESCURO	-16,2686	-45,2378	01744012	BUENOPOLIS	-17,8742	-44,1769
01645005*	VILA URUCUIA	-16,3003	-45,7422	01744014*	BURITIZEIRO	-17,3522	-44,9594
01645007	PORTO ALEGRE	-16,9069	-45,3825	01745000	CAATINGA	-17,1458	-45,8803
01645009	CACHOEIRA DA MANTEIGA	-16,6569	-45,0808	01745001	CACHOEIRA DO PAREDAO	-17,1111	-45,4378
01645013	FAZENDA AGUA BRANCA	-16,8072	-45,0303	01746001	PORTO DA EXTREMA	-17,0308	-46,0136
01646000	PORTO DOS POCOES	-16,8297	-46,3222	01746008*	PARACATU	-17,2167	-46,8667
01646001	UNAI	-16,3514	-46,8897	01747005	GUARDA-MOR	-17,7725	-47,0986
01647003*	MINGONE	-16,1558	-47,9367	01748004	MARZAGAO	-17,9828	-48,6414
01649001*	ARAGOIANIA	-16,9119	-49,4522	01748005	MONTES CLAROS	-17,1297	-48,1333
01649007	ITABERAI	-16,0303	-49,8003	01749002	JOVIANIA	-17,8100	-49,6169
01649009	OURO VERDE DE GOIAS	-16,2281	-49,1436	01750004	PONTE RODAGEM	-17,3258	-50,6819
01650000*	CACHOEIRA DE GOIAS	-16,6681	-50,6489	01751002	BENJAMIN DE BARROS	-17,6858	-51,8983
01650001	CORREGO DO OURO	-16,2986	-50,5567	01752000	FAZENDA JOAQUIM CARRIJO	-17,5667	-52,7833
01650002	ISRAELANDIA	-16,3164	-50,9053	01752001	FAZENDA NICOMEDES	-17,4333	-52,8500
01651000	CAIAPONIA	-16,9489	-51,8103	01752002	FAZENDA SAO BERNARDO	-17,6881	-52,8828
01651001	IPORA	-16,4322	-51,0792	01753000	ALTO ARAGUAIA	-17,3019	-53,2167
01651002	PIRANHAS	-16,4233	-51,8214	01753001	CACHOEIRA GRANDE	-17,1667	-53,1333
01651003	SAO FERREIRA	-16,3025	-51,4694	01753002	FAZENDA BABILONIA	-17,3519	-53,0914
01652000	BOM JARDIM DE GOIAS	-16,2086	-52,1683	01756000	ILHA CAMARGO	-17,0572	-56,5856
01652001	PONTE BRANCA	-16,7667	-52,8333	01839000	MORRO D'ANTA	-18,2994	-39,9586

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
01839001*	CONCEICAO DA BARRA	-18,5622	-39,7472	01850001*	FAZENDA ALIANCA	-18,1047	-50,0314
01839002	FAZENDA VIRACAO	-18,4167	-39,7167	01853004*	COSTA RICA	-18,5467	-53,1339
01839004	FAZENDA KLABIN	-18,2333	-39,9000	01854001*	PEDRO GOMES	-18,1164	-54,5603
01839006	BARRA NOVA	-18,9503	-39,7644	01855000*	FAZENDA SAO GONCALO	-18,3500	-55,8500
01840001*	BARRA SECA	-18,9833	-40,1333	01940002	SANTA CRUZ-LITORAL	-19,9578	-40,1544
01840002	FAZENDA ALEGRIA	-18,5167	-40,3167	01940003*	RIACHO	-19,7497	-40,0431
01840003	ITAUNINHAS	-18,4894	-40,0906	01940007	FUNDAO	-19,9369	-40,0833
01840004	BARRA DE SAO FRANCISCO	-18,7536	-40,8936	01940010	VALSUGANA VELHA-MONT.	-19,9533	-40,5525
01840006	MUCURICI	-18,0833	-40,5833	01940013*	NOVO BRASIL	-19,2375	-40,5914
01840007	AGUA DOCE	-18,5481	-40,9764	01940018	STA TEREZA	-19,9333	-40,6000
01840010	CEDROLANDIA	-18,8097	-40,6906	01940021	ARACRUZ	-19,8300	-40,2722
01840011	COTAXE	-18,1864	-40,7183	01941000	IPANEMA	-19,7989	-41,7061
01840012	FAZENDA LIMOEIRO	-18,1456	-40,1439	01941010*	SAO SEB. DA ENCRUZILHADA	-19,4925	-41,1617
01840013	ECOPORANGA	-18,3658	-40,8406	01942006	VERMELHO VELHO	-19,9989	-42,3475
01840014	JOACUBA	-18,4042	-40,6867	01942008*	DOM CAVATI	-19,3736	-42,1050
01840015	PATRIMONIO DE STA LUZIA	-18,2056	-40,6033	01943000	MINERACAO MORRO VELHO	-19,9792	-43,8500
01840016	PATRIMONIO XV	-18,4942	-40,4642	01943001*	RIO PIRACICABA	-19,9228	-43,1778
01840017	SAO JOAO DO SOBRADO	-18,3186	-40,4067	01943003*	FERROS	-19,2503	-43,0144
01840019*	CORR. DA BOA ESPERANCA	-18,7006	-40,4419	01943004	JABOTICATUBAS	-19,5206	-43,7444
01841006	VARGEM GRANDE	-18,6811	-41,1967	01943006	SABARA	-19,8931	-43,8150
01841007	FIDELANDIA	-18,2031	-41,2483	01943009	VESPASIANO	-19,6872	-43,9208
01841008	ATALEIA	-18,0469	-41,1144	01943010	CAETE	-19,9006	-43,6675
01841009	MANTENOPOLIS	-18,9089	-41,1217	01943011	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01841010	SANTO AGOSTINHO	-18,4061	-41,0400	01943012	LAGOA SANTA	-19,6333	-43,9000
01841018	CENTRAL DE MINAS	-18,7631	-41,3083	01943013	CARLOS PRATES	-19,9119	-43,9578
01842005	COROACI	-18,6119	-42,2786	01943021	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01843000	USINA PARAUNA	-18,6356	-43,9658	01943022	CAIXA DE AREIA	-19,9450	-43,9125
01843002*	GOUVEA	-18,4656	-43,7431	01943023	TAQUARACU	-19,6639	-43,6881
01844001	SANTO HIPOLITO	-18,3000	-44,2228	01943024	JOSE DE MELO	-19,6897	-43,5856
01845002	FAZENDA SAO FELIX	-18,4644	-45,6467	01943028	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9333	-43,9500
01845004	LAGOA DO GOUVEIA	-18,8414	-45,8514	01943029	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01845013*	SAO GONCALO DO ABAETE	-18,3436	-45,8367	01943030	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01845014	TIROS	-18,9997	-45,9661	01943031	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01846002	CHARQ. DO PATROCINIO	-18,9300	-46,9667	01943032	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01846003	MAJOR PORTO	-18,7069	-46,0369	01943033	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01846005	PRESIDENTE OLEGARIO	-18,4125	-46,4222	01943034	INSTITUTO AGRONOMICO	-19,9167	-43,9000
01846016	PONTE FIRME	-18,0339	-46,4194	01943035*	VAU DA LAGOA	-19,2189	-43,5881
01846017*	LEAL DE PATOS	-18,6411	-46,3344	01943053	AVENIDA DO CONTORNO	-19,9333	-43,9333
01846019	ROCINHA	-18,3736	-46,9150	01944000	PRUDENTE DE MORAIS - A	-19,4833	-44,1500
01847006*	TRES RANCHOS	-18,3628	-47,7794	01944004	PONTE NOVA DO PARAOPÉBA	-19,9556	-44,3067
01847010	IRAI DE MINAS	0,0000	0,0000	01944005	BETIM	-19,9714	-44,2017
01849006*	AVANTIGUARA	-18,7719	-49,0697	01944007*	FAZ ESCOLA FLORESTAL	-19,8797	-44,4217

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
01944009	PEDRO LEOPOLDO	-19,6344	-44,0533	02040002	ALFREDO CHAVES (DNOS)	-20,6333	-40,7500
01944010	HORTO FLORESTAL	-19,2681	-44,4017	02040004	GUARAPARI (DNOS)	-20,6522	-40,5086
01944011	JAGUARUNA-JUSANTE	-19,7281	-44,8067	02040005	ICONHA-MONTANTE	-20,7836	-40,8258
01944014	PRUDENTE DE MORAIS - B	-19,4833	-44,1500	02040006	USINA PAINEIRAS (DNOS)	-20,9528	-40,9533
01944015	PRUDENTE DE MORAIS - C	-19,4833	-44,1500	02040007	SANTA MARIA DO JETIBA	-20,0283	-40,7433
01944016*	SETE LAGOAS	-19,4667	-44,2500	02040008	GARRAFAO (DNOS)	-20,1433	-40,9753
01944018	CAETANOPOLIS	-19,2925	-44,4111	02040009	ANCHIETA (DNOS)	-20,8036	-40,6561
01944019*	FABRICA DE TECIDOS ST ANT.	-19,4667	-44,2500	02040010	SANTA LEOPOLDINA (DNOS)	-20,1003	-40,5278
01944021	VELHO DA TAIPA	-19,6961	-44,9294	02040011	MATILDE (DNOS)	-20,5567	-40,8114
01944023	COMPANHIA IND.BH	-19,6167	-44,0500	02040012	MARECHAL FLORIANO	-20,4119	-40,6822
01944024	FAZENDA VARGEM BONITA	-19,2372	-44,1231	02040013	RIO NOVO DO SUL (DNOS)	-20,8811	-40,9433
01944026	BARRO PRETO	-19,9642	-44,4519	02040014	DUAS BOCAS (DNOS)	-20,2614	-40,4792
01944027	JUATUBA	-19,9556	-44,3344	02040015*	PEROBINHA (DNOS)	-20,2836	-40,7831
01944031	PONTE DA TAQUARA	-19,4233	-44,5483	02040017	DUAS BARRAS (DNOS)	-20,7281	-40,8825
01944032	PITANGUI	-19,6844	-44,8789	02040018	CACHOEIRA SUICA (DNOS)	-20,0794	-40,6067
01944033	PITANGUI (INMET)	-19,6667	-44,9000	02040019	GRANJA SAO JERONIMO	-20,3833	-40,7167
01944048	MATEUS LEME	-19,9917	-44,4239	02040022*	PONTA DA FRUTA	-20,5156	-40,3636
01944049	PAPAGAIOS	-19,4283	-44,7197	02040023	SAO RAFAEL	-20,2964	-40,9339
01944055	BETIM-COPASA	-19,9733	-44,1881	02040038	CORREGO DO GALO (DNOS)	-20,3000	-40,6667
01945000	ARAUJOS	-19,9483	-45,1669	02040039	CANAA	-20,3764	-40,4461
01945002	BARRA DO FUNCHAL	-19,3947	-45,8844	02041000	ATILIO VIVACQUA	-20,9128	-41,1950
01945004	EST. ALVARO DA SILVEIRA	-19,7517	-45,1169	02041001	GUACUI	-20,7736	-41,6817
01945008	BOM DESPACHO	-19,7425	-45,2550	02041002	CASTELO	-20,6056	-41,1997
01945019	DORES DO INDAIA (CVSF)	-19,4686	-45,6017	02041003	RIVE	-20,7469	-41,4661
01945035	ABAETE	-19,1631	-45,4425	02041004	CACHOEIRO DO ITAPEMIRIM	-20,8500	-41,1000
01946000*	TAPIRAI-JUSANTE	-19,8794	-46,0328	02041005	CAIANA	-20,6939	-41,9219
01946002*	ARAXA (INMET)	-19,5833	-46,9000	02041010	JACIGUA (DNOS)	-20,7019	-41,0164
01946009	SAO GOTARDO	-19,3153	-46,0444	02041011*	CONCEICAO DO CASTELO	-20,3522	-41,2394
01947000*	UBERABA (INMET)	-19,7500	-47,7667	02041012	MUNIZ FREIRE (DNOS)	-20,4500	-41,4000
01947001	SANTA JULIANA	-19,3158	-47,5261	02041013	IUNA	-20,3458	-41,5375
01948000*	CAMPO FLORIDO	-19,7667	-48,5667	02041014	DORES DO RIO PRETO	-20,6858	-41,8461
01948007*	CAMPO FLORIDO	-19,7706	-48,5742	02041015	FAZENDA MONTE ALEGRE	-20,9447	-41,4008
01949000	SAO FRANCISCO DE SALES	-19,8167	-49,7500	02041016	IBITIRAMA (DNOS)	-20,5406	-41,6656
01949004	CAMPINA VERDE	-19,5422	-49,4831	02041017*	SANTA CRUZ-CAPARAO	-20,3228	-41,7042
01949005	COMENDADOR GOMES	-19,6981	-49,0839	02041018	USINA FORTALEZA (DNOS)	-20,3714	-41,4089
01949007*	ITAPAJIPE (LAGEADO)	-19,8925	-49,3714	02041019	ITAICI	-20,5283	-41,5114
01950000*	ITURAMA	-19,7247	-50,1917	02041020	ARACE (DNOS)	-20,3667	-41,0611
01953003	FURLANETO	-19,3767	-53,5689	02041021	BURARAMA (DNOS)	-20,6806	-41,3483
01954003*	RIO NEGRO	-19,4394	-54,9833	02041024	TERRA CORRIDA (DNOS)	-20,4333	-41,4833
01957004*	FORTE COIMBRA	-19,9186	-57,7894	02042014	BICUIBA	-20,7694	-42,3011
02040000	DOMINGOS MARTINS (DNOS)	-20,3639	-40,6617	02043002	LAGOA GRANDE (MMV)	-20,1792	-43,9428
02040001	FAZENDA JUCURUABA	-20,4150	-40,4853	02043004	RIO DO PEIXE (MMV)	-20,1378	-43,8925

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
02043013	CONGONHAS-MONTANTE	-20,5219	-43,8300	02047024	FAZENDA N.S.DAS GRACAS	-20,7333	-47,5500
02043014*	PORTO FIRME	-20,6703	-43,0881	02047031	COBICA	-20,9958	-47,2633
02043016*	RIO ACIMA	-20,1000	-43,8000	02047032	BRODOSQUI	-20,9969	-47,6600
02043018*	CARANDAI	-20,9558	-43,8008	02047104	FAZENDA BOA SORTE	-20,6919	-47,5528
02043042	REPRESA DAS CODORNAS	-20,1647	-43,8919	02048004	FAZENDA SAO DOMINGOS	-20,2106	-48,2906
02044002	ITAUNA-MONTANTE	-20,0714	-44,5703	02048013	GUARACI	-20,4967	-48,9403
02044003	CARMO DO CAJURU	-20,1922	-44,7936	02048033	DESENGANO	-20,9992	-48,0244
02044005*	CARMO DA MATA	-20,5578	-44,8675	02048090*	FAZ SANTA GENOVEVA	-20,6161	-48,4669
02044006	DIVINOPOLIS	-20,1369	-44,8919	02048091	FAZENDA OURO VERDE	-20,3272	-48,5900
02044007	ENTRE RIOS DE MINAS	-20,6611	-44,0706	02048092	BREJINHO	-20,4442	-48,7417
02044008	MELO FRANCO	-20,1978	-44,1208	02048093	FAZENDA SAO JOSE	-20,7611	-48,6636
02044009	FAZENDA CAMPO GRANDE	-20,6253	-44,4333	02050022*	GENERAL SALGADO	-20,4839	-50,4219
02044012	IBIRITE	-20,0428	-44,0433	02051006	LUSSANVIRA	-20,6833	-51,1000
02044016	FAZENDA BENEDITO CHAVES	-20,1692	-44,5150	02051009*	JUPIA	-20,7833	-51,6167
02044017	FAZENDA AGUA LIMPA	-20,0183	-44,5042	02052002*	AGUA CLARA (PCD)	-20,4450	-52,9014
02044018	PEDREIRA	-20,0356	-44,3867	02053000	RIBAS DO RIO PARDO	-20,4433	-53,7575
02044019	FAZENDA VISTA ALEGRE	-20,0514	-44,4517	02054005	JARAGUA (PARTICULAR)	-20,4936	-54,8117
02044020	CALAMBAU	-20,0683	-44,4922	02056003*	ESTRADA MT-738	-20,7619	-56,0911
02044021	ALTO DA BOA VISTA	-20,1056	-44,4011	02140000*	BARRA DO ITAPEMIRIM	-21,0075	-40,8353
02044022	SERRA AZUL	-20,0867	-44,4272	02141001*	SAO FRANCISCO PAULA	-21,4828	-41,1033
02044024	FAZENDA CURRALINHO	-20,0075	-44,3311	02141006	DOIS RIOS	-21,6433	-41,8586
02044026	FAZENDA COQUEIROS	-20,1297	-44,4744	02141007	TRES IRMAOS	-21,6267	-41,8858
02044040	USINA JOAO RIBEIRO	-20,6353	-44,0489	02141014	PONTE DE ITABAPOANA	-21,2061	-41,4628
02044041	FAZENDA LARANJEIRAS	-20,1022	-44,4847	02141015	MIMOSO DO SUL (DNOS)	-21,0647	-41,3625
02044042*	CARMO DA MATA	-20,5625	-44,8675	02141016	SAO JOSE DO CALCADO	-21,0367	-41,6522
02044052	JARDIM	-20,0450	-44,4078	02141017	SAO JOSE DAS TORRES	-21,0625	-41,2411
02045001	BAMBUI	-20,0211	-45,9661	02142000	ASTOLFO DUTRA	-21,3069	-42,8606
02045002	IGUATAMA	-20,1789	-45,7003	02142001*	CATAGUASES	-21,3894	-42,6964
02045005	LAMOUNIER	-20,4722	-45,0361	02142002*	PATROCINIO DO MURIAE	-21,1486	-42,2156
02045010	ARCOS (COPASA)	-20,2947	-45,5428	02142006	USINA MAURICIO	-21,4714	-42,8131
02045011	LAGOA DA PRATA	-20,0367	-45,5353	02142007	FAZENDA DA BARRA	-21,6581	-42,3428
02045012	PIUM-I	-20,4619	-45,9450	02142008	VOLTA GRANDE	-21,7692	-42,5397
02045013	SANTO ANTONIO DO MONTE	-20,0844	-45,2967	02142058	SANTO ANTONIO DE PADUA	-21,5419	-42,1825
02046000	PASSOS	-20,7167	-46,6167	02143001	GUARANI	-21,3556	-43,0503
02046001	ITAU DE MINAS	-20,7389	-46,7347	02143011	CONCEICAO DO IBITIPOCA	-21,6744	-43,9178
02046002	USINA MARAMBAIA	-20,7500	-46,8667	02143013	ESTEVAO PINTO	-21,8964	-43,0414
02046004*	SAO JOSE DA BARRA	-20,7167	-46,1500	02143016	TORREOES	-21,8692	-43,5556
02046005	PORTO CARRITO	-20,9667	-46,1167	02143018	RIO NOVO	-21,4725	-43,1211
02046007	FAZENDA AJUDAS	-20,1017	-46,0550	02143019	USINA BRUMADO	-21,8556	-43,8864
02046009	DELFINOPOLIS	-20,3478	-46,8458	02143020*	CHAPAU D'UVAS	-21,5942	-43,5053
02046011	USINA SANTANA	-20,8117	-46,8081	02143022	PIAU	-21,4994	-43,1536
02047007	CANINDE	-20,2578	-47,8708	02144016	TABUAO	-21,9872	-44,0322
02047016	FRANCA	-20,5436	-47,4231	02144024*	VILA RIO DAS MORTES	-21,1894	-44,3289

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
02145000	PORTO SANTA MARIA	-21,9000	-45,5833	02243003	PARAIBA DO SUL	-22,1578	-43,2850
02145001	CONCEICAO DO RIO VERDE	-21,8872	-45,0792	02243008	VALENCA	-22,2189	-43,7036
02145002*	MACHADO	-21,7000	-45,9000	02243009*	MANUEL DUARTE (PCD)	-22,0858	-43,5567
02145004	CAMPANHA	-21,8333	-45,4000	02243010	PETROPOLIS	-22,5117	-43,1708
02145005*	RIBEIRAO VERMELHO	-21,1833	-45,0500	02243011	ITAMARATI-SE	-22,4853	-43,1492
02145008	FAZENDA JUCA CASIMIRO	-21,8697	-45,2625	02243202	RIO DA CIDADE	-22,4381	-43,1703
02145009	USINA DO CHICAO	-21,9192	-45,4789	02244003	FAZENDA SAO GABRIEL	-22,0117	-43,8750
02145010	BATISTA DE MELO	-21,5167	-45,5167	02244010	CRUZEIRO	-22,5892	-44,9558
02145012	FAMA	-21,4500	-45,8333	02244030	BOCAINA (FAZ. STA CLARA)	-22,6919	-44,9750
02145013	LAMBARI	-21,9667	-45,3667	02244031	NHANGAPI	-22,5033	-44,6156
02145017	MONSENHOR PAULO	-21,7603	-45,5378	02244033	ITATIAIA	-22,5003	-44,5542
02145018	USINA DE VARGINHA	-21,6167	-45,4000	02244034	SANTA ISABEL DO RIO PRETO	-22,2311	-44,0647
02145022	PARAGUACU	-21,5853	-45,6739	02244037	RIBEIRAO DE SAO JOAQUIM	-22,4742	-44,2289
02145023	PORTO DOS BUENOS	-21,6106	-45,4894	02244038	FUMACA	-22,2975	-44,3106
02145024	PALMELA DOS COELHOS	-21,7875	-45,4411	02244039	PONTE DO SOUZA	-22,2706	-44,3917
02145042	ALFENAS	-21,4525	-45,9442	02244040*	FAZENDA AGULHAS NEGRAS	-22,3392	-44,5906
02145043	TRES PONTAS	-21,3614	-45,5011	02244044	LIDICE	-22,8322	-44,1989
02145044	CARMO DA CACHOEIRA	-21,4611	-45,2214	02244045	GLICERIO	-22,4742	-44,2289
02146013	SAO JOAO DA BOA VISTA	-21,9847	-46,7953	02244048	NSA SENHORA DO AMPARO	-22,3856	-44,1075
02146026	GUAXUPE ANEEL/CESP	-21,2936	-46,7039	02244054	CAMPOS DE CUNHA	-22,9211	-44,8222
02146027	JUREIA	-21,2789	-46,3608	02244056	USINA CONGONHAL	-22,1211	-44,8425
02146028*	CACHOEIRA DO CARMO	-21,7225	-46,4386	02244057	MINA DE NIQUEL	-22,0000	-44,3500
02146029	CACHOEIRA POÇO FUNDO	-21,7908	-46,1242	02244058	PONTE DO COSTA	-22,1278	-44,4083
02146030	MUZAMBINHO	-21,3806	-46,5189	02244062	MIRANTAO	-22,3389	-44,5908
02147011*	FAZENDA CORREDEIRA	-21,3214	-47,4789	02244063	PASSA QUATRO (INMET)	-22,3833	-44,9667
02147035	FAZENDA VISTA ALEGRE	-21,8483	-47,2969	02244064	USINA POUSO ALTO	-22,1833	-44,9667
02147054	FAZENDA CARVALHAIS	-21,1331	-47,0219	02244065	PEDREIRA (PACAU)	-22,0264	-44,1736
02148050	PASSAGEM	-21,0497	-48,1586	02244068	ALAGOA	-22,1700	-44,6369
02148053	PONTE GUATAPARA	-21,5000	-48,0333	02244071	ITANHANDU	-22,2944	-44,9392
02148169	USINA SANTA FE	-21,7992	-48,6181	02244075	POUSO ALTO	-22,1992	-44,9733
02149031*	REGINOPOLIS	-21,8833	-49,2167	02245007	SERRA DO PALMITAL	-22,2000	-44,4000
02150043*	SALTO CARLOS BOTELHO	-21,4525	-50,9194	02245010	CACHOEIRA PAULISTA (PCD)	-22,6617	-45,0125
02154001*	PORTO RIO BRILHANTE	-21,7964	-54,6225	02245032	FAZENDA DA GUARDA	-22,6889	-45,4814
02157004*	PORTO MURTINHO	-21,6936	-57,8853	02245064	GUARATINGUETA	-22,8122	-45,1825
02241002*	USINA QUISSAMA	-22,1061	-41,4711	02245065	DELFIN MOREIRA	-22,5097	-45,2867
02242017*	VISCONDE DE IMBE	-22,0678	-42,1600	02245066	CRISTINA	-22,2103	-45,2658
02242019	VARGEM ALTA	-22,3008	-42,4000	02245067	CONCEICAO DOS OUROS	-22,4142	-45,7908
02242021	BOM JARDIM	-22,1567	-42,4161	02245070	VILA MARIA	-22,5167	-45,3667
02242024*	TEODORO DE OLIVEIRA	-22,3789	-42,5542	02245073	BRASOPOLIS	-22,4714	-45,6219
02242025	CASCATINHA DO CONEGO	-22,3500	-42,5667	02245074	ITAJUBA (INMET)	-22,4333	-45,4500
02242026	BOM SUCESSO	-22,2714	-42,7947	02245075	CAREACU	-22,0539	-45,6994
02242027	FAZENDA SOBRADINHO	-22,2011	-42,9000	02245077	SILVIANOPOLIS	-22,0333	-45,8333
02242028	ANTA	-22,0353	-42,9908	02245078	POUSO ALEGRE	-22,2356	-45,9336

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
02245081*	SAO LOURENCO (INMET)	-22,1167	-45,0500	02548044*	PASSO DO VAU	-25,2000	-48,4667
02245082	CACHOEIRA DO GONCALVES	-22,6333	-45,8333	02549001	PORTO AMAZONAS	-25,5500	-49,8833
02245083	SAO JOAO DO ITAJUBA	-22,3756	-45,4469	02549075	CURITIBA-PRADO VELHO	-25,4500	-49,2500
02245084	BAIRRO DO ANALDINO	-22,5650	-45,8836	02550000	RIO DOS PATOS	-25,2000	-50,9333
02245085	VARGEM DO CERVO	-22,1164	-45,9181	02550001	SAO MATEUS DO SUL	-25,8667	-50,3833
02245086	PONTE DO RODRIGUES	-22,3539	-45,8547	02550002*	SUMIDOURO-USINA S. JORGE	-25,0333	-50,0833
02246023*	AMPARO	-22,7092	-46,7797	02551001	LEONOPOLIS	-25,6833	-51,2000
02247056	PIRACICABA	-22,7000	-47,6500	02551033*	PALMEIRINHA	-25,2500	-51,5500
02247196*	CRHEA-BROA	-22,1744	-47,8969	02552000*	QUEDAS DO IGUACU	-25,4667	-52,9000
02249103*	TURVINHO	-22,7414	-49,0303	02552017	MANGUEIRINHA	-25,9333	-52,1667
02250001	ESTRADA DO QUATA	-22,0633	-50,6094	02552041	CANTAGALO	-25,3667	-52,1167
02251021*	BALSA DO PARANAPANEMA	-22,6500	-51,3667	02554000*	FOZ DO IGUACU (OFIC)	-25,5500	-54,5833
02252000*	ANAUROLANDIA	-22,1817	-52,7169	02648014*	JOINVILLE (RVPSC)	-26,3217	-48,8464
02252010	VILA SILVA JARDIM	-22,8333	-52,1000	02649016	RIO PRETO DO SUL	-26,2161	-49,6033
02256001*	BELA VISTA	-22,1089	-56,5264	02649054	MOEMA	-26,5306	-49,8436
02344009*	ALTO S.DO MAR	-23,1536	-44,8589	02649055	CORREDEIRA	-26,4194	-49,5731
02345063*	CACAPAVA	-23,0778	-45,7103	02649056*	ITAIOPOLIS	-26,3328	-49,9272
02346098*	FRANCO DA ROCHA	-23,3333	-46,7333	02649057	CAMPO ALEGRE	-26,1864	-49,2733
02346099	GUARAREMA	-23,4192	-46,0244	02650000	SALTO CANOINHAS	-26,3706	-50,2908
02346107	FAZ SERTAO DOS FREIRES	-23,7500	-46,1667	02650008	SANTA CRUZ DO TIMBO	-26,3839	-50,8778
02347054*	LARANJAL PAULISTA	-23,0261	-47,8183	02650015	RESIDENCIA FUCK	-26,7103	-50,2908
02347059	EDEN (PIRAJIBU)	-23,4156	-47,4014	02650016	BURITI (TIMBO GRANDE)	-26,5558	-50,6011
02348033	ANGATUBA	-23,5639	-48,3897	02650018	PINHEIROS	-26,3514	-50,6456
02348036*	ITAPEVA	-23,9500	-48,9333	02650019	LEBON REGIS	-26,9300	-50,6881
02349005	PORTO ERMIDAO	-23,0822	-49,7364	02650024	FOZ DO CACHOEIRA (PCD)	-26,5917	-50,7486
02349033*	TOMAZINA	-23,7667	-49,9500	02651001	CAMPINA DA ALEGRIA	-26,8733	-51,7964
02349065	PORTO TAQUARI	-23,4667	-49,3000	02651002	CACADOR	-26,7667	-51,0000
02350000	JATAIZINHO ANEEL/CESP	-23,2583	-50,9844	02651022	SANTO AGOSTINHO	-26,6086	-51,8817
02350002	ANDIRA ANELL/CESP	-23,0853	-50,2856	02651036	QUILOMETRO 30	-26,7758	-51,2628
02352002*	QUINTA DO SOL	-23,8167	-52,1833	02651049*	PORTO VITORIA R-5	-26,1500	-51,2333
02353002	BALSA DO GOIO-ERE	-23,9167	-53,1333	02652000	ABELARDO LUZ	-26,5561	-52,3308
02353044*	NOVO PORTO TAQUARA	-23,2000	-53,3167	02652001	BONITO	-26,9525	-52,1825
02355001*	CORONEL SAPUCAIA	-23,2650	-55,5258	02652002	MARATA	-26,5839	-52,6403
02447045*	ITARIRI	-24,2889	-47,1772	02652004	PASSO NOVA ERECHIM	-26,9333	-52,9000
02447046	JUQUIA (PCD INPE)	-24,3208	-47,6244	02652005	PORTO ELVINO	-26,7500	-52,6500
02448023	JACUPIRANGA	-24,6833	-48,0000	02652021	JARDINOPOLIS	-26,7361	-52,9003
02449000	CAPELA DA RIBEIRA	-24,6500	-49,0000	02652031*	SAO LOURENCO DO OESTE	-26,3503	-52,8381
02449063	BALSA DO JACARE	-24,9667	-49,4667	02652034	PORTO FAE NOVO	-26,8164	-52,7333
02450002	TIBAJI	-24,5000	-50,4000	02653001	CAMPO ERE DNAEE	-26,4467	-53,0803
02451015	MANOEL RIBAS	-24,5167	-51,6667	02653002	DIONISIO CERQUEIRA	-26,2653	-53,6208
02453001*	PONTE DO PIQUIRI	-24,5167	-53,1667	02653003	MODELO	-26,7825	-53,0525
02454001*	GUAIARA (PTO.GUAIARA)	-24,0667	-54,2500	02653004	PONTE DO SARGENTO	-26,6814	-53,2881

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
02653005	SAO JOSE DO CEDRO	-26,4544	-53,4967	02849023	DESPRAIADO	-28,3681	-49,8042
02653007	SAUDADES	-26,9267	-53,0078	02850004	COXILHA RICA	-28,1522	-50,4408
02653013	PALMA SOLA	-26,3561	-53,2761	02850006*	INVERNADA VELHA	-28,4494	-50,2964
02748019	GOV. CELSO RAMOS	-27,3186	-48,5631	02850008	PASSO SOCORRO (PCD)	-28,2108	-50,7586
02749009*	RIO BONITO	-27,7000	-49,8333	02851024	PRATA	-28,7686	-51,6200
02749016*	NEISSE CENTRAL	-27,0403	-49,3814	02851043*	ESMERALDA	-28,0592	-51,1889
02749027	ANITAPOLIS	-27,9119	-49,1319	02852006	CARAZINHO	-28,2939	-52,7883
02749031	VILA CANOAS	-27,8025	-49,7781	02852007*	COLONIA XADREZ	-28,1883	-52,7453
02749034	LEOBERTO LEAL	-27,5075	-49,2875	02853003	CONCEICAO	-28,4550	-53,9708
02749035	BOCAINA DO SUL	-27,7442	-49,9442	02853006	IJUI	-28,3667	-53,9167
02750001	CAMPO BELO DO SUL	-27,9000	-50,7503	02853010*	PASSO FAXINAL	-28,2892	-53,7800
02750003	ENCRUZILHADA II	-27,8083	-50,3286	02853026	CHAPADA	-28,0586	-53,0661
02750007	PAINEL	-27,9214	-50,0986	02853028	ANDERSON CLAYTON	-28,6586	-53,6047
02750008	PASSO CARU	-27,5378	-50,8597	02854003	GIRUA	-28,0264	-54,3436
02750009*	PASSO MAROMBAS	-27,3308	-50,7508	02854005*	PASSO MAJOR ZEFERINO	-28,7336	-54,6478
02750010	PONTE ALTA DO NORTE	-27,1625	-50,4667	02854006	PASSO VIOLA	-28,2106	-54,6022
02750011	PONTE ALTA DO SUL	-27,4808	-50,3844	02854012	COIMBRA	-28,7878	-54,4519
02750012	PONTE DO RIO ANTINHAS	-27,3447	-50,4339	02855001	GARRUCHOS	-28,1825	-55,6433
02750020	SAO JOSE DO CERRITO	-27,6606	-50,5831	02855002	PASSO DO SARMENTO	-28,2119	-55,3197
02751001	ANITA GARIBALDI	-27,6922	-51,1294	02855004	PASSO DO NOVO	-28,6786	-55,5814
02751004	JOACABA	-27,1717	-51,5003	02855005	FAZ STA CECILIA DO BUTUI	-28,9950	-55,6803
02751006	PAIM FILHO	-27,7039	-51,7675	02855007	STO ANTONIO DAS MISSOES	-28,5106	-55,2347
02751007	SANANDUVA	-27,9503	-51,8144	02856006*	PASSO SAO BORJA	-28,6300	-56,0394
02751011*	IRANI	-27,0511	-51,9122	02950016	GLORINHA	-29,8825	-50,7883
02751012	CAPINZAL	-27,3422	-51,6083	02950031	SANTO ANTONIO	-29,8167	-50,5167
02751015	BARRACAO	-27,6778	-51,4569	02950038*	TERRA DE AREIA	-29,5722	-50,0564
02752004	CHAPECO-AGROPECUARIA	-27,1000	-52,6500	02951021	MONTENEGRO	-29,6686	-51,4281
02752006	EREBANGO	-27,8542	-52,3039	02951022*	NOVA PALMIRA	-29,3347	-51,1886
02752007	ERECHIM	-27,6333	-52,2667	02951024	PORTO GARIBALDI	-29,8172	-51,3778
02752017	ITATIBA DO SUL	-27,3889	-52,4544	02951025	SAO JERONIMO	-29,9500	-51,7167
02753004	LINHA CESCON	-27,8117	-53,0278	02951027	SAO VENDELINO	-29,3664	-51,3711
02753006*	PALMITOS	-27,0711	-53,1589	02951028	SAPUCAIA DO SUL	-29,8211	-51,4953
02753014	LIBERATO SALZANO	-27,5983	-53,0708	02952003	BOTUCARAI	-29,7222	-52,8939
02753015	PALMEIRA DAS MISSOES	-27,9133	-53,3108	02953030*	TUPANCIRETA	-29,0856	-53,8219
02753016	MIRAGUAI	-27,5017	-53,6819	02954010	PONTE TOROPI	-29,6667	-54,4667
02754001	ALTO URUGUAI	-27,3031	-54,1344	02954020	SANTIAGO	-29,1867	-54,8558
02754009	TUCUNDUVA	-27,6539	-54,4422	02954031	ESQUINA DOS LIMA	-29,0778	-54,5086
02754010	ESQUINA ARAUJO	-27,9681	-54,1164	02956005	ITAQUI	-29,1181	-56,5578
02755001*	PORTO LUCENA	-27,8544	-55,0225	03050002	PALMARES DO SUL	-30,2531	-50,5064
02848007*	IMBITUBA	-28,2811	-48,7022	03050007	SOLIDAO	-30,6683	-50,5408
02849003*	SAO JOAQUIM	-28,2833	-49,9333	03051004	CERRO GRANDE	-30,5981	-51,7544
02849009	BOM JARDIM DA SERRA	-28,3333	-49,6167	03051005	GUAIBA COUNTRY CLUB	-30,1067	-51,6489
02849020	JAGUARUNA	-28,6067	-49,0331	03051016*	CAMAQUA	-30,8706	-51,7947

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1A – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
03051017	FAZENDA DA BOA VISTA	-30,7717	-51,6597	03152016	PTE CORDEIRO DE FARIAS	-31,5731	-52,4619
03051023*	BARRA DO RIBEIRO	-30,2975	-51,3142	03152017	PONTE DO IMPERIO	-31,7167	-52,9000
03051031	BUTIA	-30,1578	-51,9369	03153004	FERRARIA	-31,7364	-53,0517
03052011	QUITERIA	-30,4192	-52,0733	03153006	PASSO DA CAPELA	-31,1336	-53,0544
03052012*	SERRA DOS PEDROSAS	-30,6219	-52,8097	03153007	PEDRAS ALTAS	-31,7361	-53,5889
03053010	PASSO DO CA?AO	-30,9611	-53,4886	03153008	PINHEIRO MACHADO	-31,5775	-53,3769
03053017	PASSO DOS FREIRES	-30,4353	-53,7125	03153010	PIRATINI	-31,4333	-53,1000
03055004*	SAICA	-30,0294	-55,0922	03153017	TORRINHAS	-31,3142	-53,4978
03056007	CATY	-30,5233	-56,2036	03153021	ESTACAO EXPERIMENTAL	-31,4300	-53,1061
03057002*	BARRA DO QUARAI	-30,2139	-57,5519	03154003*	TORQUATO SEVERO	-31,0286	-54,1844
03151001*	BOJURU	-31,6167	-51,4167	03155001	TRES VENDAS	-31,2750	-55,0378
03151002	PACHECA	-31,1303	-51,7886	03252001*	BARRA DO RIO GRANDE	-32,0333	-52,1000
03151003	SÃO LOURENCO DO SUL	-31,3694	-51,9867	03252005	GRANJA COR. P. OSORIO	-32,0056	-52,6528
03152002	BOQUEIRAO	-31,2811	-52,0792	03252006	GRANJA CERRITO	-32,3494	-52,5403
03152003	CANGUCU	-31,3911	-52,6972	03252008	GRANJA SANTA MARIA	-32,4044	-52,5558
03152005*	VILA FREIRE	-31,6542	-52,7967	03252024	RIO GRANDE REGATAS	-32,0306	-52,0786
03152008	GRANJA SAO PEDRO	-31,6686	-52,1803	03253001	ARROIO GRANDE	-32,2364	-53,0878
03152011	PASSO DO MENDONCA	-31,0003	-52,0497	03253003*	GRANJA OSORIO	-32,9525	-53,1189
03152012	PASSO DO RICARDO	-31,9000	-52,6500	03253004	HERVAL	-32,0278	-53,3986
03152013	PEDRO OSORIO	-31,8794	-52,8086				

* Estações pluviométricas utilizadas na validação do modelo

APÊNDICE B

Quadro 1B – Estações pluviográficas utilizadas no estudo

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
00051001	MACAPA	0,0500	-51,0667	00456001	KM 1342 T	-4,9469	-56,8822
00051003	PANCADA	0,1833	-51,8000	00466001	GAVIAO	-4,8392	-66,8506
00052000	SAO FRANCISCO	0,5711	-52,5750	00542012	TERESINA	-5,1356	-42,8119
00060000	BASE ALALAU	0,8586	-60,5200	00543004	MENDES	-5,7092	-43,5872
00061000	STA MARIA DO BOCAIU	0,2275	-60,6908	00547002	ITAGUATINS	-5,7167	-47,5000
00065001	TAPURUQUA	0,4203	-65,0153	00548000	ARAGUATINS	-5,6483	-48,2078
00146000	TRACUATEU	-1,0719	-46,8950	00552000	BELO HORIZONTE	-5,4081	-52,9019
00147008	SAO DOMINGOS	-1,6769	-47,7703	00554000	CAJUEIRO	-5,6503	-54,5211
00148002	BELEM 82	-1,4350	-48,4378	00563000	SERINGAL	-5,1092	-63,9847
00150001	BREVES 8	-1,6800	-50,4781	00644003	COLINAS	-6,0275	-44,2539
00152000	PORTO DE MOZ	-1,7500	-52,2333	00644015	CAMPO LARGO	-6,0669	-44,7144
00153000	PRAINHA	-1,8011	-53,4800	00647000	TOCANTINOPOLIS	-6,2872	-47,3919
00154000	ARAPARI	-1,7736	-54,3972	00650002	SERRA DOS CARAJÁS	-5,9347	-50,0692
00155001	OBIDOS 8	-1,9014	-55,5186	00651002	PROJETO TUCUMÃ	-6,8169	-50,5378
00156000	VISTA ALEGRE	-1,1303	-56,0533	00735009	MULUNGU	-7,0294	-35,4681
00156001	PORTO TROPE	-1,4583	-56,3833	00747000	CAROLINA	-7,3231	-47,4644
00157000	CACHOEIRA	-1,0750	-57,0517	00748000	ARAGUAINA	-7,2000	-48,2000
00158000	BASE DA SIDERAMA	-1,6406	-58,5189	00757001	MISSAO CURUPU	-7,6000	-57,5833
00160000	POSTO ABONARI	-1,2989	-60,3997	00762000	GOIANO	-7,8500	-62,2667
00161002	MOURA	-1,4567	-61,6347	00768000	SACADO DO HUMAITÁ	-7,3833	-68,1833
00162001	SAO FRANCISCO	-1,9833	-62,0667	00839031	IBOTIRAMA	-8,6231	-39,2392
00245001	ALTO TURI	-2,9539	-45,6647	00839035	SANTA MARIA	-8,8042	-39,8225
00249000	CAMETA	-2,2500	-49,5000	00848001	GUARAI	-8,8308	-48,5169
00254000	SANTAREM	-2,4322	-54,6908	00848003	TUPIRATINGA	-8,3981	-48,1303
00254003	BELTERRA	-2,6419	-54,9439	00857000	SANTA ROSA	-8,8703	-57,4164
00343003	NINA RODRIGUEZ	-3,4594	-43,8989	00862000	TABAJARA	-8,9333	-62,0539
00344004	CANTANHED	-3,6325	-44,3764	00936076	TRAIPU	-9,9728	-37,0033
00345000	ARATOI GR	-3,7708	-45,2183	00937032	SANTANA	-9,3728	-37,2453
00345006	PINDARE-M	-3,6583	-45,4431	00940024	JUAZEIRO	-9,4056	-40,5033
00347000	PARAGOMINAS	-3,0100	-47,3433	00948000	MIRACEMA	-9,5642	-48,3875
00347001	GURUPIZINHO	-3,7422	-47,4975	00956000	ALTA FLORESTA	-9,8703	-56,1022
00349000	TUCURUI	-3,7603	-49,6667	00956001	FOZ PEIXOTO AZ.	-9,6425	-56,0183
00352001	ALTAMIRA	-3,2142	-52,2131	00963006	SETOR CACHOEIRINHA	-9,8872	-62,9881
00354000	SITIO SÃO JOSÉ	-3,8889	-54,3150	00965001	ABUNA	-9,7000	-65,3500
00359005	CPRM-SURE	-3,1000	-59,9944	00968001	SERINGAL	-9,0350	-68,5683
00360001	MANACAPURU	-3,3083	-60,6094	01036048	PROPRIA	-10,2153	-36,8239
00367000	SANTO ANTÔNIO	-3,0833	-67,9333	01037078	CAPELA	-10,4833	-37,0667
00444001	COROATA	-4,1628	-44,1658	01042013	FAZENDA VERDE	-10,8333	-42,9167
00444005	PEDREIRAS	-4,5703	-44,6050	01042014	XIQUE-XIQUE	-10,8244	-42,7233
00444008	SANTA VITÓRIA	-5,1017	-44,9608	01059000	HUMBOLDT	-10,1747	-59,4508
00445001	ESPERANTINA	-4,0311	-45,2711	01061001	JI-PARANA	-10,8489	-61,9311
00451000	ALDEIA BACAJÁ	-4,9153	-51,4294	01137027	ITANHI	-11,5419	-37,5661
00455000	ITAITUBA	-4,2667	-55,9833	01138026	PONTE EUCLIDES	-11,0631	-38,8353
00455001	ITAITUBA	-4,2772	-55,9931	01140010	FRANCA	-11,5533	-40,6000

Continua...

Quadro 1B – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
01142020	FAZENDA RIACHO	-11,3561	-42,2736	01447002	SAO JOAO	-14,7117	-47,5200
01145013	PONTE SERAFIM	-11,8961	-45,6119	01448001	NIQUELANDIA	-14,4750	-48,4583
01145019	CARIPARE	-11,5119	-45,0419	01451000	ARUANA	-14,9272	-51,0806
01146000	DIANOPOLIS	-11,6261	-46,8103	01452000	XAVANTINA	-14,6722	-52,3547
01147001	NATIVIDADE	-11,6978	-47,7261	01454000	PARANATINGA	-14,4178	-54,0494
01149001	FORMOSO DO ARAGUAIA	-11,8017	-49,5297	01539006	ITAPEBI	-15,9608	-39,5261
01157000	PORTO DOS GAÚCHOS	-11,5364	-57,4228	01541001	CANDIDO SALES	-15,5050	-41,2292
01160002	FAZ FLOR DO CAMPO	-11,7489	-60,8678	01541010	ITAMARATI	-15,5808	-41,4086
01161000	VISTA ALEGRE	-11,4408	-61,4839	01542004	RIO PARDO	-15,6167	-42,5500
01238051	TEODORO SAMPAIO	-12,3003	-38,6439	01542014	SAO JOAO	-15,3167	-42,0228
01239007	ARGOIM	-12,5850	-39,5183	01542015	RIO PARDO	-15,5983	-42,5475
01242015	BROTAS DE MACAÚBAS	-12,0036	-42,6283	01543002	COLONIA JAÍBA	-15,3411	-43,6753
01244011	BARREIRAS	-11,1544	-45,0092	01543013	JANAUBA	-15,7756	-43,2797
01245014	FAZENDA JOHA	-12,1256	-45,8108	01544012	SAO FRANCISCO	-15,9494	-44,8681
01245015	RODA VELHA	-12,7653	-45,9439	01544017	PEDRAS DE MARIA	-15,6006	-44,3958
01249000	ALVORADA	-12,4808	-49,1242	01546000	ARINOS	-15,9147	-46,1067
01249002	PROJETO RIO FORMOSO	-12,0047	-49,6797	01546001	BURITIS-JUSANTE	-15,6161	-46,4136
01250000	FAZENDA PIRATININGA	-12,8206	-50,3361	01549000	CERES	-15,3086	-49,6036
01255000	VERA	-12,2883	-55,2936	01552000	BARRA DO GARÇAS	-15,8914	-52,2286
01255001	TELES PIRES	-12,6742	-55,7917	01556009	CUIABA	-15,6067	-56,0603
01339012	ITUBERA	-13,8106	-39,1692	01558003	PORTO ESPERIDIÃO	-15,8500	-58,4500
01344013	GATOS	-13,7106	-44,6325	01558005	PORTO ESPERIDIÃO	-15,8533	-58,4647
01344014	CORRENTINA	-13,3364	-44,6522	01559000	PONTES	-15,2156	-59,3536
01344017	SANTA MARIA	-13,4006	-44,1975	01559006	MATO GROSSO	-15,0081	-59,9492
01346000	SAO DOMINGOS	-13,3975	-46,3169	01640000	JACINTO	-16,1386	-40,2903
01346003	MONTE ALEGRE	-13,0900	-46,8867	01641001	ITAOBIM	-16,5683	-41,5031
01347001	PONTE PARANA	-13,4244	-47,1361	01641008	PEDRA AZUL	-16,0000	-41,2833
01348001	SAMA	-13,5283	-48,2433	01641010	ITINGA	-16,6181	-41,7675
01348002	SAO FELIX	-13,3897	-48,1558	01643020	CAPITAO ENÉAS	-16,3222	-43,7150
01355000	LUCAS	-13,1500	-55,9333	01645000	SAO ROMAO	-16,3717	-45,0828
01355001	PORTO RONCADOR	-13,5569	-55,3336	01645003	BARRA DO ESCURO	-16,2686	-45,2378
01439014	IPIAU	-14,1708	-39,6897	01645009	CACHOEIRA	-16,6569	-45,0808
01439044	SANTA CRUZ	-14,9589	-39,8075	01646000	PORTO DOS POÇOS	-16,8297	-46,3222
01443000	BOCA DA CAATINGA	-14,7864	-43,5514	01646001	UNAI	-16,3514	-46,8897
01443001	MANGA	-14,7567	-43,9322	01646003	STO ANT DO BOQUEIRÃO	-16,5292	-46,7231
01443002	CARINHANHA	-14,3044	-43,7681	01646004	FAZENDA O RESFRIADO	-16,5022	-46,6614
01443020	FAZ VÁRZEA DA MANGA	-14,6969	-43,3769	01647008	FAZENDA LIMEIRA	-16,2089	-47,2325
01443023	MANGA	-14,7667	-43,9333	01649005	GOIANIA	-16,6667	-49,2667
01443026	PALMAS DE MONTE ALTO	-14,2594	-43,1656	01650002	ISRAELANDIA	-16,3164	-50,9053
01444000	SAO GONCALO	-14,3136	-44,4603	01651000	CAIAPONIA	-16,9489	-51,8103
01444001	CAPITANEA	-14,4231	-44,4836	01651001	IPORA	-16,4322	-51,0792
01444002	MONTALVANIA	-14,4167	-44,3833	01652001	PONTE BRAS	-16,7667	-52,8333
01444004	JUVENILIA	-14,2628	-44,1608	01652003	DOVERLANDIA	-16,7217	-52,3197
01444011	NHANDUTIBA	-14,6667	-44,1667	01653004	ALTO GARCA	-16,9439	-53,5331
01444017	FAZENDA PORTO ALEGRE	-14,2683	-44,5217	01654000	RONDONOPOLIS	-16,4706	-54,6564

Continua...

Quadro 1B – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
01739005	ITAMARAJU	-17,0453	-39,5436	01857003	SAO FRANCISCO	-18,3939	-57,3911
01740005	MEDEIROS	-17,3758	-40,2214	01940006	COLATINA	-19,5333	-40,6458
01741001	MUCURI	-17,5964	-41,4928	01940009	PANCAS	-19,2203	-40,8533
01742008	CARBONITA	-17,5325	-43,0122	01940020	CALDEIRAO	-19,9550	-40,7417
01743002	VILA TERRA	-17,3128	-43,2078	01941005	BARRA DO CUIETÉ	-19,0617	-41,5328
01744020	MONTANTE	-17,0667	-44,8000	01941006	ASSARAI	-19,5931	-41,4564
01744034	FAZENDA CORRENTE	-17,2389	-44,4547	01942000	CARATINGA	-19,7000	-42,0667
01745001	CACHOEIRA DAS ALMAS	-17,1111	-45,4378	01942001	CACHOEIRA	-19,3833	-42,3667
01745007	PORTO DO CAVALO	-17,0269	-45,5406	01942008	DOM CAVATI	-19,3731	-42,1044
01746001	PORTO DA EXTREMA	-17,0247	-46,0125	01942009	ACESITA	-19,5333	-42,6333
01746002	SANTA ROSA	-17,2547	-46,4750	01942030	CENIBRA	-19,3164	-42,3961
01746006	PONTE DA BR-040	-17,6603	-46,3631	01942031	CACHOEIRA	-19,8158	-42,4769
01746007	PONTE DA BR-041	-17,4981	-46,5808	01942032	NAQUE VELHO	-19,1886	-42,4228
01747001	CAMPO ALEGRE	-17,5042	-47,5556	01943002	CONCEICAO	-19,0167	-43,4442
01748006	PIRES DO RIO	-17,3333	-48,2500	01943003	FERROS	-19,2503	-43,0144
01749003	MORRINHOS	-17,7325	-49,1153	01943009	VESPASIANO	-19,6872	-43,9208
01753000	ALTO ARAGUAIA	-17,3019	-53,2167	01943010	CAETE	-19,9006	-43,6675
01753002	FAZENDA BRAS	-17,3519	-53,0914	01943022	CAIXA DE AREIA	-19,9450	-43,9125
01754003	ACAMPAMENTO	-17,0833	-54,7833	01943025	MORRO DO CHAPÉU	-19,2175	-43,3742
01754004	PEDRO SEVERO	-17,8308	-54,3131	01943035	VAU DA LAGOA	-19,2189	-43,5881
01840010	CEDROLANDIA	-18,8147	-40,6908	01943049	PONTE RAUL SOARES	-19,5614	-43,9178
01840013	ECOPORANGA	-18,3658	-40,8406	01944004	PONTE NOVA	-19,9556	-44,3067
01840015	PATRIMONIO	-18,2058	-40,6042	01944009	PEDRO LEOPOLDO	-19,6344	-44,0533
01840019	CORR. DA BOA ESP.	-18,7000	-40,4417	01944020	PIRAPAMA	-19,0131	-44,0367
01840020	SAO JOAO	-18,5639	-40,3361	01944021	VELHO DA TAIPA	-19,6961	-44,9294
01841001	VILA MATIAS	-18,5747	-41,9178	01944027	JUATUBA	-19,9556	-44,3344
01841011	TUMIRITINGA	-18,9764	-41,6403	01944029	SETE LAGOAS	-19,4500	-44,2333
01841018	CENTRAL DE MINAS	-18,7631	-41,3083	01944032	PITANGUI	-19,6844	-44,8789
01843002	GOUVEA	-18,4656	-43,7431	01944048	MATEUS LEME	-19,9917	-44,4239
01843003	MENDANHA	-18,1133	-43,5203	01944049	PAPAGAIOS	-19,4283	-44,7197
01844001	SANTO HIPÓLITO	-18,3000	-44,2228	01944062	FAZENDA STA RITA	-19,9828	-44,4922
01844009	PRESIDENTE JUCELINO	-18,6439	-44,0481	01945005	ABAETE	-19,1500	-45,4500
01844010	PONTE DO LICÍNIO	-18,6714	-44,1914	01946004	IBIA	-19,4750	-46,5419
01845003	CANOEIROS	-18,1131	-45,4658	01946007	FAZENDA SÃO JOSÉ	-19,5167	-46,5711
01845004	LAGOA DO GOUVEIA	-18,8414	-45,8514	01946008	SERRA DO CAPARAÓ	-19,1128	-46,6883
01845021	CANOEIROS	-18,0383	-45,5236	01946009	SAO GOTARDO	-19,3153	-46,0444
01846001	CARMO DO PARNAÍBA	-19,0033	-46,3061	01947001	SANTA JULIA	-19,3158	-47,5261
01846005	PRESIDENTE OLEGÁRIO	-18,4125	-46,4219	01947016	UBERABA	-19,7667	-47,9333
01846019	ROCINHA	-18,3736	-46,9150	02041017	SANTA CRUZ	-20,3228	-41,7042
01847010	IRAI DE MINAS	-18,9819	-47,4575	02041020	ARACE	-20,3667	-41,0611
01848000	MONTE ALEGRE	-18,8722	-48,8694	02042008	RAUL SOARES	-20,1036	-42,4400
01848010	ARAGUARI	-18,6511	-48,2092	02042018	PONTE NOVA	-20,3847	-42,9028
01849016	PONTE MEIA-PONTE	-18,3389	-49,6108	02042033	FAZENDA TRÊS MARIAS	-20,0167	-42,5667
01852000	APORE	-18,9667	-51,9100	02043002	LAGOA GRANDE	-20,1792	-43,9428
01853000	FAZENDA TAQUARI	-17,8114	-53,2889	02043009	ACAIACA-JUSANTE	-20,3625	-43,1439

Continua...

Quadro 1B – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
02043010	PIRANGA	-20,6906	-43,2994	02146030	MUZAMBINHO	-21,3806	-46,5189
02043013	CONGONHAS	-20,5219	-43,8300	02148164	IBATE	-21,9553	-47,9986
02043018	CARANDAI	-20,9558	-43,8008	02148165	ESTANCIA	-21,9500	-48,4333
02043026	BRAZ PIRES	-20,8475	-43,2419	02148166	FAZENDA EXPERIMENTAL	-21,6575	-48,3542
02044005	CARMO DA MATA	-20,5578	-44,8675	02148167	GAVIAO PEIXOTO	-21,8386	-48,4867
02044007	ENTRE RIOS	-20,6611	-44,0706	02148168	GUARAPIRANGA	-21,9783	-48,2506
02044018	PEDREIRA	-20,0356	-44,3867	02153003	XAVANTE	-21,9819	-53,4397
02044021	ALTO DA BARRA	-20,1056	-44,4011	02242019	VARGEM ALEGRE	-22,3008	-42,4000
02044024	FAZENDA CURRALINHO	-20,0075	-44,3311	02243004	CONSERVATÓRIO	-22,2875	-43,9294
02044041	FAZENDA LARANJEIRAS	-20,1022	-44,4847	02243008	MANUEL DUARTE	-22,0858	-43,5567
02044042	CARMO DA MATA	-20,5625	-44,8675	02243011	RIO DA CIDADE	-22,4381	-43,1703
02044044	BOCAINA	-20,1150	-44,4464	02244033	SANTA ISABEL	-22,2311	-44,0647
02044049	QUEIROZ	-20,0306	-44,4128	02244038	PONTE DO SOUZA	-22,2706	-44,3917
02044052	JARDIM	-20,0450	-44,4078	02244047	VISCONDE	-22,3300	-44,5383
02044054	SERRA AZUL	-20,0867	-44,4272	02244058	MIRANTAO	-22,3389	-44,5908
02045002	IGUATAMA	-20,1789	-45,7003	02245064	DELFIN MORAES	-22,5097	-45,2867
02045004	SANTANA DO JACARÉ	-20,9050	-45,1250	02245065	CRISTINA	-22,2103	-45,2658
02045012	PIUM-I	-20,4619	-45,9450	02245088	MARIA DA FÉ	-22,3147	-45,3731
02045013	SANTO ANTÔNIO	-20,0844	-45,2967	02245089	SILVIANOPOLIS	-22,0344	-45,8342
02047016	FRANCA	-20,5436	-47,4231	02246047	BEIRA DE STA RITA	-22,0233	-46,3039
02048002	PORTO COLÔMBIA	-20,1719	-48,6825	02246056	INCONFIDENTES	-22,3211	-46,3294
02053000	RIBAS DO RIO PARDO	-20,4433	-53,7575	02246057	CAMANDUCAIA	-22,7600	-46,1469
02056001	MIRANDA	-20,2414	-56,3683	02247180	ITIRAPINA	-22,2492	-47,8267
02056007	SANTA ROSA	-20,9267	-56,9839	02247181	FAZENDA JANGADA	-22,3333	-47,8333
02142001	CATAGUASES	-21,3894	-42,6964	02247182	RIBEIRAO	-22,1533	-47,8867
02142006	USINA MAURÍCIO	-21,4714	-42,8131	02247184	ITAQUERI	-22,3422	-47,9178
02142009	JUSSARA	-20,9114	-42,3494	02247185	FAZENDA CAMPO ALEGRE	-22,1472	-48,0011
02142058	STO ANT DE PÁDUA	-21,5419	-42,1825	02247196	CRHEA-BRO	-22,1744	-47,8969
02142058	SANTO ANTÔNIO	-21,5419	-42,1825	02247197	EST.FERRO	-22,2408	-47,9586
02143000	USINA ITUERE	-21,3094	-43,2022	02247198	FAZ PEQUENA HOLANDA	-22,1797	-47,7831
02143001	GUARANI	-21,3556	-43,0503	02248110	RIBEIRAO BONITO	-22,0747	-48,1789
02143003	DESTERRO	-21,1492	-43,5200	02248111	SITIO DO DANTE	-22,1167	-48,2000
02143011	CONCEICAO	-21,6744	-43,9178	02254000	CAARAPO	-22,6242	-54,8244
02143018	RIO NOVO	-21,4725	-43,1211	02344016	VILA MAMBUCABA	-23,0258	-44,5181
02143056	JUIZ DE FORA	-21,7672	-43,3136	02651001	CAMPINA	-26,8733	-51,7964
02144001	BOM JARDIM	-21,9478	-44,1936	02651040	PONTE SERAFIM	-26,8617	-52,0192
02144005	ITUMIRIM	-21,3208	-44,8728	02652001	BONITO	-26,9525	-52,1825
02144007	MADRE DE PAULA	-21,4922	-44,3261	02652031	SAO LOURE	-26,3503	-52,8381
02144018	AIURUOCA	-21,9772	-44,6033	02653002	DIONISIO	-26,2653	-53,6208
02144019	ANDRELANDIA	-21,7353	-44,3131	02653005	SAO JOSE	-26,4544	-53,4967
02144023	IBITURUNA	-21,1439	-44,7386	02749035	BOCAINA	-27,7442	-49,9442
02144026	MACAIA	-21,1450	-44,9136	02750011	PONTE ALTA	-27,4808	-50,3844
02145008	FAZENDA JUSANTE	-21,8697	-45,2625	02751001	ANITA GARIBALDI	-27,6922	-51,1294
02145009	USINA DO CHICÃO	-21,9192	-45,4789	02751004	JOACABA	-27,1717	-51,5003

Continua...

Quadro 1B – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
02751006	PAIM FILHO	-27,7039	-51,7675	03051016	CAMAQUA	-30,8706	-51,7947
02751011	IRANI	-27,0511	-51,9122	03053010	PASSO	-30,9611	-53,4886
02752017	ITATIBA	-27,3889	-52,4544	03053016	COLONIA	-30,0000	-53,9167
02753013	IPORA	-26,9975	-53,5319	03053017	PASSO DOS PRATOS	-30,4353	-53,7125
02753015	PALMEIRA	-27,9133	-53,3108	03054016	GRANJA UM.	-30,5119	-54,7697
02754001	ALTO URUGUAI	-27,3031	-54,1344	03055007	SAO CARLOS	-30,2033	-55,4903
02754009	TUCUNDUVA	-27,6539	-54,4422	03055008	PASSO DA PEDRA	-30,3000	-55,9667
02755001	PORTO LUCA	-27,8544	-55,0225	03152011	PASSO DO LARGO	-31,0003	-52,0497
02849009	BOM JARDIM	-28,3333	-49,6167	03152013	PEDRO OSORIO	-31,8794	-52,8086
02849021	URUBICI	-27,9886	-49,5775	03153007	PEDRAS ALTAS	-31,7361	-53,5889
02849023	DESPRAIADA	-28,3681	-49,8042	03153021	ESTACAO E.	-31,4300	-53,1061
02850006	INVERNADA	-28,4494	-50,2964	03155001	TRES VENDAS	-31,2750	-55,0367
02851043	ESMERALDA	-28,0592	-51,1889	03252008	GRANJA SALGADO	-32,4044	-52,5558
02851044	GUAPORE	-28,8450	-51,8783	08051000	PORTO PLATON	0,7056	-51,4375
02852046	TAPEJARA	-28,0567	-51,9961	08051002	MACAPA 8	0,0450	-51,1097
02853023	CONDOR	-28,3892	-54,3319	08059002	SAO JOAO	0,9578	-59,9139
02854005	PASSO MAJOR	-28,7336	-54,6478	08150000	APOREMA	1,2261	-50,8972
02950059	AGROPECUARIA	-29,8167	-50,7425	08161001	CARACARAI	1,8214	-61,1236
02950060	SANTO ANT	-29,8181	-50,5125	08166000	CUCUI	1,2147	-66,8522
02950061	MORUNGAVA	-29,8508	-50,9103	08167000	MISSAO IC	1,0742	-67,5933
02950062	FAZENDA NOVA	-29,9006	-50,6258	08250003	AMAPA	2,0544	-50,7886
02951025	SAO JERONIMO	-29,9500	-51,7167	08251004	PONTE CACIPORE	2,9578	-51,4231
02954007	JAGUARI	-29,4897	-54,6894	08255000	TIRIOS	2,2253	-55,9492
02954019	QUEVEDOS	-29,3519	-54,0681	08259000	FAZENDA VERDUM	2,4189	-59,9183
02954020	SANTIAGO	-29,1867	-54,8567	08351003	RETIRO STA ISABEL	3,0500	-51,3667
02955002	CACHOEIRA	-29,2058	-55,4969	08360000	BOA VISTA	4,1675	-60,5281
02955008	MANOEL VIVAS	-29,5950	-55,4811	08363000	UAICAS	3,5497	-63,1692
02956006	PASSO MAR	-29,3167	-56,0500	08460003	AGUA FRIA	4,6428	-60,4964
02956007	PLANO ALTO	-29,4622	-55,2975	08461000	MARCO BV	4,4803	-61,1517
03050008	LOMBAS	-30,0467	-50,7019				

APÊNDICE C

Quadro 1C – Estações climatológicas utilizadas no estudo

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
82067*	IAUARETE CACHOEIRA	0,6022	-69,1917	82900	RECIFE (CURADO)	-8,0500	-34,9167
82098*	MACAPA	0,0450	-51,1097	82915*	RIO BRANCO	-9,9758	-67,8000
82100	PARI CACHOEIRA	0,2517	-69,7844	82986	PAULO AFONSO	-9,3781	-38,2264
82106*	SAO GABRIEL DA CACH.	-0,1331	-67,0875	82994	MACEIO	-9,6667	-35,7000
82108*	STA ISABEL DO RIO NEGRO	-0,4167	-65,0333	83023	LAVRAS-ESAL	-21,2333	-45,0000
82141	SOURE (ILHA DE MARAJO)	-0,7333	-48,5167	83025*	SAO MATEUS DO SUL	-25,8833	-50,3833
82188	BREVES	-1,6800	-50,4781	83027*	CATAGUASES	-21,3833	-42,6833
82191*	BELEM	-1,4350	-48,4378	83037	CEL.PACHECO	-21,5500	-43,2500
82212*	FONTE BOA	-2,5333	-66,1667	83096*	ARACAJU	-10,9167	-37,0500
82240	PARINTINS	-2,6219	-56,7267	83195	ITABAIANINHA	-11,2667	-37,8167
82243*	SANTAREM-TAPERINHA	-2,5333	-54,2833	83242	LENCOIS	-12,5572	-41,3886
82317	TEFE	-3,3667	-64,7000	83309*	DIAMANTINO	-14,4058	-56,4464
82331*	MANAUS	-3,1367	-60,0269	83339	CAETITE	-14,0678	-42,4889
82353	ALTAMIRA	-3,2142	-52,2131	83348*	ILHEUS	-14,7894	-39,0514
82392*	SOBRAL (MOCAMBINHO)	-3,7000	-40,3500	83361*	CUIABA	-15,6217	-56,1083
82397*	FORTALEZA	-3,7667	-38,6000	83377*	BRASILIA	-15,7900	-47,9228
82410*	BENJAMIN CONSTANT	-4,3833	-70,0333	83405*	CACERES	-16,1308	-57,7936
82425*	COARI	-4,0833	-63,1333	83423*	GOIANIA	-16,6736	-49,2639
82476	CAXIAS	-4,8667	-43,3500	83442	ARACUAI	-16,8667	-42,0667
82487	GUARAMIRANGA	-4,2833	-39,0000	83483	PIRAPORA	-17,3500	-44,9500
82568*	GRAJAU	-5,8000	-46,4500	83486*	ITAMARANDIBA	-17,8500	-42,8500
82578*	TERESINA	-5,0833	-42,8167	83498	CARAVELAS	-17,7394	-39,2575
82583	CRATEUS	-5,1667	-40,6667	83526	CATALAO	-18,1703	-47,9575
82588*	MORADA NOVA	-5,1167	-38,3833	83531*	PATOS DE MINAS	-18,6000	-46,5167
82686	IGUATU	-6,3667	-39,2000	83543*	GOV. VALADARES	-18,8500	-41,9333
82689	SAO GONCALO	-6,8333	-38,3167	83550	SAO MATEUS	-18,7000	-39,8500
82691	FLORANIA (FLORES)	-6,1167	-36,8167	83552*	CORUMBA	-19,0042	-57,6717
82693*	CRUZETA	-6,4167	-36,7833	83577*	UBERABA	-19,7667	-47,9333
82741	ALTO TAPAJOS	-7,3500	-57,5167	83581*	FLORESTAL (ESC.AGRON.)	-19,8667	-44,4167
82777	CAMPOS SALES	-7,0000	-40,3833	83586	QUIXERAMOBIM	-5,2167	-39,3000
82789*	TRIUNFO	-7,8500	-38,1333	83587*	BELO HORIZONTE (HORTO)	-19,9000	-43,9167
82797	SURUBIM	-7,8333	-35,7167	83588	LAGOA SANTA	-19,6167	-43,9000
82807*	TARAUACA (SEABRA)	-8,1667	-70,7667	83589	CONC. DO MATO DENTRO	-19,0333	-43,4333
82825*	PORTO VELHO	-8,7667	-63,9167	83591	JOAO MONLEVADE	-19,8333	-43,1167
82861*	CONCEICAO DO ARAGUAIA	-8,2600	-49,2631	83597*	LINHARES (EST.EXPERIM.)	-19,4000	-40,0667
82886	CABROBO	-8,5167	-39,3333	83625*	BARRETOS	-20,5500	-48,5667
82887	FLORESTA	-8,6000	-38,5833	83626	COLINA (IAC)	-20,7167	-48,5500
82893*	GARANHUNS	-8,8833	-36,5167	83629	USINA JUNQUEIRA (IAA)	-20,0500	-47,7667

* Estações climatológicas utilizadas na validação do modelo

continua...

Quadro 1C – Cont.

Código	Nome	Latitude	Longitude	Código	Nome	Latitude	Longitude
83632	IBIRITE	-20,0167	-44,0500	83781*	SAO PAULO (MIRANTE)	-23,5000	-46,6167
83637*	OLIVEIRA	-20,6833	-44,8167	83782	SANTOS (PONTA DA PRAIA)	-23,9333	-46,3333
83642*	VICOSA	-20,7500	-42,8500	83784*	TAUBATE	-23,0167	-45,5500
83648	VITORIA	-20,3167	-40,3333	83788	ANGRA DOS REIS	-23,0667	-44,3167
83669*	SAO SIMAO	-21,4833	-47,5500	83790	BANGU	-22,8667	-43,4500
83672*	ARACATUBA	-21,2000	-50,4333	83802	NUCLEO COLONIAL S.BENTO	-22,7333	-43,3000
83676*	CATANDUVA	-21,1333	-48,9667	83803	NITEROI (HORTO)	-22,9000	-43,1167
83681*	POCOS DE CALDAS	-21,7833	-46,5500	83806*	TERESOPOLIS	-22,4333	-42,9833
83683*	MACHADO	-21,6667	-45,9167	83809*	SAO JOSE DOS CAMPOS	-23,2167	-45,8500
83685*	CAMBUQUIRA	-21,8500	-45,3000	83821	IGUAPE	-24,7167	-47,5500
83687*	LAVRAS	-21,2333	-45,0000	83826*	FOZ DO IGUAQU	-25,5500	-54,5667
83688*	SAO JOAO DEL REI	-21,1333	-44,2667	83834*	GUARAPUAVA	-25,4000	-51,4667
83689*	BARBACENA	-21,2500	-43,7667	83837*	PONTA GROSSA	-25,1000	-50,1667
83692*	JUIZ DE FORA	-21,7672	-43,3136	83857	TREMEMBE	-22,9667	-45,5500
83695*	ITAPERUNA	-21,2000	-41,9000	83864*	PORTO UNIAO	-26,2167	-51,0667
83696*	SANTA MARIA MADALENA	-21,9500	-42,0167	83871*	BLUMENAU	-26,9167	-49,0500
83698*	CAMPOS	-21,7500	-41,3333	83872	INDAIAL	-26,9136	-49,2675
83702*	PONTA PORÁ	-22,5333	-55,7167	83874	SAO FRANCISCO DO SUL	-26,2500	-48,6333
83714*	CAMPOS DE JORDAO	-22,7333	-45,7333	83881*	IRAI	-27,1889	-53,2533
83716*	PRESIDENTE PRUDENTE	-22,1167	-51,3833	83897	FLORIANOPOLIS	-27,6006	-48,6200
83719*	CABO FRIO (ALCALIS)	-22,9833	-42,0333	83898	CAMBORIÚ	-27,0167	-48,6500
83722	BAURU (AEROPORTO)	-22,3167	-49,0667	83907	SAO LUIZ GONZAGA	-28,4000	-54,9667
83729*	CAMPINAS-IA	-22,9000	-47,0833	83914*	PASSO FUNDO	-28,2258	-52,4033
83736*	SAO LOURENCO	-22,1000	-45,0167	83916*	LAGOA VERMELHA	-28,2219	-51,5125
83737	PASSA QUATRO	-22,3833	-44,9667	83919*	BOM JESUS	-28,6686	-50,4419
83738	RESENDE	-22,4833	-44,4453	83920*	SAO JOAQUIM	-28,2744	-49,9306
83741	ECOLOGIA AGRIC.(KM 47)	-22,7667	-43,6833	83924*	LAGUNA	-28,4833	-48,8000
83742	VASSOURAS	-22,4167	-43,6667	83927*	URUGUAIANA (PCD)	-29,7500	-57,0833
83743	PRACA XV/ATERRO FLAM.	-22,9000	-43,1667	83931*	ALEGRETE	-29,7833	-55,7667
83745*	NOVA FRIBURGO	-22,2833	-42,5333	83936*	SANTA MARIA	-29,7242	-53,7200
83747	CABO FRIO	-22,8833	-42,0167	83942*	CAXIAS DO SUL	-29,1942	-51,1858
83752	BARREIRINHA	-22,4500	-44,8333	83948	TORRES	-29,3447	-49,7281
83754*	PINHEIRAL	-22,5167	-44,0000	83964*	ENCRUZILHADA DO SUL	-30,5436	-52,5236
83757	PIRAI	-22,6333	-43,8833	83967*	PORTO ALEGRE	-30,0536	-51,1733
83758	ILHA GUAIBA	-23,0167	-44,0333	83980*	BAGE	-31,3047	-54,1197
83760	COOPERCOTIA-IA	-23,5833	-46,8833	83995*	RIO GRANDE	-32,0789	-52,1667
83774*	ITAPEVA	-23,9500	-48,8833	83997*	SANTA VITORIA DO PALMAR	-33,5325	-53,3494
83777	TIETE-IA	-23,0500	-47,7167				

APÊNDICE D

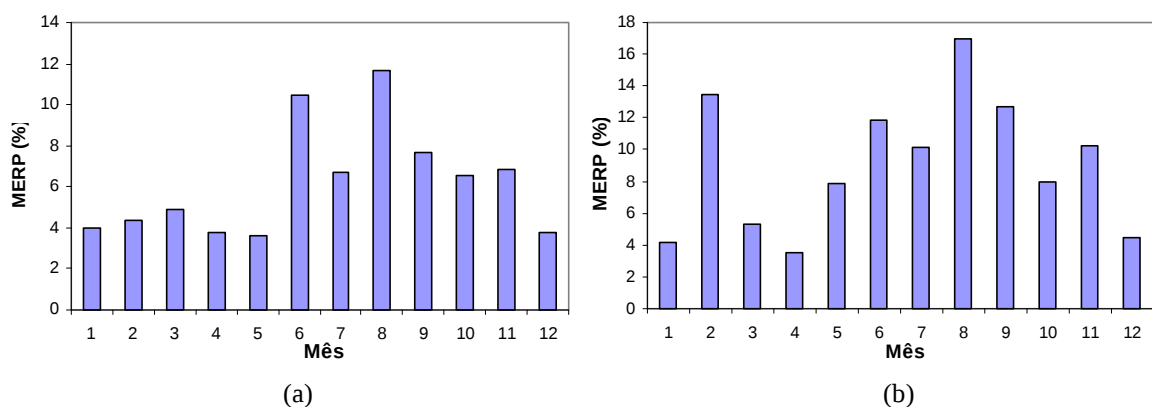


Figura 1D. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea I.

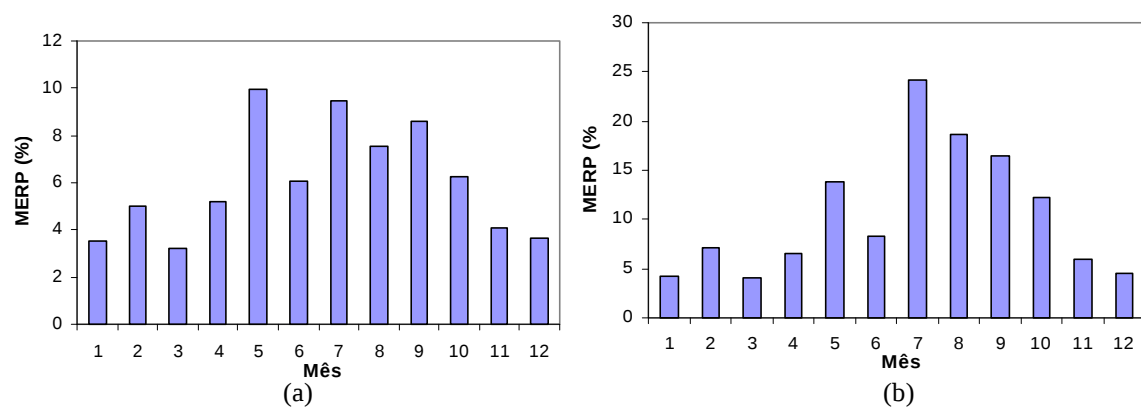


Figura 2D. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea II.

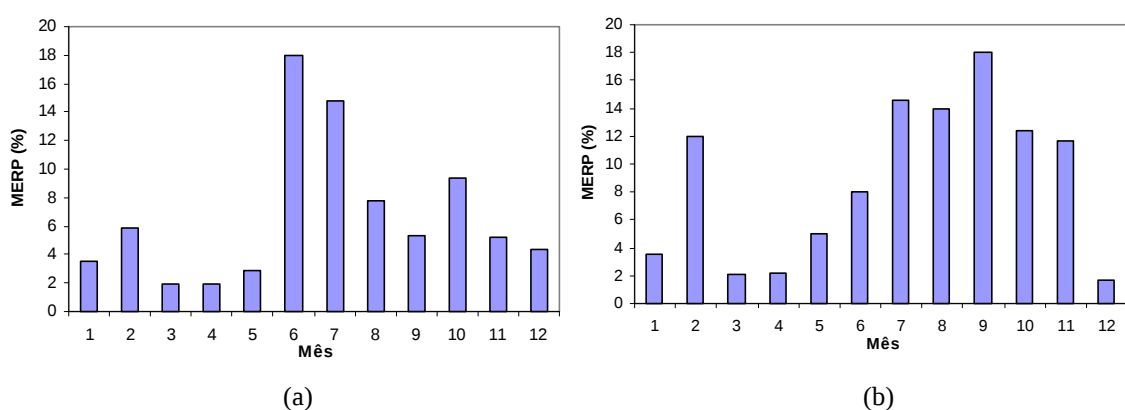


Figura 3D. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea III.

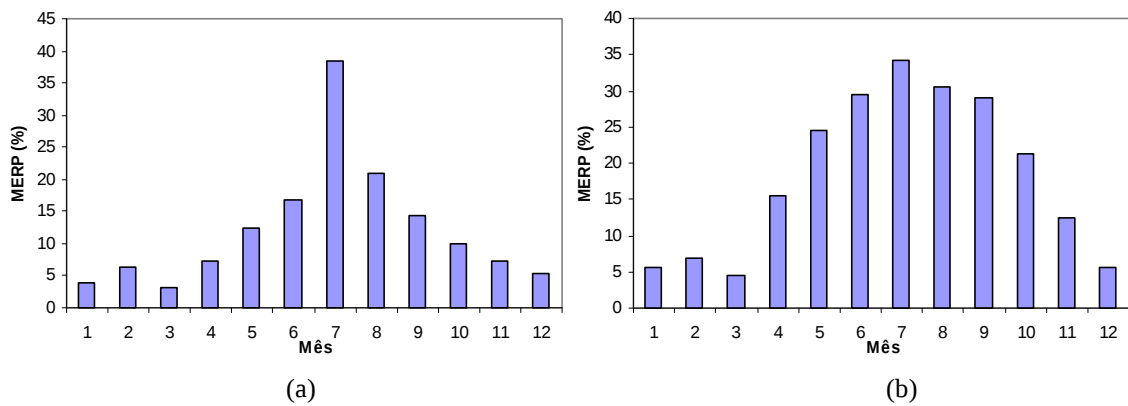


Figura 4D. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea IV.

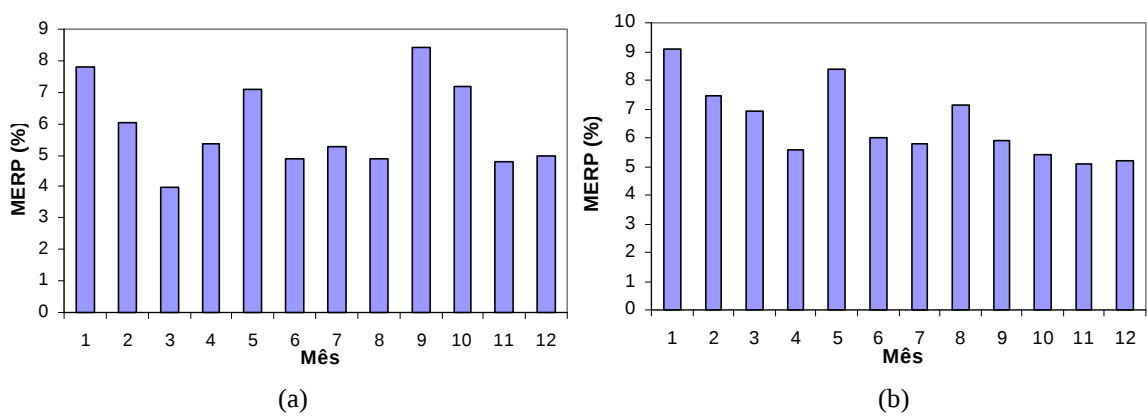


Figura 5D. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea V.

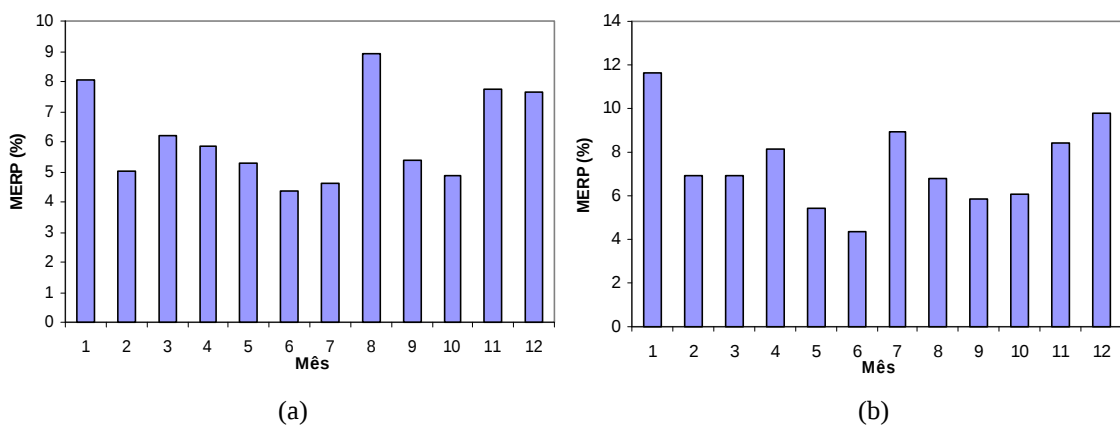


Figura 6D. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea VII.

APÊNDICE E

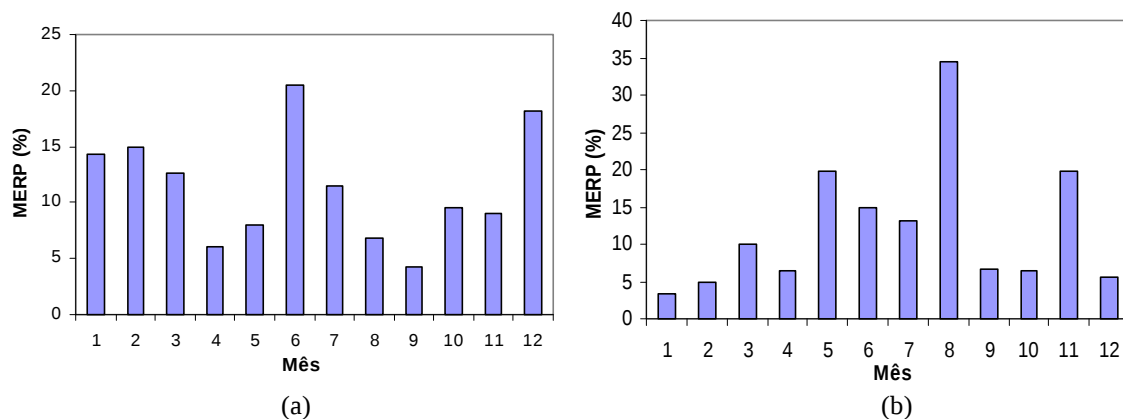


Figura 1E. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea I.

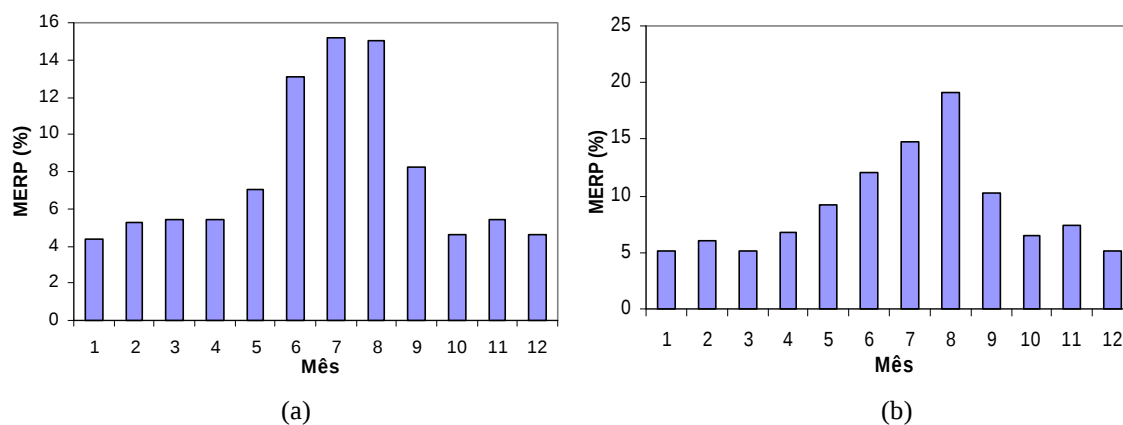


Figura 2E. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea II.

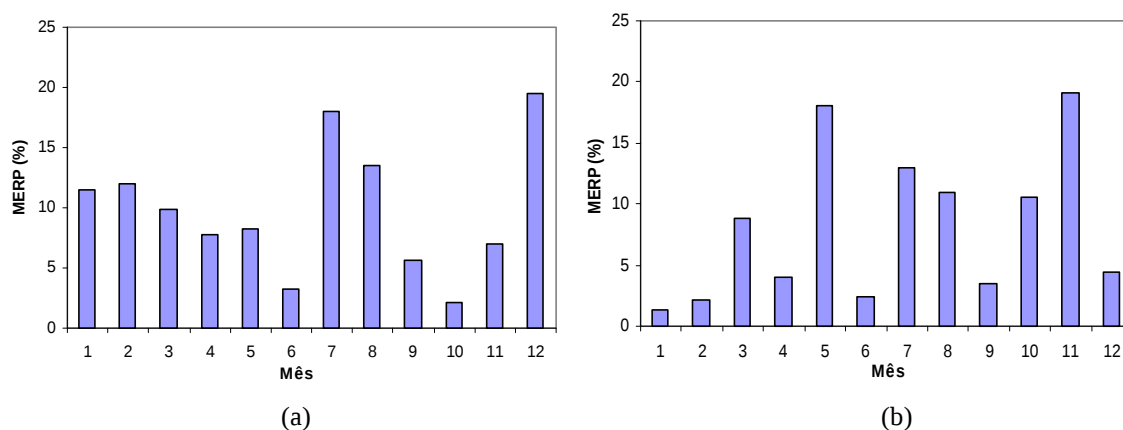
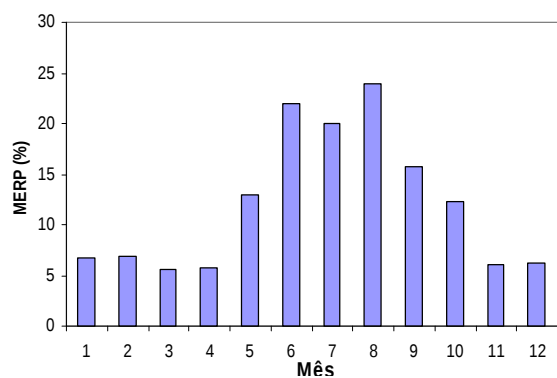
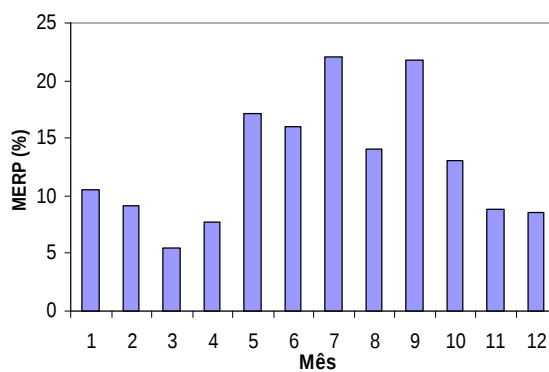


Figura 3E. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea III.

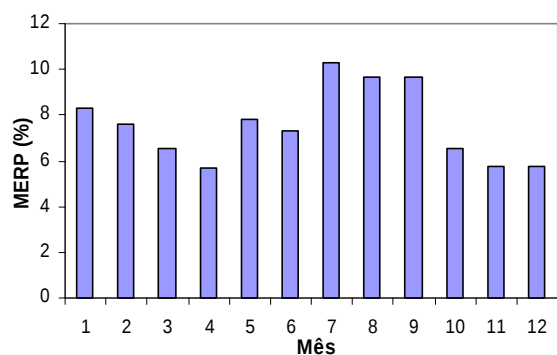


(a)

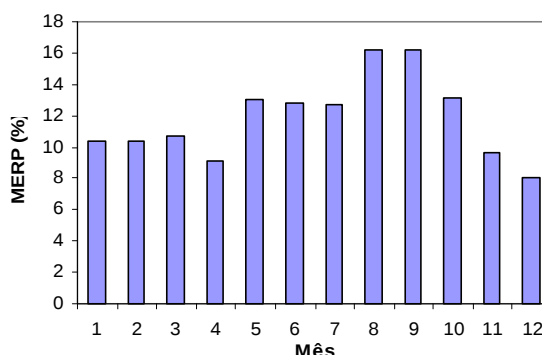


(b)

Figura 4E. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea IV.

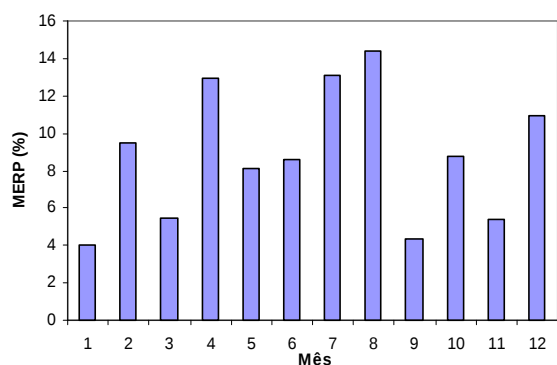


(a)

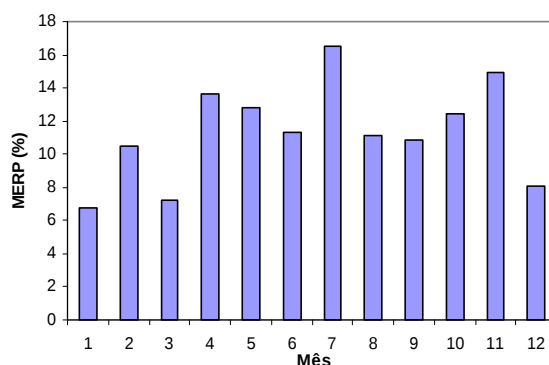


(b)

Figura 5E. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea V.



(a)



(b)

Figura 6E. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea VII.

APÊNDICE F

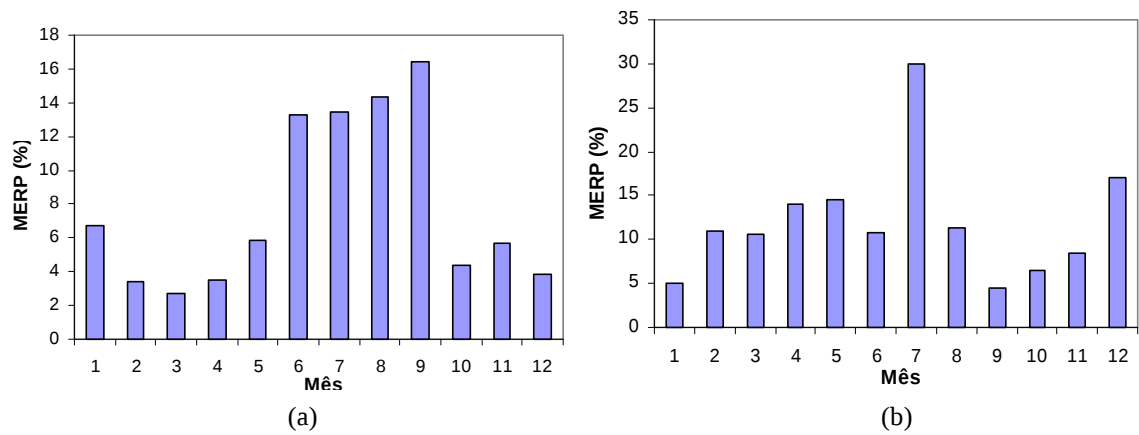


Figura 1F. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da tempo de pico padronizado na região homogênea I.

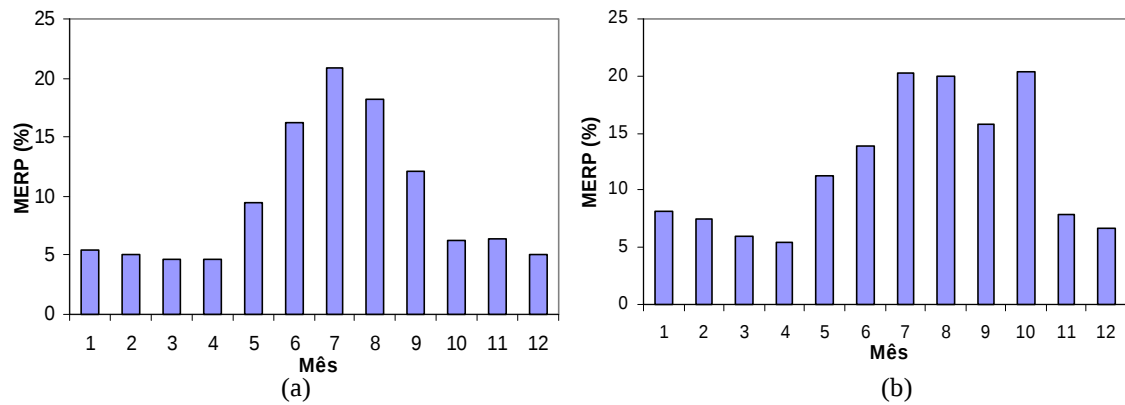


Figura 2F. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da tempo de pico padronizado na região homogênea II.

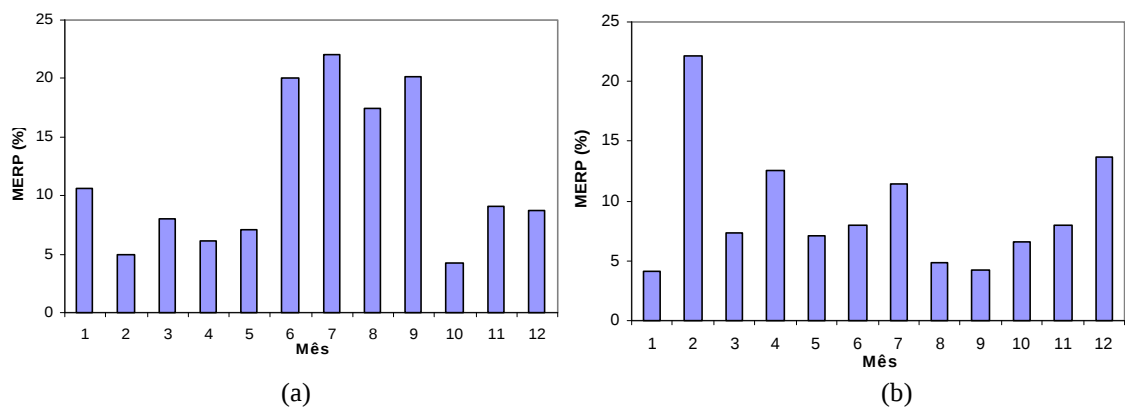


Figura 3F. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da tempo de pico padronizado na região homogênea III.

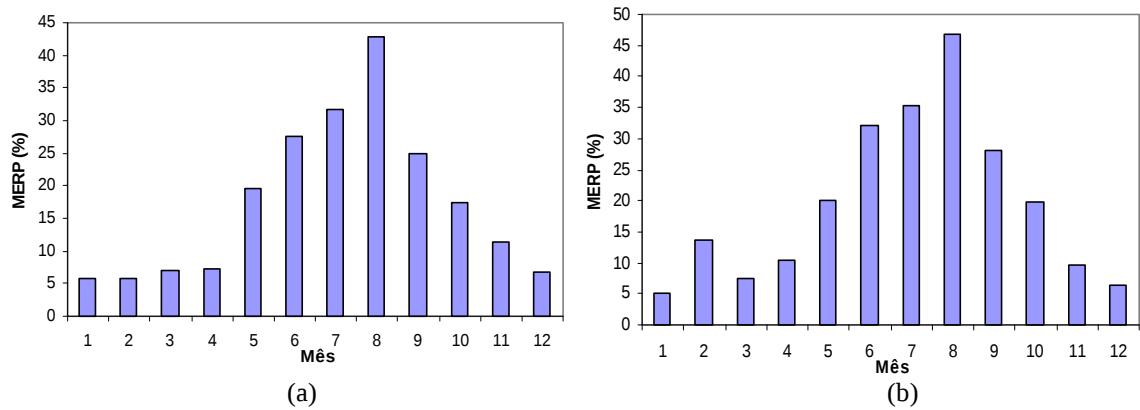


Figura 4F. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da tempo de pico padronizado na região homogênea IV.

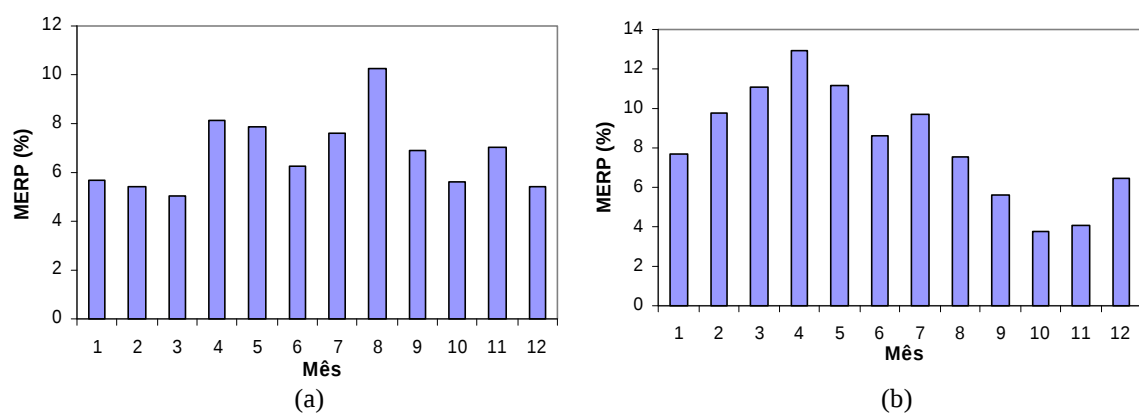


Figura 5F. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da tempo de pico padronizado na região homogênea V.

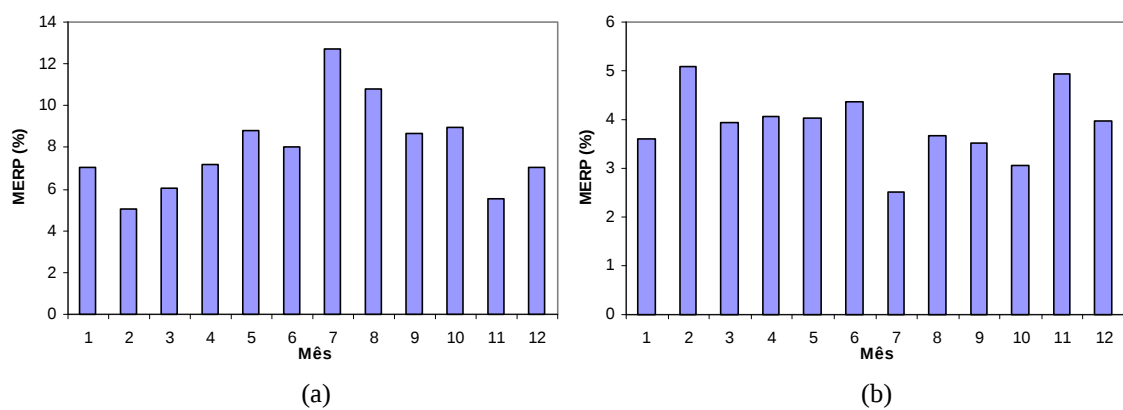


Figura 6F. Módulos dos erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da tempo de pico padronizado na região homogênea VII.

APÊNDICE G

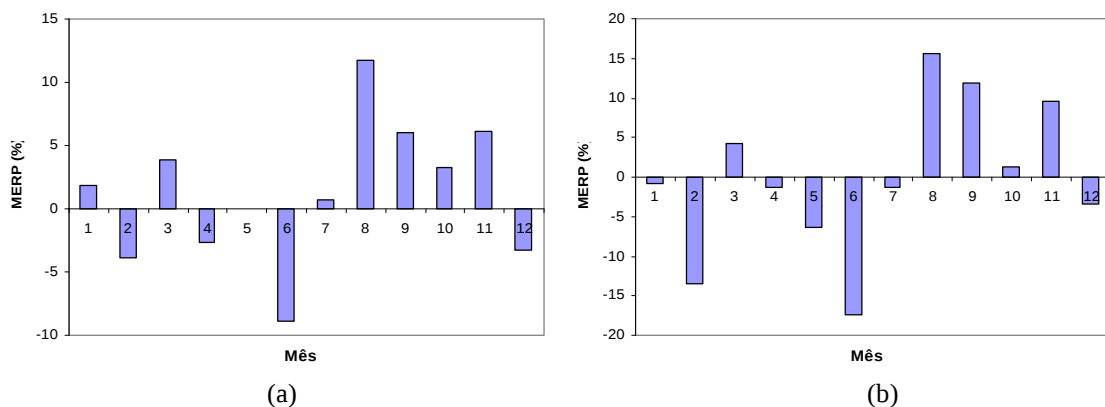


Figura 1G. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea I.

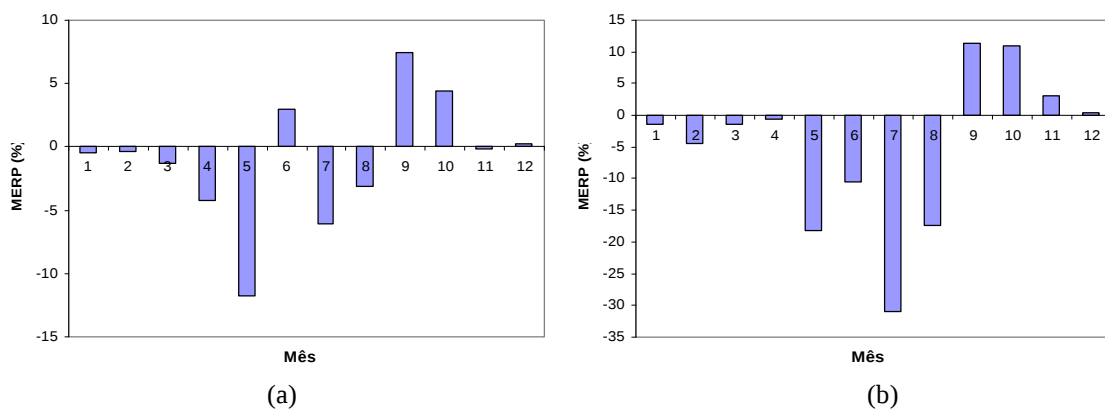


Figura 2G. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea II.

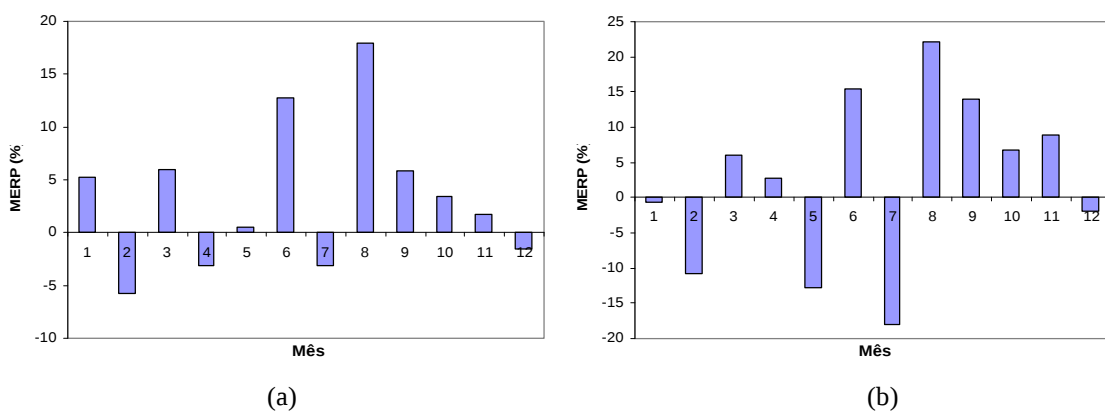


Figura 3G. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea III.

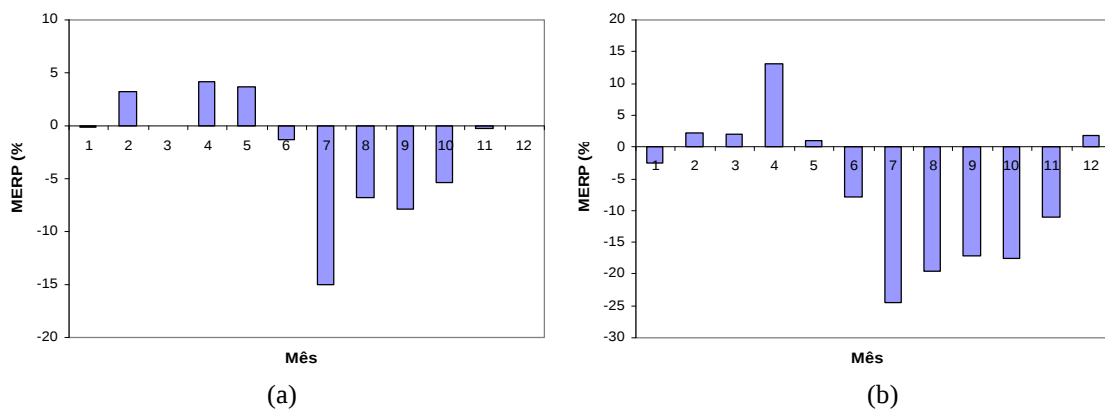


Figura 4G. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea IV.

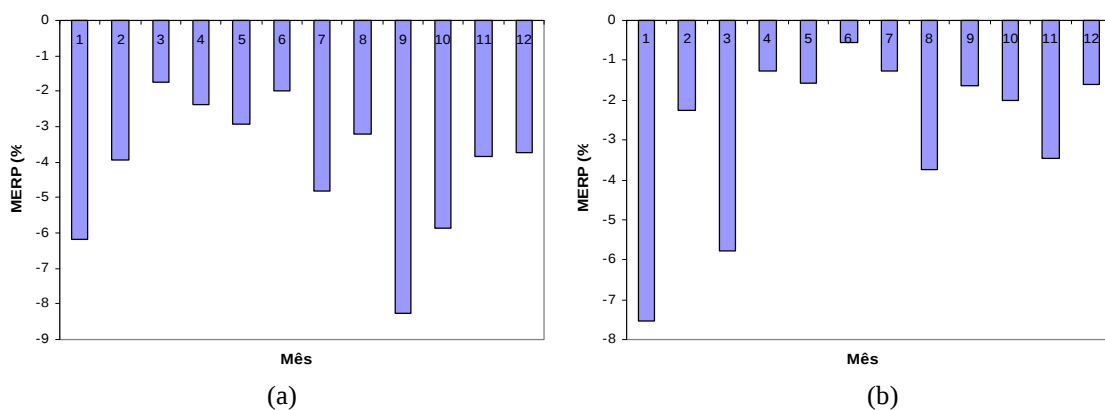


Figura 5G. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea V.

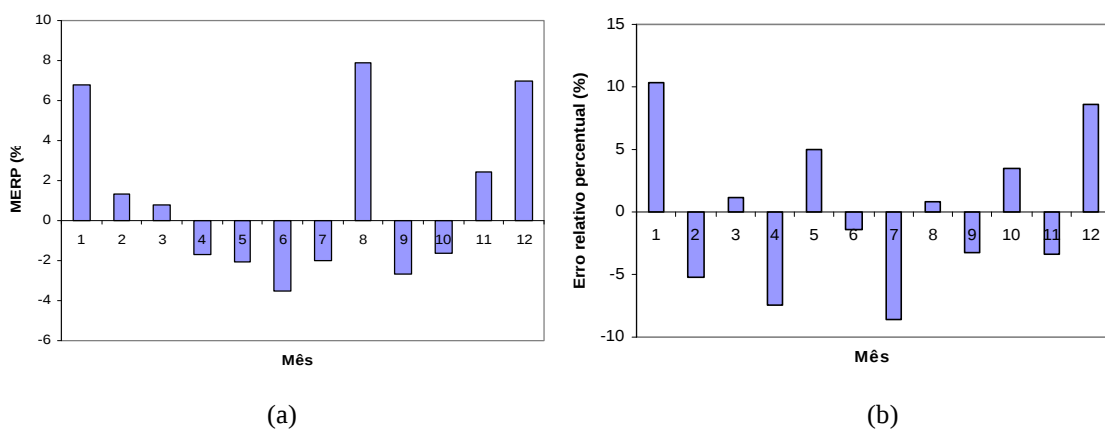


Figura 6G. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da duração efetiva na região homogênea VII.

APÊNDICE H

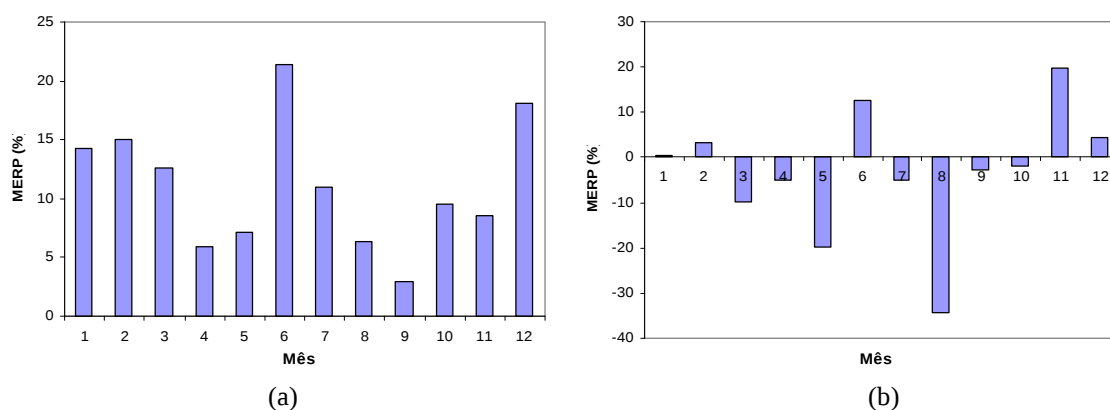


Figura 1H. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea I.

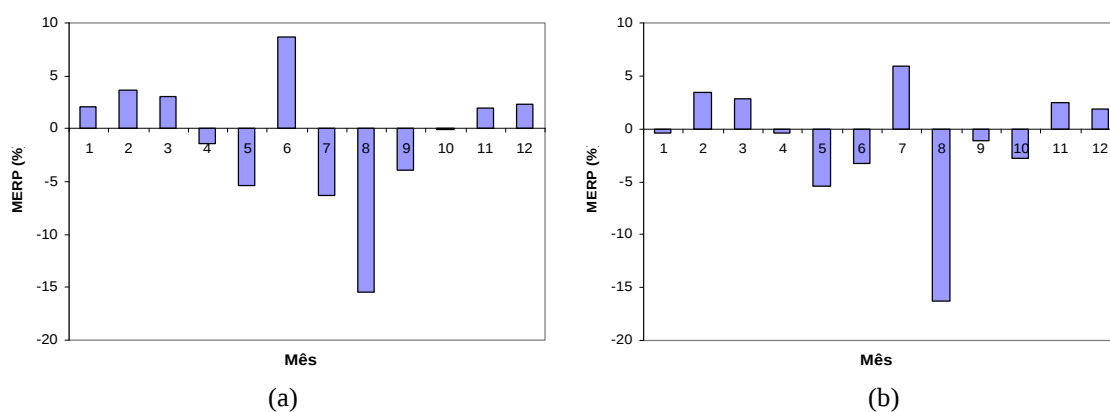


Figura 2H. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea II.

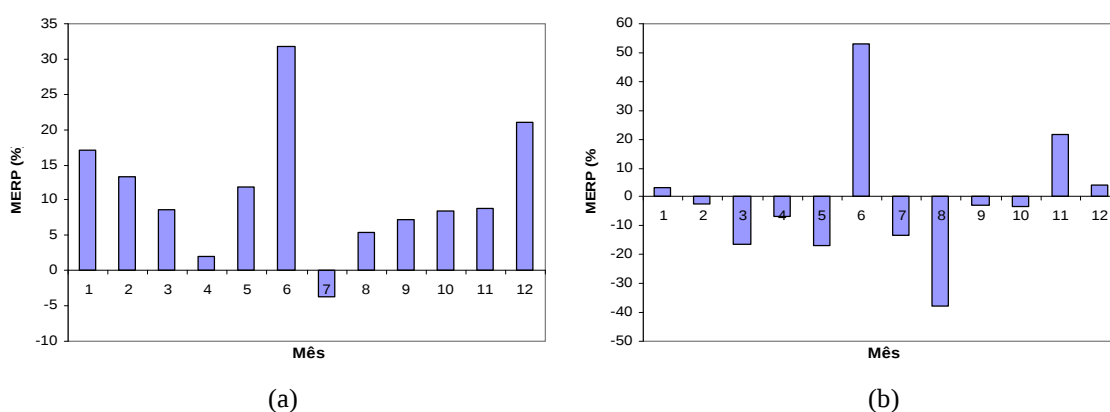
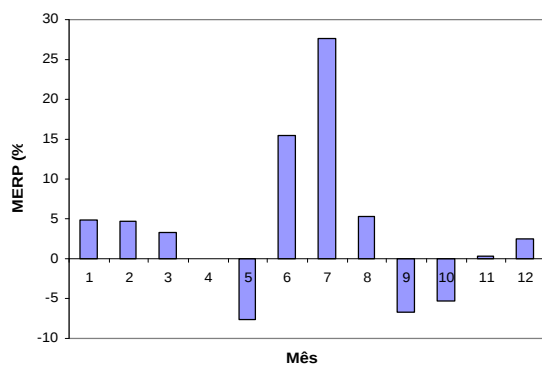
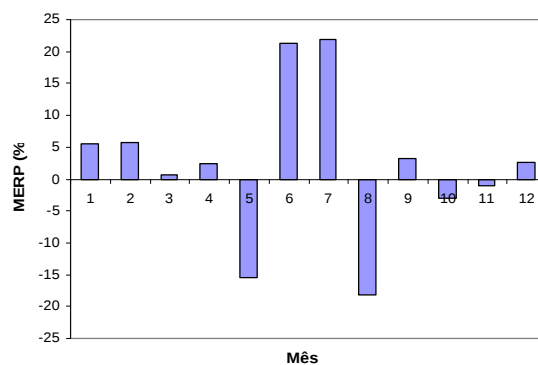


Figura 3H. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea III.

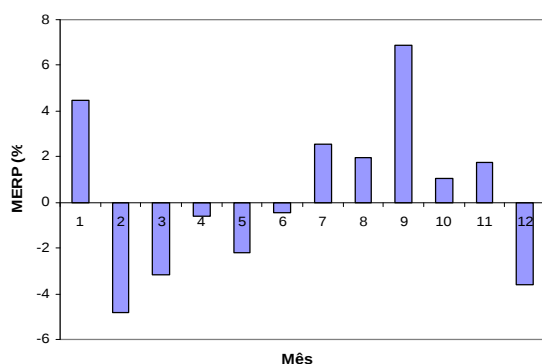


(a)

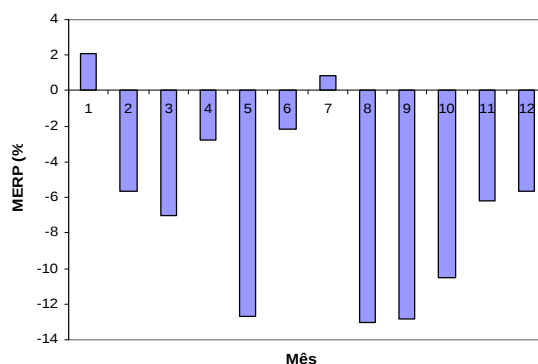


(b)

Figura 4H. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea IV.

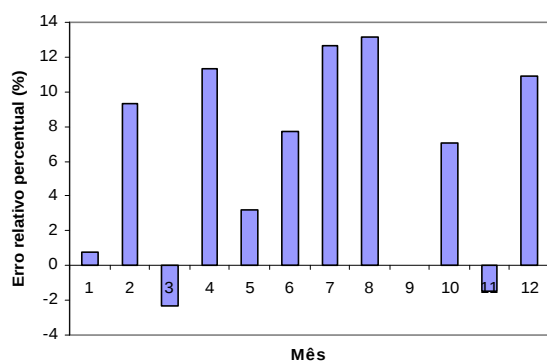


(a)

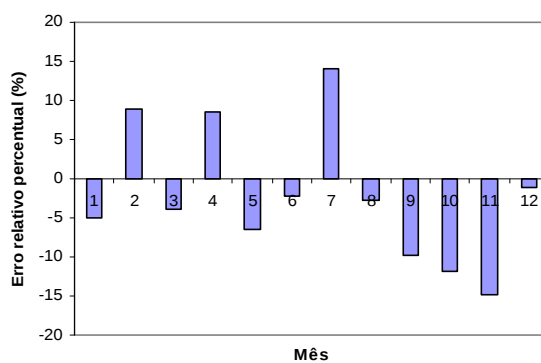


(b)

Figura 5H. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea V.



(a)



(b)

Figura 6H. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) da intensidade de pico na região homogênea VII.

APÊNDICE I

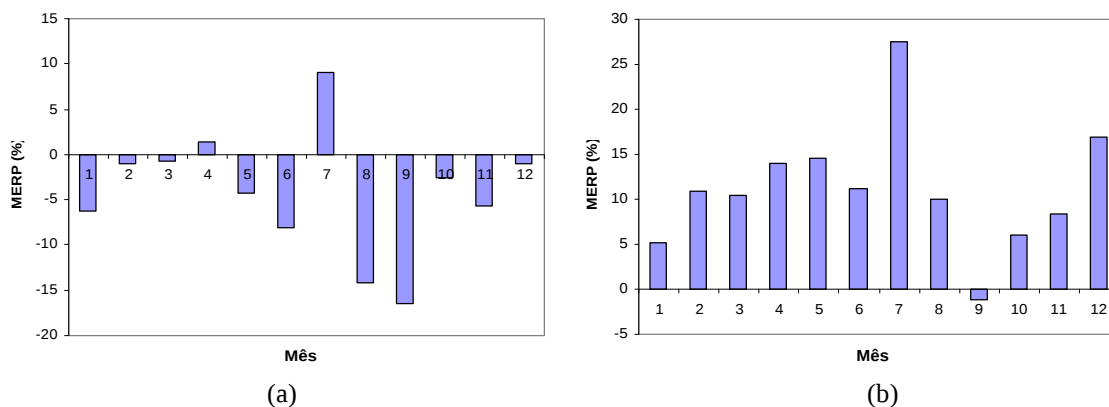


Figura 1I. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico na região homogênea I.

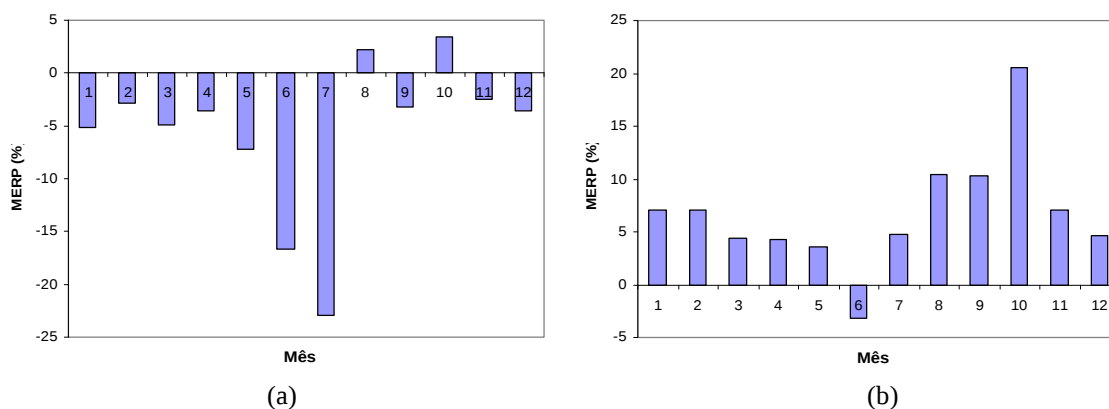


Figura 2I. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico na região homogênea II.

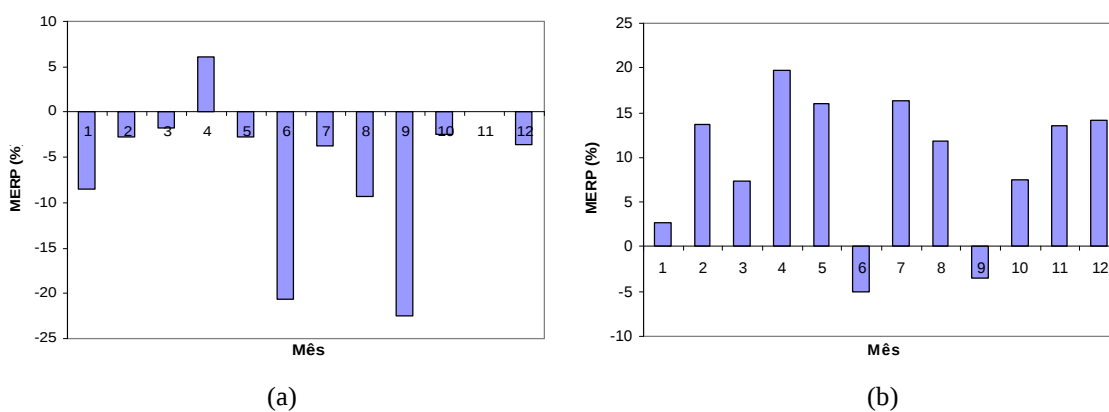


Figura 3I. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico na região homogênea III.

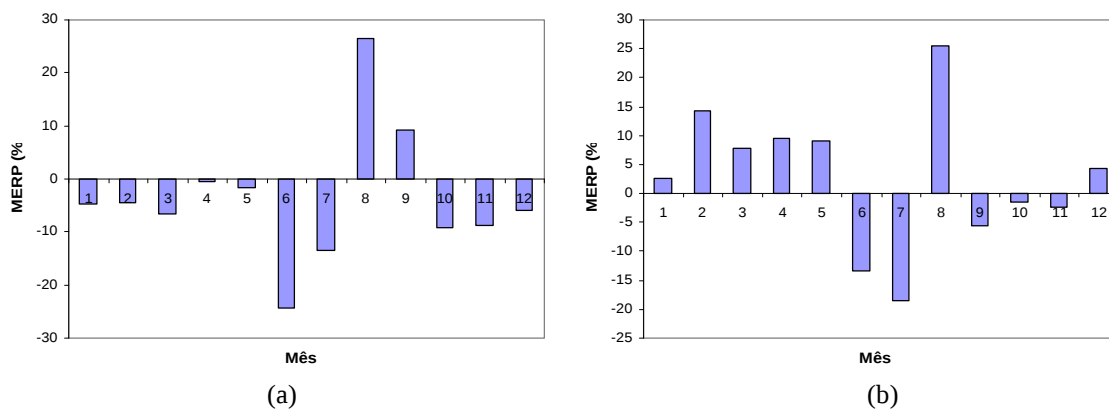


Figura 4I. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico na região homogênea IV.

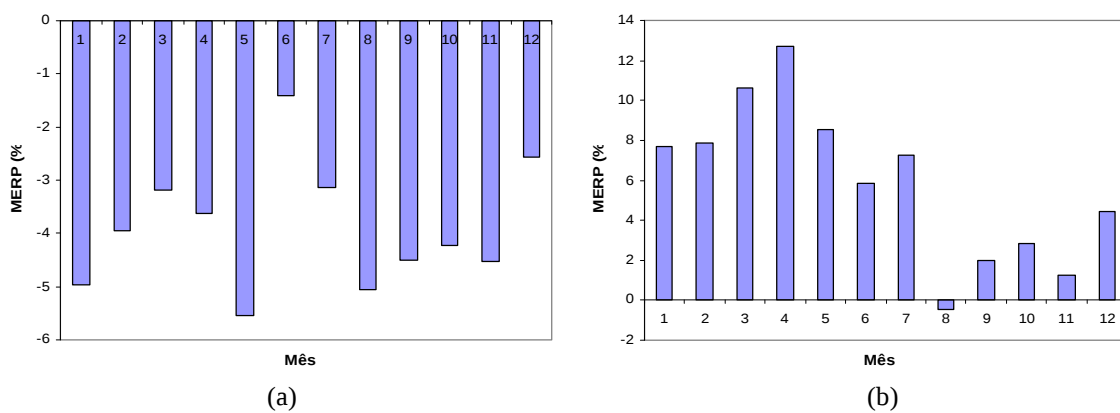


Figura 5I. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico na região homogênea V.

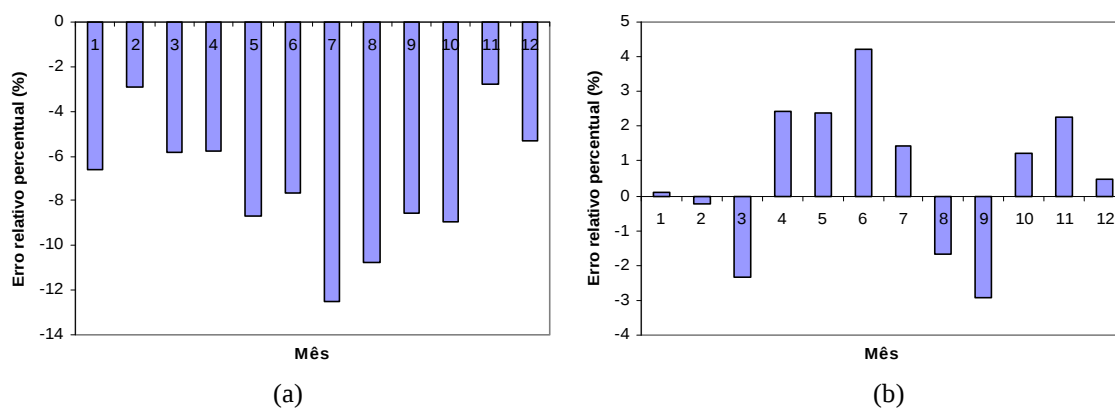


Figura 6I. Erros relativos percentuais para a média (a) e o desvio padrão (b) do tempo de pico na região homogênea VII.