



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA**

**JÓRIO BEZERRA CABRAL JÚNIOR**

**PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES PLUVIAL E TÉRMICO DE  
CAMPINA GRANDE, PB.**

**CAMPINA GRANDE-PB**

**2012**

JÓRIO BEZERRA CABRAL JÚNIOR

**PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES PLUVIAL E TÉRMICO DE  
CAMPINA GRANDE, PB.**

CAMPINA GRANDE – PB

2012

**JÓRIO BEZERRA CABRAL JÚNIOR**

**PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES PLUVIAL E TÉRMICO DE  
CAMPINA GRANDE, PB.**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura  
Plena em Geografia da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito às exigências para obtenção  
do Grau de licenciatura Plena em Geografia.

**Orientador: Profº. Dr. Hermes Alves de Almeida**

CAMPINA GRANDE – PB  
2012

C117p Cabral Júnior, Jório Bezerra.  
Principais características dos regimes pluvial e  
térmico de Campina Grande, PB. [manuscrito]: /Jório  
Bezerra Cabral Júnior – 2012.

61 f.: il.: color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de  
Educação, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida,  
Departamento de Geografia”.

1. Climatologia 2. Variabilidade climática 3.  
Aquecimento Global I. Título.

21. ed. CDD 551.6

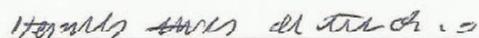
JÓRIO BEZERRA CABRAL JÚNIOR

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES PLUVIAL E TÉRMICO DE  
CAMPINA GRANDE, PB.

Aprovada em 28 de junho de 2012

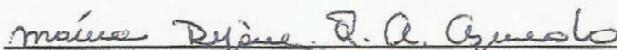
Monografia apresentada ao curso de Geografia  
da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB  
em cumprimento as exigências para obtenção  
do grau de licenciatura Plena em Geografia.

**BANCA EXAMINADORA**



**Profº Dr. Hermes Alves de Almeida - UEPB**

Orientador



**Profº Dra. Márcia Queiroz Almeida Azevedo – UEPB**

Examinadora



**Profº Dr. Rafael Albuquerque Xavier – UEPB**

Examinador

CAMPINA GRANDE – PB

2012

## AGRADECIMENTOS

Foi longo o caminho percorrido para chegar até aqui. Muitas barreiras e limitações fizeram a rotina se tornar árdua, porém, houve conquistas satisfatórias, inclusive de estar em lugares com pessoas as quais fizeram parte de momentos sempre lembrados com muito carinho. São muitos os que tenho a agradecer. Infelizmente não conseguirei contemplar a todos que, de alguma forma contribuíram para o percurso dessa caminhada.

Primeiramente agradeço ao criador e glorioso **DEUS**, pela vida, força e contínua persistência de me fazer forte para ir em busca das oportunidades.

Ao meu orgulho de vida, meu pai, Jório Bezerra Cabral, pois foi sempre para mim uma responsabilidade carregar o seu nome; sempre o admirei como ser humano, digno, honesto e não mediu esforços para contribuir para minha caminhada quanto cidadão.

À minha tia, irmã e amiga, Jorildy Lirthes Cabral de Sousa, sempre acreditando em mim, às vezes até mais do que mereci, foi sempre uma grande parceira.

À minha mãe-avó, Maria de Lourdes Cruz Cabral, de quem sinto muita saudade, quando ainda recordava de todos, até ser atingida pelo mal de Alzheimer.

A todos os meus familiares, especialmente a Lyer, Josilene, Jorionara e Gorete, que sempre me apoiaram quando precisei.

Aos meus amigos, Wellyngton Araújo, Maysa Farias, Evangelista de Sales, Ozana Costa, Rosimary de Almeida Caldas, Verônica Gomes e Márcio, por todo o apoio.

Aos guerreiros da turma 2007.2 – Noite (Ana, Caline, Crisólogo, Evangelista, Jessé, Josefa, Taiana e Valdir), pela convivência e pelos momentos vividos tão agradáveis.

Aos companheiros do curso de línguas (Cecília, Aline, Dayana e Maria José).

À Universidade Estadual da Paraíba, pelo incentivo à produção acadêmica.

Ao programa de Monitoria da UEPB pelo incentivo à docência e concessão de bolsa.

Ao CNPq pelos anos de bolsa, na Iniciação Científica e fomento à pesquisa.

A todos os meus professores, desde o antigo Jardim I, que me ensinaram a ler e escrever; e aos do DG, especialmente a professora Marília pela colaboração efetiva.

À AESA e à UACA, por terem cedido dados para pesquisa.

E não poderia esquecer o professor, orientador e amigo, HERMES ALVES DE ALMEIDA, que será sempre para mim, uma grande referência como profissional. Nunca conseguirei ser grato o quanto merece; aprendi a admirar ainda mais a ciência depois dos seus ensinamentos. Obrigado pelo estímulo, paciência e dedicação. Que Deus continue iluminando-o sempre.

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”  
*Albert Einstein*

A Deus pela existência e pelo sonho realizado. Dedico.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do Município de Campina Grande, situado no estado da Paraíba.....26
- Figura 2** - Estações Meteorológicas Convencional (EMC) e Automática (EMA), instaladas no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão CNPA/EMBRAPA, Campina Grande, PB.....27
- Figura 3** - Desvios relativos dos totais de chuvas observados em relação à média da série em Campina Grande, PB, no período: 1911 a 2011.....32
- Figura 4** - Médias anuais de chuvas por décadas. Campina Grande, PB, no período: 1911-2011.....32
- Figura 5** - Desvios relativos dos totais de chuvas observadas em relação à média esperada, por décadas. Campina Grande, PB..... 33
- Figura 6** - Frequência relativa do número de anos com totais de chuvas observados acima da média e por décadas em Campina Grande, PB, no período: 1911 a 2009.....34
- Figura 7** - Médias mensais das médias, medianas e desvios padrão da precipitação pluvial. Campina Grande, PB, média do período: 1911-2011.....35
- Figura 8** - Distribuição pluvial mensal média da série (1911-2011), da 1ª (1931/60) e 2ª (1961/1990) normais climatológicas. Campina Grande, PB.....36
- Figura 9** - Desvios relativos dos totais de chuvas mensais em relação à média esperada, das 1ª e 2ª normais climatológicas em relação à média da série. Campina Grande, PB.....37
- Figura 10** - Médias mensais das médias e medianas da chuva, nos meses da estação chuvosa, em Campina Grande, PB, período: 1911-2011.....37
- Figura 11** - Coeficiente de Variação (em %) da precipitação pluvial, para os meses da estação chuvosa, em Campina Grande, PB, no período: 1911-2011.....38

<b>Figura 12</b> - Frequências relativas nos três intervalos de chuvas, para os meses da estação chuvosa em Campina Grande, PB.....	38
<b>Figura 13</b> - Médias das frequências relativas (FR) dos totais mensais de chuvas > 100 mm, para os meses da estação chuvosa. Campina Grande, PB, período: 1911 a 2009.....	39
<b>Figura 14</b> - Médias mensais de chuvas, nos meses da estação chuvosa, referentes as 1° e 2° normais climatologias e média do período 1911-2011, para Campina Grande, PB.....	40
<b>Figura 15</b> - Frequências relativas do número de dias com chuvas, nos meses da estação chuvosa, em Campina Grande, PB.....	41
<b>Figura 16</b> - Médias e medianas da precipitação pluvial nas estações do ano em Campina Grande, médias do período: 1911-2011.....	41
<b>Figura 17</b> - Frequências observada (Fobs) e esperada (Fe) para os totais anuais de chuvas, de Campina Grande, PB, ajustados a distribuição normal reduzida.....	42
<b>Figura 18</b> - Separatrizes e percentís dos totais anuais de precipitação pluvial, em Campina Grande, PB. Período de 1911-2011.....	43
<b>Figura 19</b> - Índices padronizados de precipitação modificada (SPIM) anual, com as respectivas categorias de umidade e frequências relativas médias (FR, %). Campina Grande, PB.....	43
<b>Figura 20</b> - Valores extremos da precipitação máxima em 24 horas, em Campina Grande, PB, no período de 01.01.1977 a 31.12.2011.....	45
<b>Figura 21</b> . Cartas sinóticas de superfície, das 12 e 06 horas UTC, dos dias 03 e 04 de maio de 2011.....	45
<b>Figura 22</b> - Imagem do Satélite GOES, América do Sul, do topo das Nuvens.....	46
<b>Figura 23</b> - Frequências mensais de eventos extremos de chuva $\geq 30\text{mm}/\text{dia}^{-1}$ em Campina Grande, PB, no período: 1977 a 2011.....	47
<b>Figura 24</b> - Médias mensais da média e da mediana da precipitação pluvial comparadas com os respectivos valores máximos diário em Campina Grande, PB, no período de 1977 a 2011.....	48

<b>Figura 25</b> - Número de dias com chuva $\geq 30$ mm em Campina Grande, PB. Período 01.01.1977 a 31.12.2011.....	48
<b>Figura 26</b> - Frequência relativa, em %, do número de dias com chuva $\geq 30$ mm.dia <sup>-1</sup> , em ciclos de cinco em cinco anos, em Campina Grande, PB.....	49
<b>Figura 27</b> - Frequência relativa, em %, do número de dias com chuva $\geq 30$ mm.dia <sup>-1</sup> , nas três últimas décadas, em Campina Grande, PB.....	49
<b>Figura 28</b> - Médias mensais da temperatura média do ar e os desvios padrão em Campina Grande, PB, médias do período: 1980-2011.....	50
<b>Figura 29</b> - Médias da temperatura média do ar por estação do ano em Campina Grande, PB, médias do período: 1980-2011.....	51
<b>Figura 30</b> - Desvios Relativos (DR) da temperatura média do ar ano a ano em relação à média do período (1980 a 2011) em Campina Grande, PB. ....	52
<b>Figura 31</b> - Temperaturas máxima e mínima absolutas observada, em cada estação do ano, para Campina Grande, PB.....	52
<b>Figura 32</b> - Médias mensais da temperatura máxima, média e mínima em Campina Grande, PB, período de 1980-2011.....	53
<b>Figura 33</b> - Médias das temperaturas máximas, por décadas, em Campina Grande, PB, comparadas com a média da série, média- DP e média+ DP, no período: 1980 a 2011.....	54
<b>Figura 34</b> - Médias das temperaturas médias, por décadas, em Campina Grande, PB. Médias do período: 1980 a 2011.....	54
<b>Figura 35</b> - Médias das temperaturas mínimas por décadas, em Campina Grande, PB, comparadas com a média da série, média- DP e média+ DP, no período: 1980 a 2011.....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Índices padronizados de precipitação modificada (SPIM), com as respectivas categorias de umidade e frequências relativas médias (FR, %) para os meses da estação chuvosa. Campina Grande, PB, Período: 1911 a 2011.....	44
---	----

## RESUMO

CABRAL JÚNIOR, Jório Bezerra. **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS REGIMES PLUVIAL E TÉRMICO DE CAMPINA GRANDE, PB.** 2012. 61 p. Monografia de Graduação em Licenciatura Plena em Geografia, UEPB – CEDUC. Campina Grande, Paraíba.

As aplicações de métodos e de análises estatísticas aos dados de chuvas e temperatura do ar, permitem determinar os seus padrões e propicia uma adequada previsibilidade. No semiárido paraibano o regime pluvial é irregular em quantidade e em distribuição. Os cenários de mudanças climáticas prognosticam aumento de temperatura do ar. Diante disto, houve a necessidade de estabelecer as principais características dos regimes pluvial e térmico de Campina Grande, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho. Utilizaram-se duas séries, uma secular com dados de precipitação pluvial, e outra, com 32 anos de temperaturas do ar (máxima, média e mínima), cedidas pela AESA e pelo Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, ambos em Campina Grande. As análises foram feitas usando as distribuições estatísticas de frequência, de medidas de tendência central e dispersão, sendo estabelecidos os regimes pluvial e térmico. Os principais resultados apontaram que o regime pluvial é assimétrico, a estação chuvosa dura cerca de cinco meses (mar-jul), há irregularidade nas quantidades de chuvas anuais e por décadas, sendo a década de 50, a mais seca, e a de 00, a mais chuvosa. As chuvas mais intensas ocorrem nos meses de fevereiro-abril e a segunda normal climatológica, choveu 17,7 % a mais que a primeira. Embora tenha sido constatado aumentos nas temperaturas máxima, média e mínima, nas três décadas estudadas, como também na precipitação pluvial, eles foram inferiores as respectivas médias mais os desvios padrão e, portanto, podem estar associados à variabilidade natural do clima e não há indícios de aquecimento local.

**Palavras-chave:** Climatologia, variabilidade climática, aquecimento global.

## ABSTRACT

CABRAL JÚNIOR, Jório Bezerra MAIN CHARACTERISTICS OF REGIMES RAINFALL AND THERMAL OF CAMPINA GRANDE, PB. 2012. 53 f. **Monograph Full Degree Course in Geography - UEPB -CEDUC. Campina Grande, PB, 2012.**

Applications of methods and statistical analyzes, the data of rainfall and air temperature, determining their standards and provides an adequate predictability. In the semiarid Paraíba state rainfalls are uneven in quantity and distribution. The climate change scenarios predict an increase in air temperature. Given this, it was necessary to establish the main characteristics of rainfall and temperature regimes of Campina Grande city, these determinations are the main objectives of this work. We used two sets, a centuries-old rainfall data and another 32 years with air temperatures (maximum, average and minimum), provided by AESA and by the National Center of Cotton Research, both in Campina Grande. The analyses were performed using the statistics of frequency distributions, measures of central tendency and dispersion, being established of rainfall and thermal regimes. Results indicated that the rainfall patterns is asymmetrical, the rainy season lasts about five months (Mar-July), there is unevenness in the amounts of annual rainfall and for decades, and the 50s, the driest, and 00, the rainiest. The heaviest rains occur in the months February to April and the second climatologically normal, 17.7% more rain than the first. Although it has been observed increases in temperatures high, medium and minimum three decades evaluated, and the precipitation, they were below the respective medium plus the standard deviations, and therefore may be due to natural variability in the atmosphere and there is evidence local heating.

**Keywords: climatology, climate change, climate variability, rainfall, global warming.**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 Precipitação pluvial.....	17
2.1.1 A Zona de Convergência Intertropical (ITCZ).....	20
2.1.2 Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs).....	21
2.2 Temperatura do ar (Tar).....	22
2.3 Aspectos Geográficos e Climáticos da área de estudo.....	24
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 Localização da área de estudo.....	26
3.2 Coleta e análise de dados.....	26
3.3 Procedimentos metodológicos.....	27
3.3.1 Precipitação pluvial .....	27
3.3.2 Temperatura do ar.....	30
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
4.1 Principais características do regime pluvial de Campina Grande.....	32
4.2 Caracterização do regime térmico em Campina Grande, PB.....	50
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS CONSULTADAS.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento técnico-científico trouxe para a sociedade novas formas para uma melhor adaptação e intervenção no meio ambiente. Entretanto, ainda se conhece aquém do que se precisa conhecer, principalmente, com o aporte do crescimento populacional que exige necessidade crescente dos recursos naturais.

As condições de Tempo e de Clima foram desde a pré-história uma das maiores preocupações do homem primitivo e o mais influenciador do comportamento humano. Os nômades atribuíam às tempestades, aos furacões, as tormentas atmosféricas, nome de Deuses por acreditarem que esses fenômenos era uma forma “divina de controlar ou de castigar uma região”.

Impactos das alterações do clima provocam uma mudança nos regimes pluvial e térmico de uma região. Na hipótese de um aquecimento global num futuro próximo, espera-se cenário de evento mais extremo do tempo e do clima.

As aplicações de métodos e de análises estatísticas, aos elementos climáticos, permitem compreender melhor os fenômenos atmosféricos derivados, determinando os seus padrões de ocorrência e propiciando uma adequada previsibilidade do comportamento do tempo e do clima numa região. Com essa ferramenta científica é possível identificar se a variação de um determinado elemento climático se deve a uma variabilidade natural ou é uma mudança.

Diante dos cenários de mudança climática é muito comum indagar; a temperatura do ar antes era bem menor? Chovia mais no passado do que na atualidade? e assim sucessivamente. Com relação à precipitação pluvial no semiárido, sabe-se que a quantidade e a distribuição são irregulares no tempo e no espaço. A estação chuvosa difere em quantidade, duração e distribuição, além disso, chove de forma torrencial num local e nada na sua circunvizinhança, dentre outras características anômalas que predominam no regime pluvial.

Nos últimos anos há uma grande preocupação relacionada ao efeito estufa e ao aquecimento global, e quais são as consequências para o meio ambiente e a vida dos seres humanos no planeta Terra.

O efeito estufa ocorre quando gases da atmosfera, especialmente, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) absorvem parte da irradiância terrestre (ondas longas) “aprisionando” parte do calor enviado da superfície e dos corpos terrestre. Por isso, o aquecimento da Terra pode ser intensificado com o contínuo aumento desses gases lançados artificialmente.

A temperatura do ar (tar) embora tenha uma variação bem menor que a precipitação, tem sido divulgado pela grande mídia como sendo um indicativo da mudança climática global e/ou local, com indicativo de aumento de temperatura e/ou de aquecimento global. Para cenários de emissão de gases do efeito estufa, o relatório do IPCC (2007), projeta um aquecimento da ordem de 0,2 °C por década.

Diante disto, houve a necessidade de estabelecer as principais características dos regimes pluvial e térmico de Campina Grande, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho. Tendo, ainda, os seguintes objetivos secundários:

- Caracterizar nas escalas, diária, mensal, anual e por década das séries de precipitação pluvial e temperaturas do ar;
- Apontar os valores anuais de chuvas observados e os esperados de probabilidade;
- Estabelecer o regime de distribuição e as categorias de secas para Campina Grande;
- Identificar as separatrizes da chuva, o grau de achatamento e o coeficiente percentílico da curtose;
- Analisar se há ou não tendências (mudanças) nos regimes pluvial (mensal e anual) e térmico na cidade de Campina Grande;
- Analisar se há indícios de aumento de frequências de eventos extremos de temperatura máxima e mínima.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O estudo do tempo e do clima ocupa uma posição central e importante no amplo campo da ciência ambiental. Os processos atmosféricos influenciam os processos nas outras partes do ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera (AYOADE, 2002).

O tempo meteorológico muda continuamente, sua descrição é instantânea e pode ser caracterizada em função do tempo cronológico (minuto, hora, dia, mês ou ano).

O ritmo das variações sazonais da temperatura, chuva, vento, etc., caracteriza o clima de uma região. O período mínimo de 30 anos foi escolhido pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) com base em princípios estatísticos de medidas de tendência central. As médias do mês ou do ano estará associado ao desvio padrão da média. Assim, o total ou a média observada poderá oscilar para mais e para menos, em relação ao valor esperado, o equivalente ao valor do desvio padrão (ALMEIDA, 2012 b).

A variabilidade nos totais diários, mensais e anuais de precipitação tem grandes implicações para uma seleção representativa local. A estatística e a teoria das probabilidades são técnicas que permitem a partir de dados observados ajustá-los a modelos probabilísticos teóricos que possam além de representar o fenômeno em questão, obter estimativas de riscos de ocorrência futura (LANNA, 2004).

Embora exista avanço na modelagem probabilística e nos métodos de ajustes, a qualidade das análises, de cada local, depende do tamanho e da consistência das séries observadas. A maioria das localidades da Paraíba dispõe de séries pluviais e térmicas curtas, a depender da similaridade poderão ser tratadas conjuntamente, através da análise regional, desde que tenha uma série maior de dados.

### **2. 1 Precipitação pluvial**

Entende-se por precipitação a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre de qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada (PINTO, 1976). Para Ayoade (2002) nos trópicos somente a chuva contribui significativamente para com os totais de precipitação, pois a neve inexistente, exceto em algumas montanhas altas.

No semiárido nordestino além da variabilidade temporal da chuva há diferenças notáveis em escala espacial, é comum constatar que choveu em um local e muito próximo dali não houve nenhuma chuva (ALMEIDA et., al. 2010). Em muitas circunstâncias é possível até

detectar o limite da frente de molhamento no solo. Estes fatos são extremamente importantes no planejamento de medidas de chuva nas escalas espacial e temporal.

Para Almeida (2001), a distribuição mensal da chuva nas regiões áridas e semiáridas ocorre de forma assimétrica. Isso indica, que a média, mesmo sendo a medida de tendência central mais usada, não é o valor mais provável de ocorrer.

É importante destacar ainda que no semiárido do Nordeste a quantidade e a distribuição de chuvas se caracterizam pela elevada irregularidade espacial e temporal. Há anos em que as chuvas se concentram em um a dois meses e em outros que chovem torrencialmente, embora de forma irregular tanto no espaço quanto no tempo (ALMEIDA & SILVA, 2004; ALMEIDA & PEREIRA, 2007). Essas características são típicas do regime pluvial nas diferentes microrregiões do Estado da Paraíba, além disso, as estações chuvosas ocorrem de forma diferenciada, em quantidade, distribuição e duração (ALMEIDA & SOUSA NETO, 2005).

Segundo Aragão (1975), a principal razão da existência da semi-aridez é a ausência de um mecanismo dinâmico que provoque movimentos ascendentes. Para Nobre & Molion (1988), a variabilidade pluvial no NE brasileiro resulta de efeitos combinados da ação de vários sistemas meteorológicos e das variações na intensidade e posição das circulações de Hadley e Walker.

A seca é um fenômeno meteorológico com efeitos nefastos a nível social, econômico e ambiental. Devido à dificuldade de sua previsão, há vários indicadores que permitem avaliar o grau de severidade em diferentes escalas de tempo.

Um passo importante na análise científica do fenômeno seca foi o reconhecimento das diferentes percepções que diversos setores da sociedade possuem em relação a essa anomalia climática. Essa evolução resultou na definição de quatro tipos de seca: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica (BLAIN & BRUNINI, 2007).

Esses autores relataram que uma consequência direta da seca é a necessidade da adoção de uma escala temporal adequada ao monitoramento para cada um dos tipos de seca. A meteorológica, por exemplo, é definida por Wilhite (2000) pelo déficit de precipitação, isto é, quando o valor acumulado da chuva em um determinado período for menor que o climatologicamente esperado.

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1975), a seca agrícola está relacionada à baixa disponibilidade de umidade no solo, que torna o suprimento de água às culturas insuficientes para repor as perdas por evapotranspiração.

O monitoramento dos diversos tipos de seca pode ser feito com base em índices que os padronizam em escala temporal e espacial permitindo, com isso, a comparação das condições hídricas de diferentes áreas. Esses quantificadores pluviométricos devem ser usados para planejar e gerenciar os recursos hídricos, estadual e federal, auxiliando a tomada de decisão quanto à adoção ou suspensão de planos de combate à seca nos diversos setores da sociedade (ALMEIDA et al., 2010).

Dentre os índices quantificadores de seca mais utilizados, citam-se o de Severidade de Seca de Palmer, o Padronizado de Precipitação e o Padronizado de Precipitação Modificado (MCKEE, 1955; BLAIN & BRUNI, 2007; ALMEIDA & SILVA, 2008). A quantificação e o estabelecimento desses índices constituem uma valiosa ferramenta nos estudos de disponibilidade hídrica, sejam eles de curta ou de longa duração (HAYES et al., 1999).

O termo Mudança do Clima, Alterações Climáticas ou Mudanças Climáticas refere-se às alterações na temperatura, precipitação, nebulosidade, dentre outros, em relação às médias históricas, em escala global ou regional ao longo do tempo (IPCC, 2001). Esses termos têm sido usados de forma pouco apropriada, pois também é utilizado para indicar as mudanças climáticas atuais, bem como o aquecimento global originado por causas antropogênicas.

É importante ressaltar que existe uma dinâmica na atmosfera, repercutindo em variações de escala micro a macro. “A evolução do comportamento atmosférico nunca é igual de um ano para o outro e mesmo de uma década para outra, podendo se verificar flutuações a curto, médio e longo prazo” (CONTI, 1995).

Bernardo (1999) realizou um estudo em Maceió sobre o clima na costa leste do Nordeste (ENE), e observou que a localidade sofreu variações crescentes no regime pluvial quando se comparou com as normais climatológicas (do período 1931-60 com as do período 1961-90). O total médio anual das chuvas na 2ª normal, por exemplo, foram maiores em 31% com relação a primeira.

Berlato, Fontana e Bono (1995), estudando dados de precipitação de dezessete locais do Rio Grande do Sul, não identificaram tendências anuais a longo prazo, ressaltando que as reduções e/ou aumentos observados a curto período se referem, possivelmente, à flutuação natural da precipitação.

Para Almeida (2012b) a precipitação pluvial no Nordeste brasileiro é distribuída de forma desigual no espaço e no tempo, esse autor aponta dois mecanismos principais responsáveis pela ocorrência de chuvas nesta região: a Zona de convergência Intertropical (ZCIT ou ITCZ) e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS).

### 2.1.1 A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos que atuam na região tropical (FERREIRA, 2006). A ZCIT é uma grande região de confluência dos ventos alísios de nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do HN, e dos ventos Alísios de sudeste, oriundos da alta subtropical do HS (MOLION & BERNARDO, 2000). Essa zona é também chamada de Equador Meteorológico (EM), Descontinuidade Tropical (DI), Zona Intertropical de Convergência (ZIC), Frente Intertropical (FIT), entre outros (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Marques, Rao e Molion (1983), estudando a energética e o fluxo de vapor d'água na atmosfera sobre o NEB, sugeriram que os mecanismos de convergência e divergência de vapor d'água na troposfera exerçam um papel relevante na caracterização das estações seca e chuvosa da região NEB.

A Zona de Convergência Intertropical flutua ao longo dos meses de um lado e de outro da linha do Equador, para Mendonça e Danni-Oliveira (2007) ocorre entre os 10° Norte e Sul de latitude.

Para Xavier et al., (2000) no Atlântico, ela incursiona bem mais ao norte do Equador, entre junho e dezembro, do que ao sul dessa linha, entre janeiro e maio. As formações cúmulo-nimbo associadas à ZCIT são responsáveis por chuvas intensas sobre muitas regiões tropicais, tais como no Brasil.

As chuvas mais intensas sobre o Sahel africano (no segundo semestre de cada ano) ou sobre o Nordeste brasileiro (no primeiro semestre) ocorrem exatamente naqueles anos em que a ZCIT sobre o Atlântico intertropical incursiona até posições extremas mais ao norte ou mais ao sul da linha do Equador, respectivamente. Em estudos sobre os regimes pluviais no Nordeste brasileiro, já havia sido enfatizado este papel da ZCIT, conforme Xavier e Xavier (1982, 1983).

Em anos de seca no NNE, a ZCIT fica bloqueada mais ao norte de sua posição normal. O NNE fica, então, debaixo de uma região de subsidência que inibe a precipitação (MOLION & BERNARDO, 2000).

A amplitude de movimentação da ZCIT sobre os oceanos é pequena, mas é grande sobre o continente (AYOADE, 2002). Isso ocorre devido ao equador térmico ser mais oscilante sobre o continente. Essa migração da ZCIT normalmente causa extremas diferenças

climáticas em muitos locais dos trópicos. Para Ferreira (2006) é o caso no Nordeste do Brasil, que quando há um aumento da precipitação na região do semiárido, é causado principalmente pela descida da ZCIT.

A ZCIT aparece de forma bastante nítida em documentos produzidos a partir do sensoriamento remoto, notadamente em imagens de satélite, pois a massa de nuvens que ali se forma devido à importante ascendência zonal apresenta céu bastante coberto por nuvens, principalmente do tipo cumuliformes que resultam em expressivas precipitações (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007), portanto, diária ou sazonalmente, as mudanças da ZCIT podem ser observadas nas imagens de Satélite meteorológico (FERREIRA, 2006).

### **2..1.2 Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs)**

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis são sistemas de baixa pressão em grande escala, formados na alta troposfera, normalmente acima de 9.000m (300hPa) (FERREIRA, 2006). São comumente chamados na literatura de baixas frias, pois apresentam centro mais frio que a periferia (LOURENÇO, FERREIRA & GAN, 1996).

Um dos primeiros estudos a respeito de VCAN foi feito por Palmer (1951), que documentou a ocorrência de dois casos sobre o Oceano Pacífico Norte. Contudo foram Dean (1971) e Aragão (1975) os pioneiros em estudos observacionais sobre VCAN no Atlântico Sul Tropical, mostrando que as chuvas excessivas no Nordeste do Brasil e suas vizinhanças podem estar relacionadas aos VCAN.

Gan e Kousky (1986), observaram que os VCAN originam-se sobre o Oceano Atlântico entre a faixa de 20° – 45°W e 0° – 28°S, e ao penetrar no Brasil produz chuvas no setor norte do Nordeste e ausência de chuvas na região sul e central do Nordeste. Os vórtices ciclônicos na vizinhança do Nordeste do Brasil, formam-se devido à intensificação simultânea da crista associada à Alta da Bolívia e o cavado corrente abaixo sobre o Oceano Atlântico (KOUSKY & GAN, 1981).

Quando os VCANs se aproximam do Nordeste brasileiro, vindos do oceano Atlântico, tornam o céu claro na parte central da região e fomentam a formação de nebulosidade cumuliforme nas partes oeste do norte (FERREIRA, 2006).

Para Almeida (2012b) os VCANs que atuam no NE são observados nas estações de primavera, verão e outono, com máxima frequência no mês de janeiro, épocas do ano em que o continente está mais aquecido. Para esse autor há obviamente outros sistemas

meteorológicos de escalas distintas de tempo e espaço, que influencia o regime mensal e anual das chuvas e, conseqüentemente, a estação chuvosa nesta região.

## **2.2 A TEMPERATURA DO AR (Tar)**

A temperatura do ar indica o quanto o ar está sendo aquecido ou resfriado pela energia solar e pela superfície terrestre (ALMEIDA, 2012b). À parte a precipitação, a temperatura provavelmente é o elemento mais discutido do tempo atmosférico (AYOADE, 2002).

No Brasil, a unidade de medida da temperatura é o Celsius. Para Almeida (2012b) a escala Celsius, ou centígrado (°C) é internacionalmente aceita e recomendada para o intercambio de dados.

Dentre os elementos climáticos, a temperatura do ar é o que promove maiores efeitos diretos e significativos sobre muitos processos fisiológicos que ocorrem em plantas e animais; sendo seu conhecimento fundamental em estudos de planejamento agrícola (HENRIQUE, 2006). Em zoneamentos de aptidão climática das culturas, as informações das condições térmicas regionais são elementos imprescindíveis e sua escassez em grandes áreas limita estudos suficientemente detalhados sobre o planejamento agrícola, como é o caso da região Nordeste do Brasil (SEDIYAMA & MELO JÚNIOR, 1998).

Peterson & Vose (1997) citam que há mais de cem fórmulas para calcular a temperatura média (tmed), embora Almeida (2012b) cita o método padrão, recomendados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Sendo que ainda o método dos extremos ainda seja utilizado, pode-se resultar em diferenças apreciáveis, quando comparados com o método padrão, e não que esteja havendo mudança climática.

Com o advento de termistores que irão substituir os termômetros convencionais ou, especificamente, quando houver mudança do local de observação (estação meteorológica) poderá haver aumento ou diminuição da temperatura máxima ou da mínima. Nesse caso não se trata de mudança de temperatura e sim de local, de tecnologia ou se for à média de procedimentos de determinação (ALMEIDA, SOUZA & ALCÂNTARA, 2008).

A divulgação de massa feita pelos meios de comunicação, acerca do aquecimento do planeta e das mudanças climáticas, ocasionado pelo efeito estufa, instiga a realização de estudos de séries históricas de registros da temperatura mínima, média e máxima para estabelecer se essa informação é tendenciosa ou não, científica ou especulativa.

Os valores de temperatura do ar estão associados aos efeitos atmosférico, oceânico e geográfico (altitude, latitude e longitude). Analisando a variabilidade mensal de temperatura média do ar em duas localidades do Estado da Paraíba (Areia e Campina Grande), Almeida, Santos & Cabral Júnior (2011), encontraram comparando-se as médias mensais observadas, com as médias aritméticas da série  $\pm$  o desvio padrão, que em ambos os locais, a variação da temperatura média foi de  $\pm 0,5$  °C.

Houve uma tendência crescente da temperatura média anual, nas últimas três décadas, embora tenha sido inferior à média aritmética mais o desvio padrão. Para esses autores, a elevação da temperatura média, por década, foi menor que a média da série mais o desvio padrão, ou seja, uma oscilação que pode ser inerente e/ou intrínseca da própria série de dados estudada.

Quando se analisou as temperaturas médias das máximas e das mínimas e os respectivos desvios, por ano e por décadas, em oito localidades do Estado de São Paulo; Sant'anna Neto, Fante & Frank (2010) relataram que “as temperaturas médias anuais aumentaram em determinadas áreas do Estado, porém diminuíram em outras, refletindo uma variabilidade térmica que pode ser influenciada por fatores regionais.”

Bernardo (1999) analisando as duas normais climatológicas (1931-1960 e 1961-1990) da cidade de Maceió concluiu que as temperaturas médias mensais não apresentaram variações significativas enquanto as temperaturas máximas médias aumentaram e as mínimas médias diminuíram.

Muitas tendências de aquecimento observadas nos registros meteorológicos expressam mais os efeitos urbanos locais do que o aquecimento global da atmosfera. O surgimento das chamadas "ilhas de calor" devido à urbanização produz o aquecimento da atmosfera que afeta os registros térmicos, uma vez que a maioria das estações meteorológicas se encontra próxima aos centros urbanos. Portanto, há vários trabalhos mostrando que o impacto da urbanização pode superar ao do aquecimento global (HANSEN & LEBEDEFF, 1987; KARL, DIAZ & KUKLA, 1988).

Isso se deve, porque o clima nunca é estável, que nunca permaneceu em equilíbrio; Uma de suas constatações é que pesquisadores, como Monte e Harrison Hierb, concluíram “que mais de 97% das emissões de gás carbônico são naturais, provenientes dos oceanos, vegetação e solos, cabendo ao homem menos de 3%”, (apud CASAGRANDE, SILVA JUNIOR & MENDONÇA, 2011).

São vários os trabalhos e ou relatórios que apontam prognósticos de aumento de temperatura do ar a nível global ocasionados por ações antrópicas, embora para Maruyama (2009) os documentos analisados permitem inferir que os relatórios oficiais podem ser considerados incertos em suas conclusões, pois utilizam-se de expressões como "muito provavelmente", "sugere", "existem evidências".

### **2.3 Aspectos Geográficos e climáticos da área de estudo**

De acordo com os anais da Cobenge (2005) Campina Grande está localizada a 120 km de João Pessoa. É considerada a maior e mais importante cidade do interior do Nordeste. Pólo de cinco microrregiões homogêneas que compõe o Compartimento da Borborema exerce influência geoeconômica em limites que transpõem fronteiras estaduais, tornando-se, assim, uma das mais importantes do Nordeste do Brasil.

O município de Campina Grande está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema. A estrutura geológica é constituída por rochas resistentes, muito antigas, que formam o Complexo Cristalino da era Pré-Cambriana, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados. A fertilidade natural dos solos é bastante variada, com predominância de média a alta (CPRM, 2005).

Há uma predominância de planossolos, solos medianamente profundos, drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média. Os Podzólicos são solos mais profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa. Nos Vales dos rios e riachos, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e ácidos, ocorrendo, ainda afloramentos de rochas (CPRM,2005). O município de Campina Grande encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Médio Paraíba.

A área das unidades é recortada por rios predominantemente intermitentes, de pequena vazão e potencial de água subterrânea baixo. A vegetação desta unidade é formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica, próprias das áreas agrestes. Pela classificação climática de Köppen, o clima é Tropical chuvoso, com temperatura média do mês mai frio superior a 18°C e a precipitação média anual superior a 700 mm, cuja fórmula climática é Asi.

De acordo com censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2010), o município de Campina Grande possui uma área da unidade territorial 594,179 Km<sup>2</sup> com uma população de 385.213 hab. e uma densidade demográfica de 648,31 hab/km<sup>2</sup>.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área de estudo

A área de estudo compreende a cidade de Campina Grande (latitude  $7^{\circ} 13' 0''$  S, longitude de  $35^{\circ} 53' 0''$  W e altitude 547,6 m), localizada na mesorregião do Agreste do Estado da Paraíba, conforme mostra a Figura 1.

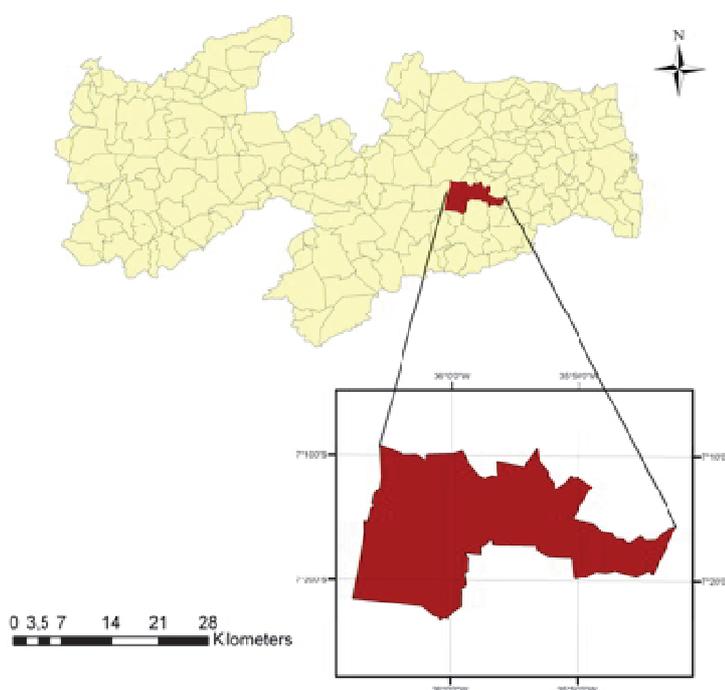


Figura 1. Localização do Município de Campina Grande, situado no estado da Paraíba.

#### 3.2 Coleta e análise de dados

Os dados meteorológicos, horários e diários, de precipitação pluvial e temperatura do ar foram coletados nas Estações Meteorológicas Convencional (EMC) e Automática (EMA), instaladas no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Embrapa/CNPA), em Campina Grande, PB, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ilustradas na Figura 2.



Figura 2. Estações Meteorológicas Convencional (EMC) e Automática (EMA), instaladas no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão CNPA/EMBRAPA, Campina Grande, PB.

Os dados mais antigos (anteriores a 1980) foram extraídos de publicações do Departamento de Recursos Naturais da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e do Atlas Climatológico do Estado da Paraíba.

### **3.3 Procedimentos metodológicos**

#### **3.3.1 Precipitação Pluvial**

Os dados mensais de precipitação pluvial do período 1911 a 2011 e os diários de 1977 a 2011, foram ordenados cronologicamente e em seguida determinou-se as medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude, variância, desvio padrão e coeficiente de variação), análises estatísticas estas, utilizadas conforme recomendações, critérios e fórmulas propostas por Spiegel (1970) e Assis, Arruda & Pereira (1996).

O agrupamento dos dados (mensais, trimestrais e anuais) foi feito utilizando-se a distribuição de frequência, arranjando-os em classes ou categorias, sendo determinados os intervalos de classe, amplitudes de classe, frequências relativa e acumulada, e demais parâmetros da distribuição de frequência.

A estação chuvosa foi determinada pela sequência de pelo menos três meses com os maiores valores medianos, adotando-se a mediana, como medida de tendência central. Esse período foi também arranjado em classes, sendo o ponto médio de cada classe determinado pela média aritmética entre os limites inferior e superior da classe, a representação gráfica foi feito utilizando-se um histograma de frequência.

O regime pluvial - mensal e anual - foi estabelecido usando-se as citadas análises estatísticas. Com as médias da série foram determinados os desvios relativos pela diferença entre o valor observado e o médio. Seguindo-se o mesmo critério para análises por décadas e para comparar a série pluvial mensal (1911 a 2011) com as duas normais climatológicas (1931/1960) e de (1961/1990).

Considerou-se a estação chuvosa de Campina Grande, a sequência de pelo menos três meses com totais médios de chuvas  $\geq 100$  mm. Para cada mês da estação chuvosa foi calculada a frequência relativa do número de repetições de valores maiores e ou menores do que o valor médio. O mesmo critério foi usado para analisar por décadas, tanto da série quanto da primeira e segunda normal climatológica (1931-1960 e 1961-1990).

O valor diário de chuva, estabelecido pela OMM, correspondeu ao acumulado registrado nos seguintes horários, em Unidade de Tempo Coordenado (UTC), pela expressão:

$$\sum = \text{Chuva das 18 UTC} + \text{Chuva das 24 UTC} + \text{Chuva das 12 UTC} \quad (1)$$

O dia foi considerado chuvoso quando choveu  $\geq 4$  mm. Para totais diários de chuva máxima (maiores ou iguais a  $30 \text{ mm.dia}^{-1}$ ) foram computadas as frequências relativa de ocorrências. Para estes eventos de máxima intensidade, ocorridos em 2011, comparou-se com a carta sinótica e imagens de satélite, disponíveis no site do INPE/CPTEC.

Os dados anuais de chuvas foram ajustados à distribuição normal reduzida ( $Z$ ), mediante a expressão:

$$Z = \frac{X - X_m}{s} \quad (2)$$

Sendo: Z= a variável reduzida da curva normal reduzida que tem N (0,1);

X = o limite superior da classe, em mm;

X<sub>m</sub>= média aritmética dos totais mensais e/ou anual de chuvas, em mm;

s= o desvio padrão da média (mm).

O coeficiente percentílico da curtose (C) da precipitação pluvial para os quartis, decis e percentis foi determinado pela expressão proposta por Crespo (1996) e Xavier, Silva e Rebello (2002) pela equação:

$$C = \frac{Q_3 - Q_1}{2(P_{90} - P_{10})} \quad (3)$$

Em que: C = Coeficiente percentílico de curtose;

Q<sub>1</sub> = primeiro quartil anual da chuva (em, mm);

Q<sub>3</sub> = terceiro quartil anual da chuva (em, mm);

P<sub>10</sub> = décimo percentil anual da chuva (em, mm);

P<sub>90</sub> = nonagésimo percentil anual da chuva (em, mm).

De posse de C encontrou-se o grau de achatamento da curtose, em que:

**C = 0,263** → curva mesocúrtica

**C < 0,263** → curva leptocúrtica

**C > 0,263** → curva platicúrtica

Outros cenários com totais anuais de precipitação foram estabelecidos, equivalentes: ao ano mais seco, o mais chuvoso e a média do período.

O índice padronizado da precipitação modificado (SPIM), foi calculado utilizando-se os critérios e expressão proposta por Almeida & Silva (2008):

$$SPIM = \frac{(P_i - Med)}{s} \quad (4)$$

Sendo:  $P_i$  = precipitação pluvial mensal ou anual, em mm;  
 $Med$  = mediana mensal ou anual da chuva, em mm;  
 $s$  = desvio padrão da média da chuva, em mm.

As categorias de umidade ou de secas foram estabelecidas a partir dos valores dos SPIM e as respectivas categorias de umidade, estabelecidas por McKee et al. (1993) e Almeida & Silva (2008). Nos cálculos de cada ano e mês, utilizaram-se os dados de toda a série (1911-11). Fazendo análises comparativas, tanto de mês a mês, para a estação chuvosa, quanto à de ano a ano.

### 3.3.2 Temperatura do ar

Os dados diários de temperatura do ar referem-se ao período de 01.01.1980 a 31.12.2011. A temperatura média diária foi calculada usando a média aritmética compensada ( $tmed_{pad}$ ), recomendada pela OMM e adotada pelo INMET, mediante a expressão:

$$tmed_{pad} = \frac{tar_{12} + t_{max} + t_{min} + 2 \times tar_{24h}}{5} \quad (5)$$

Sendo:  $tmed_{pad}$  = temperatura média diária, em °C;  
 $tar_{12h}$  = temperatura do ar lida às 12:00h UTC, em °C;  
 $tar_{24h}$  = temperatura do ar lida às 24:00h UTC, em °C;  
 $tmax$  = temperatura máxima do dia, em °C;  
 $tmin$  = temperatura mínima do dia, em °C.

As médias mensais e/ou anuais das temperaturas mínima, médias e máxima do ar foram determinadas pela média aritmética simples. O mesmo critério foi usado no cálculo da  $tmed$  na década.

As temperaturas médias foram separadas em função das estações do ano, anualmente e comparadas entre si. Os Desvios Relativos (DR's) foram calculados pela diferença entre os

valores observados e a média e, em seguida, quantificados as frequências relativas em %. No computo dos DRs resultou em valores positivos e negativos, ou seja, quando o valor observado foi maior que a média, o DR foi positivo caso contrario em Dr negativo.

Para averiguar se há ou não mudança no regime térmico, adotou-se o critério proposto por Almeida, Santos & Cabral Júnior (2011); Cabral Júnior & Almeida (2011) que foi o de comparar na escala de tempo desejado, o valor observado com a média da série  $\pm$  DP (desvio padrão da média).

Os cálculos, as análises estatísticas, bem como a confecção de tabelas e gráficos foram feitos usando uma planilha Microsoft Office Excel.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Principais características do regime pluvial de Campina Grande

Na Figura 3 verificam-se os desvios relativos para os totais anuais de chuvas observadas, quando comparados com a média aritmética da série (775,7 mm). Observam-se flutuações elevadas nos totais de chuvas a cada ano em Campina Grande, havendo, portanto anos que choveram acima (41,6 %) e outros abaixo da média (58,4 %). O ano mais chuvoso foi 2011 e o mais seco 1952, quando choveram 1491,8 e 331,3 mm, respectivamente.

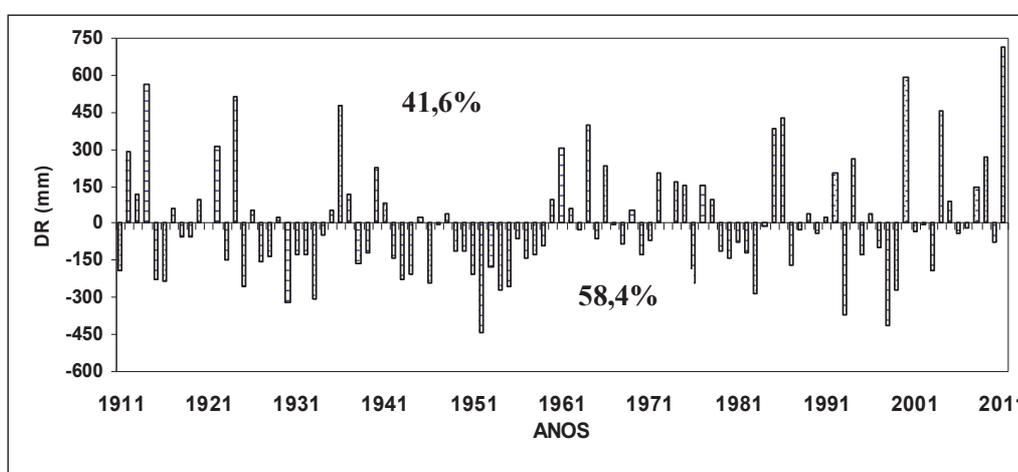


Figura 3. Desvios relativos dos totais anuais de chuvas observados em relação à média da série para em Campina Grande, PB, no período: 1911 a 2011. Fonte Almeida 2012b.

Em virtude da grande quantidade de dados de chuvas anuais, optou-se por representar as médias anuais por décadas conforme mostra a Figura 4.

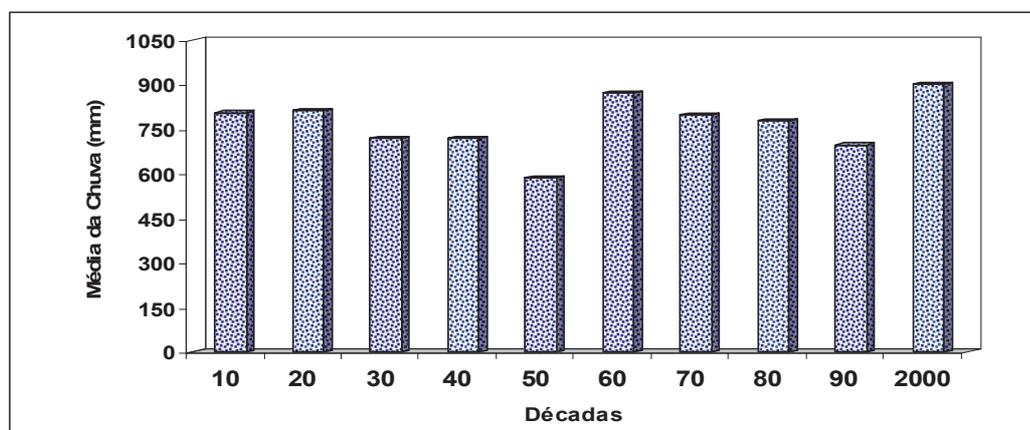


Figura 4. Médias anuais de chuvas por décadas. Campina Grande, PB, no período: 1911-2011. Fonte: Almeida 2012b.

Constata-se que há décadas mais e outras menos chuvosas, houve também sequenciamentos decrescentes nas médias de chuvas, com duração de 30 anos, ocorridas entre 1920 e 1950 e de 1960 a 1990 ou com picos ascendentes mostrados nas décadas de 60 e 00. Destaca-se, ainda, que a década mais seca foi a de 50 e a mais chuvosa a 00, cuja amplitude superou 300 mm.

Este déficit da precipitação, média de dez anos, equivale a quase 40% do valor esperado. Como a média da série é bem inferior a demanda natural de água para atmosfera e a precipitação pluvial, a única fonte de suprimento de água, esses períodos necessitaram de gestão integrada de recursos hídricos e de prioridade das políticas públicas como cita Almeida (2012a).

Nota-se (Figura 4), que as diferenças nas ordenadas dos histogramas, por década, não são indícios de aumento ou que esteja diminuindo a precipitação, mas um reflexo da elevada dispersão da média anual que oscila em torno de 30%. Essa variabilidade afetada diretamente pela irregularidade espacial e temporal da quantidade e distribuição das chuvas atua de forma a comprometer a sustentabilidade hídrica do semiárido como afirma Almeida (2012a).

Os desvios relativos entre as médias de chuvas observadas, na década, e a média aritmética da série são mostrados na Figura 5. Essa operação aritmética resultou em desvios positivos (chuva observada > que a média) e/ou negativos (chuva observada < que a média).

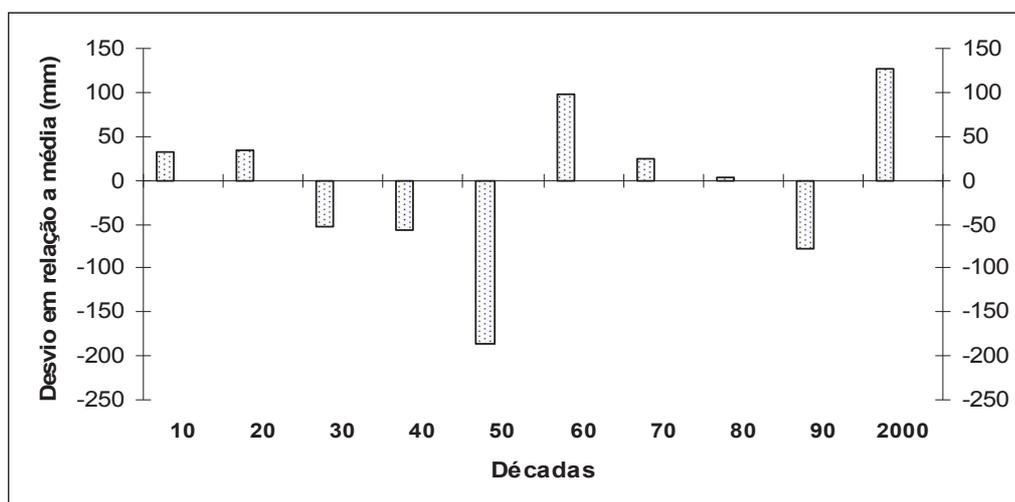


Figura 5. Desvios relativos dos totais de chuvas observados em relação à média esperada, por décadas, em Campina Grande, PB. Fonte: Almeida 2012b.

A análise da Figura 5 revela, de forma mais clara, a variabilidade da chuva, em Campina Grande. Verifica-se, entretanto, que a década mais seca (50), por exemplo, choveu 186,5 mm a menos, em média. Contrariamente, a mais chuvosa (2000), precipitou 130 mm a

mais que o esperado. As oscilações positivas ou negativas entre décadas não permitem concluir que sejam mudanças no regime pluvial local. Contabilizando-se essas flutuações, verifica-se que das dez décadas, seis choveram acima da média e quatro abaixo. Embora a frequência de chover mais tenha sido maior do que a de chover menos, pode não ser indicativo de mudança e sim de variabilidade temporal, por ser esse elemento do clima o que apresenta maior dispersão, em relação a média esperada, em qualquer região e, em especial, no semiárido nordestino, o que concorda com Almeida & Silva (2004); Almeida e Pereira (2007), Almeida & Gomes (2011) e Almeida (2012 a).

As frequências relativas, em %, de anos com totais de chuva observados acima da média esperada, em relação á média aritmética da série (média), e por décadas, são apresentadas nos histogramas da Figura 6. Dos cem anos analisados, choveu acima da média em 41,6% e, conseqüentemente, 58,4% abaixo. Analisando década por década e comparando-as simultaneamente com os totais médios de chuvas (Figura 4) e com os desvios (Figura 5), comprova-se a irregularidade na distribuição de chuva na escala anual.

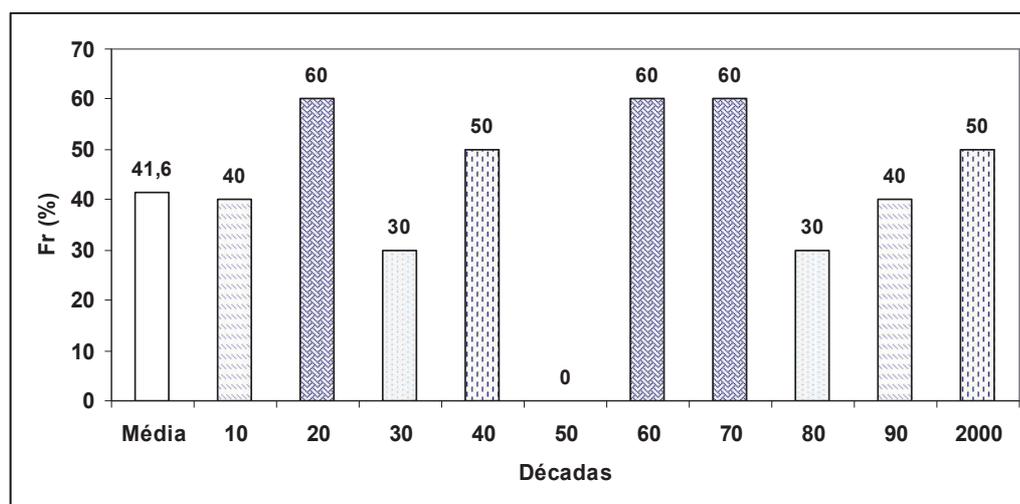


Figura 6. Frequência relativa do número de anos com totais de chuvas observados acima da média e por décadas em Campina Grande, PB, no período: 1911 a 2009. Fonte: Almeida 2012b.

É importante destacar, que não houve nenhum ano na década mais seca (50) com chuva acima da média. Embora a década de dois mil tenha sido a mais chuvosa, o número de anos com chuvas acima da média esperada foi menor que nas décadas menos chuvosa de 20, 60 e 70. Isso mostra, portanto, que a distribuição de chuva nessas décadas foi até melhor, por que choveu acima da média em seis dos dez anos, que na mais chuvosa.

Observa-se (Figura 6), de forma oposta, que em 70% dos anos das décadas de 30 e 80 e em 60% das 10 e 90 choveram abaixo da média esperada. Destacando-se as três últimas

décadas, há frequências crescente, e com um incremento médio de cerca de 1% ao ano ou de 10% na década. Mesmo com essa tendência de crescimento, pelo menos, no tocante a distribuição anual da precipitação, seja insuficiente para afirmar que esteja havendo aumento na quantidade de chuvas.

Na Figura 7 consta às médias mensais da média, mediana e desvio padrão da precipitação pluvial de Campina Grande. Com relação à distribuição, nota-se que os desvios padrão da média são superiores as próprias médias, de setembro a fevereiro, e que as médias mensais de precipitação foram sempre maiores que as medianas. Essa característica na medida de tendência central demonstra que o modelo de distribuição é assimétrico, cujo coeficiente é positivo. Assim sendo, a mediana passa ser o valor mais provável de ocorrer e não a média, mesmo sendo a medida mais usada, o que corrobora com os resultados encontrados para outros locais por Almeida (2001); Almeida & Silva (2004); Almeida & Pereira, (2007); Almeida et al., (2010).

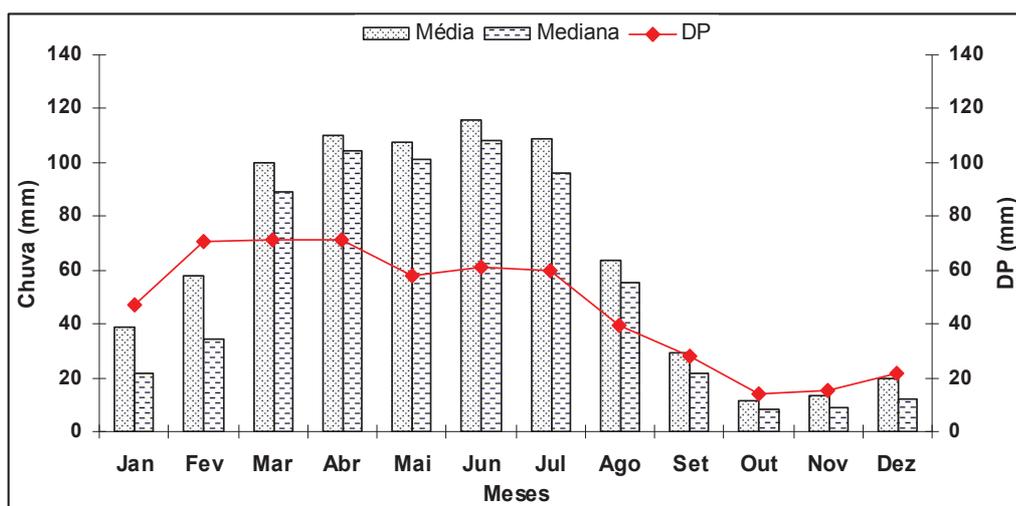


Figura 7. Médias mensais das médias, medianas e desvios padrão da precipitação pluvial. Campina Grande, PB, média do período: 1911-2011.

Comparando a série climatológica (1911/09) com as duas normais climatológicas (1931/60) e de (1961/90) comprova-se que há diferença entre si. No entanto, a pequena flutuação existente para mais ou para menos pode estar relacionada à variabilidade natural desse elemento, por apresentar elevados desvios padrão em qualquer uma das situações.

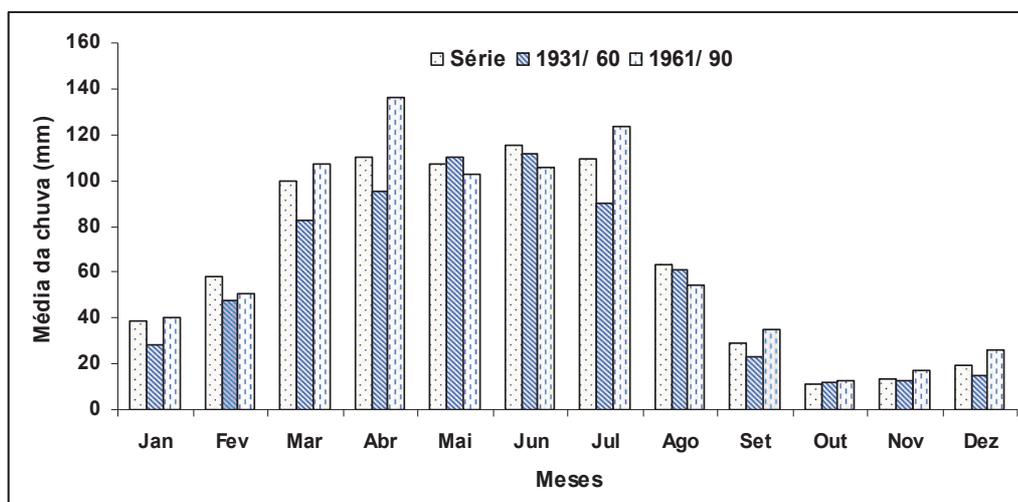


Figura 8. Distribuição pluvial mensal média da série (1911-2011), da 1ª (1931/60) e 2ª (1961/1990) normais climatológicas. Campina Grande, PB. Fonte: Almeida 2012b.

O acumulado médio anual de precipitação na 1ª normal foi de 690 mm  $\pm$  177 mm contra 812 mm  $\pm$  183 mm, na 2ª normal, ou seja, um acréscimo de 17,7 % e uma diferença desprezível nos desvios padrão de apenas seis (6,0) mm.

Com relação à variabilidade temporal das três séries estudadas, quantificada pelos desvios padrão da média, verificou-se que eles foram menores na 2ª normal climatológica que nos da média da série, especialmente, nos meses mais chuvosos do ano, exceto julho. A primeira normal, a maior dispersão ocorreu em fevereiro e julho.

Fazendo-se uma análise geral das três séries analisadas, constata-se a elevada predominância dos desvios padrão, ou seja, oscilações para mais e/ou para menos. Essa flutuação pode ser um reflexo da própria característica da chuva, por ser extremamente variável no tempo e no espaço. Por isso, infere-se ser uma variabilidade natural e não uma mudança climática.

Ao comparar os desvios relativos mensais de cada uma das normais climatológicas em relação à média da série, observa-se (Figura 9), que a 1ª normal choveu menos e teve maior número de desvios negativos, enquanto que, a 2ª normal climatológica (1961/90) foi mais chuvosa que a primeira e apresentou somente quatro meses com desvios negativos. Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardo (1999), para Maceió, AL, ou seja, a segunda normal climatológica foi mais chuvosa que a primeira.

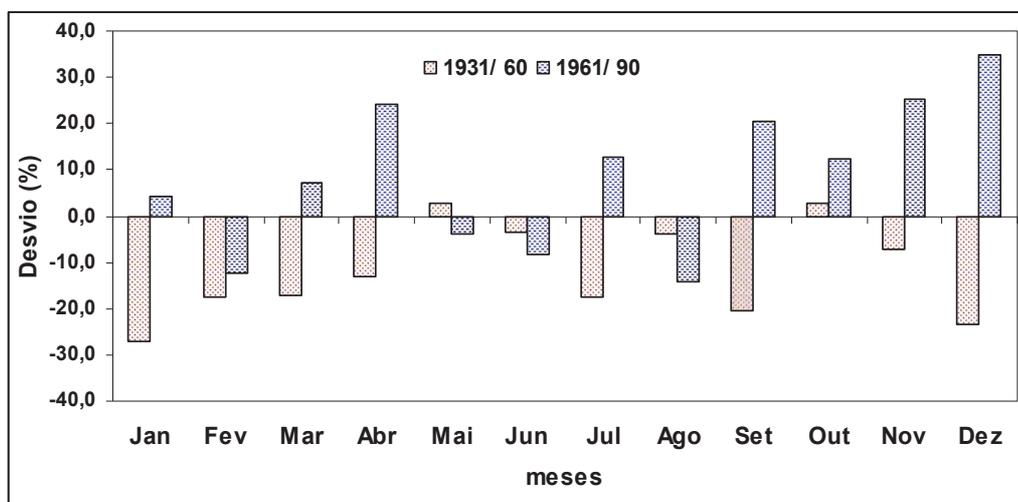


Figura 9. Desvios relativos dos totais de chuvas mensais em relação à média esperada, das 1ª e 2ª normais climatológicas em relação à média da série. Campina Grande, PB. Fonte: Almeida 2012b.

As médias mensais das médias e medianas dos meses da estação chuvosa em Campina Grande são mostradas na Figura 10. O modelo de distribuição da precipitação, nesse curto período, indica que as citadas medidas de tendência central diferem entre si, com médias aritméticas sempre maiores que as medianas, ou seja, um modelo assimétrico. Assim sendo, a mediana e não a média passa a ser o valor mais provável de ocorrer. Resultados esses que concordam com os resultados encontrados e sugeridos para o uso da mediana, em vez da média, por Almeida & Oliveira (2009); Almeida & Gomes (2011); Almeida (2012b).

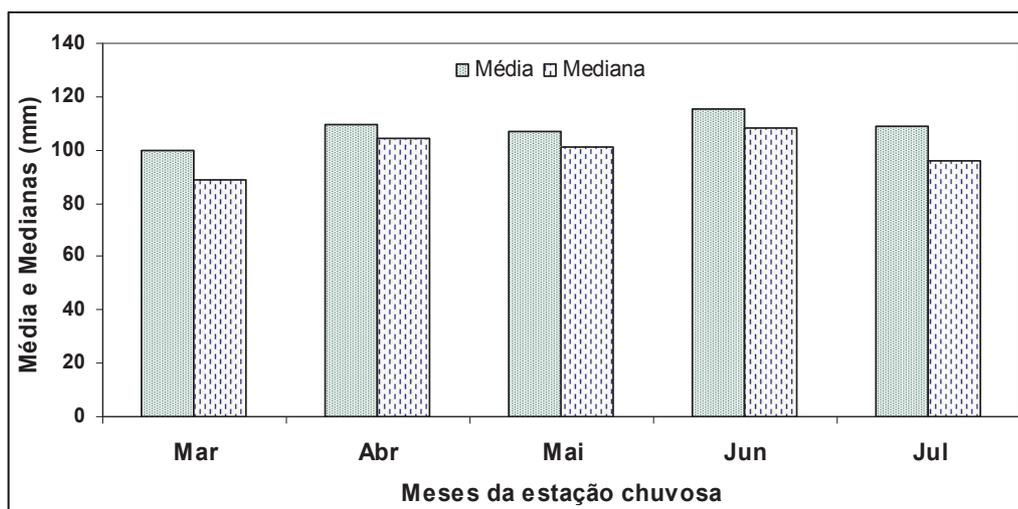


Figura 10. Médias mensais das médias e medianas da chuva, nos meses da estação chuvosa, em Campina Grande, PB, período: 1911-2011. Fonte: Almeida et al (2010).

A estação chuvosa inicia-se em março, sendo janeiro e fevereiro os meses da pré-estação, e termina em julho, chovendo o equivalente a 67,8% do total anual. Com relação à dispersão, pelo coeficiente de variação (CV), constata-se na Figura 11 que, o CV oscila entre 71,1%, em março, e 52,7%, em junho.

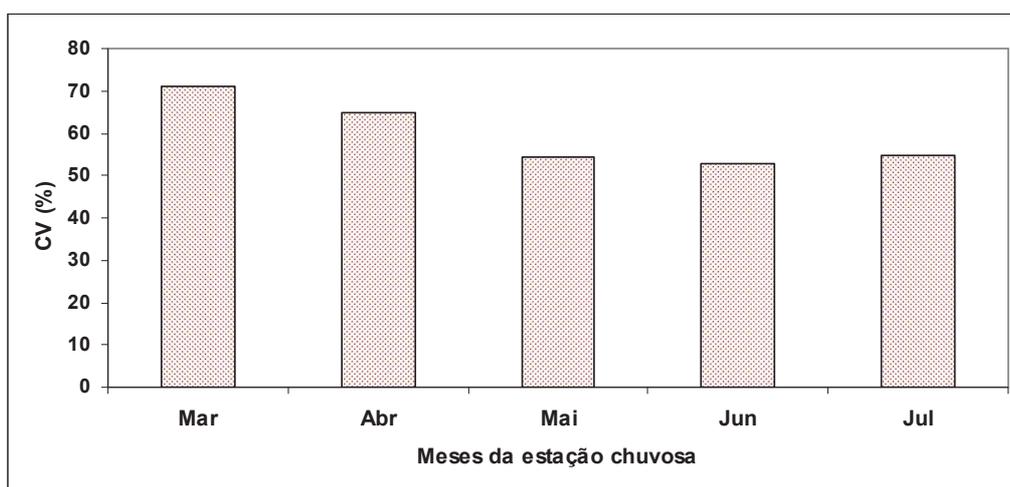


Figura 11. Coeficiente de Variação (em %) da precipitação pluvial, para os meses da estação chuvosa, em Campina Grande, PB, no período: 1911-2011.

Analisando-se as frequências para totais de precipitação pluvial ( $\leq 80$  mm, entre 80 e 150 e  $>$  que 150 mm) nesse período. Observa-se, na citada Figura, que a frequência entre 80 e 150 mm é a que mais predomina. Destaca-se, ainda, que totais de chuvas acima de 150 mm ocorrem, em pelo menos, 20% dos meses dessa estação.

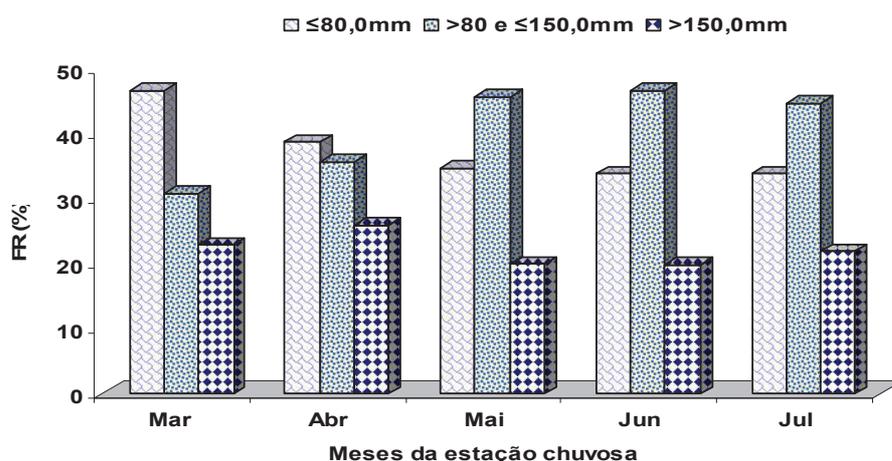


Figura 12. Frequências relativas nos três intervalos de chuvas, para os meses da estação chuvosa em Campina Grande, PB.

As médias das frequências relativas (FR) dos totais mensais de chuva > 100 mm, para os referidos meses da estação chuvosa, por décadas são apresentadas na Figura 13.

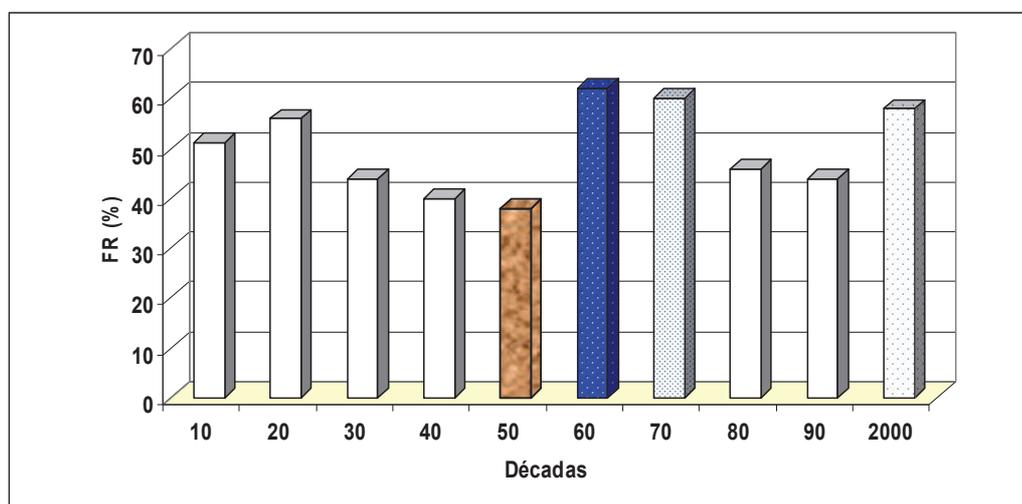


Figura 13. Médias das frequências relativas (FR) dos totais mensais de chuvas > 100 mm, para os meses da estação chuvosa. Campina Grande, PB, período: 1911 a 2009. Fonte: Almeida et al(2010).

Mesmo sendo uma média a cada dez anos, verifica-se que o número de repetições varia em função da década. A década de 50 foi a mais seca, com apenas 38% dos meses com chuva > que 100 mm, com destaque para o mês de julho, que ocorreu apenas duas vezes. Contrariamente, a década de 60 foi a mais chuvosa, com registro de 62% dos meses com valor >100 mm. Já, em 70% do mês abril choveu acima de 100 mm.

As décadas de 70 e 00 registraram a segunda e a terceira maiores frequências com cerca de 60%. Fazendo-se uma análise comparativa simples, observam-se, por exemplo, redução gradativa na FR entre as décadas de 20 e 50's, acréscimos entre as de 50 e 60, diminuição entre as de 60 e 90, e um aumento na de 90 a 00.

Esses resultados convergem com as citações mencionadas por Conti (1995) que: “a evolução do comportamento atmosférico nunca é igual de um ano para o outro e mesmo de uma década para outra, podendo se verificar flutuações a curto, médio e longo prazo”. Ayoade (2002) cita que a precipitação pluvial é altamente variável em sua incidência, em especial nas baixas latitudes, ratificando o que foi dito por Almeida & Silva (2008); Almeida & Sousa Neto (2005) que além da concentração a distribuição e duração ocorrem de forma diferenciada.

As médias mensais dos meses da estação chuvosa, analisadas em função das 1ª e 2ª normais climatológicas e da média do período, são apresentadas na Figura 14. Observa-se, de

forma clara, que existe uma variação quando se compara uma média com outra. Embora a média aritmética de todo o período seja relativamente melhor que as duas normais climatológicas, a priori, porque o número de observações envolvidas no cálculo da média aritmética é maior.

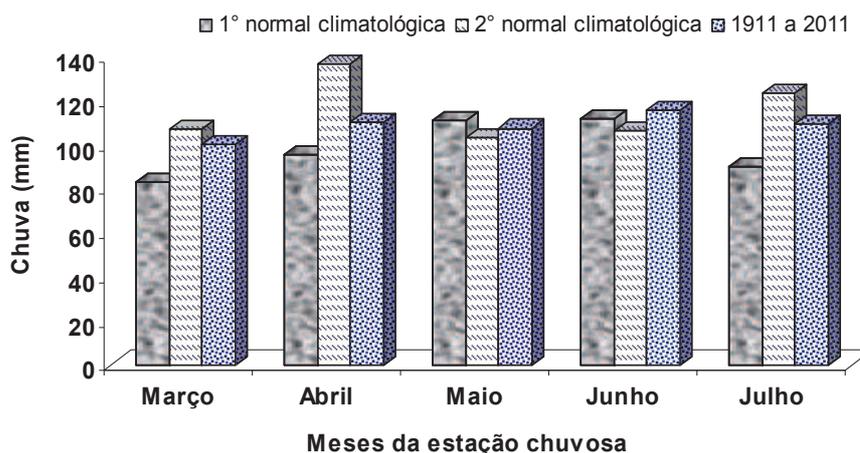


Figura 14. Médias mensais de chuvas, nos meses da estação chuvosa, referentes as 1ª e 2ª normais climatológicas e média do período 1911-2011, para Campina Grande, PB.

Na primeira normal climatológica (1931 a 1960), as médias dos totais de chuvas dos meses de março, abril e julho foram menores que os da segunda normal e os da média do período (1911 a 2011). Como as dispersões mensais esperadas da chuva são elevadas, as variações de -11%, da 1ª normal climatológica ou de +4,8%, da 2ª normal climatológica, quando comparadas com a média da série, devem ser entendidas como uma variabilidade natural da chuva em Campina Grande e, portanto, não como um indicativo de aumento ou diminuição.

As frequências do número de dias com chuva ( $\geq 4$  mm), nos meses da estação chuvosa, são apresentadas na Figura 15.

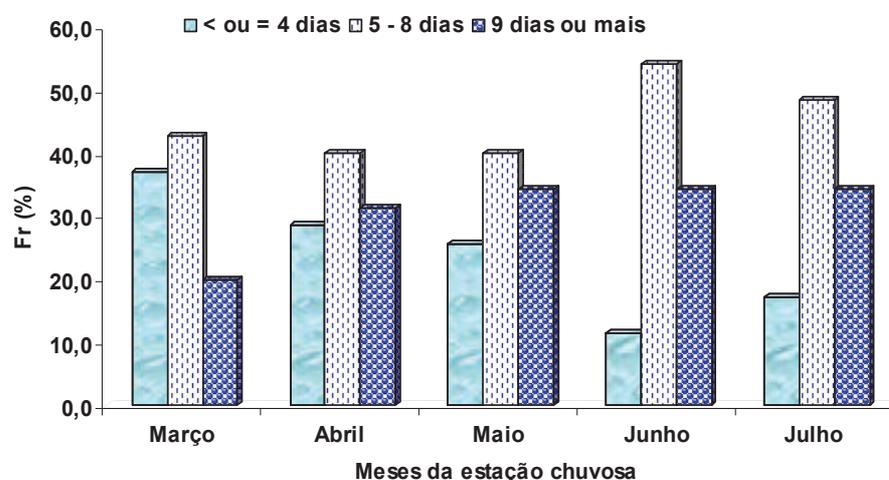


Figura 15. Frequências relativas do número de dias com chuvas, nos meses da estação chuvosa, em Campina Grande, PB.

A duração de dias chuvosos nessa estação é, em média, de 36 dias, sendo seis dias em média no mês de março, sete nos meses de abril e maio, e oito nos meses de junho e julho que tiveram a ocorrência máxima, com 19 dias de chuva. A ocorrência de chuva com 5 dias ou mais, acima de 4 mm ocorreram com frequências de 88,6% em junho e 82,9% em julho. Em apenas um ano, os meses de março e maio não houve registro de chuvas maior ou igual a 4 mm. Até mesmo na estação chuvosa, não houve registro de chuvas acima desse valor em 70,3% dos dias.

As médias e medianas da precipitação distribuída para as quatro estações do ano, são mostradas na Figura 16.

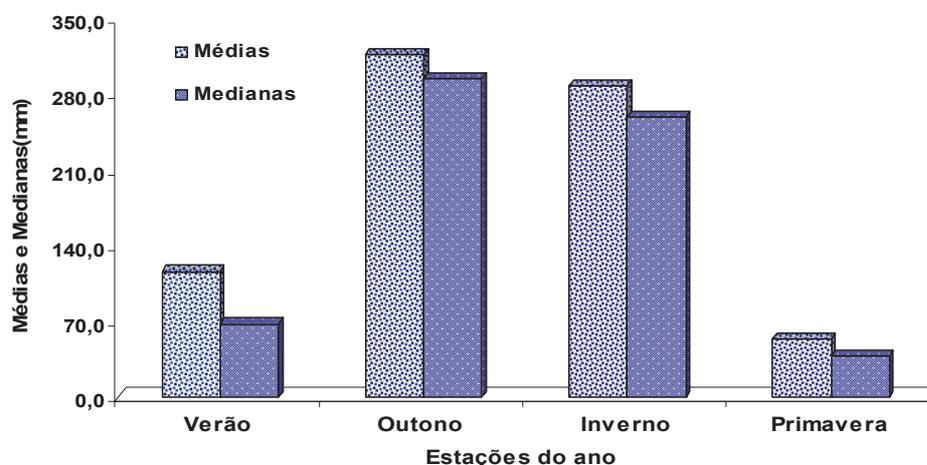


Figura 16. Médias e medianas da precipitação pluvial nas estações do ano em Campina Grande, médias do período: 1911-2011.

A estação chuvosa concentra-se entre o outono e o inverno. Das estações de transição, a primavera é a mais seca (chove apenas cerca de 7,0% do total anual) e o mês de outubro é o mais seco (média de 11,3 mm). Esses resultados confirmam os encontrados para outras localidades da Paraíba por Almeida et., al. (2010).

O ajuste dos valores anuais de precipitação à distribuição normal reduzida é mostrado através de freqüências, nos histogramas, da Figura 17. Observa-se entre os pontos médios de classe de 693 a 796 mm, na curva teórica, concentram-se as maiores freqüências observada e esperada. Esse intervalo é o que apresenta a maior esperança de ocorrência do total anual de precipitação, na cidade de Campina Grande.

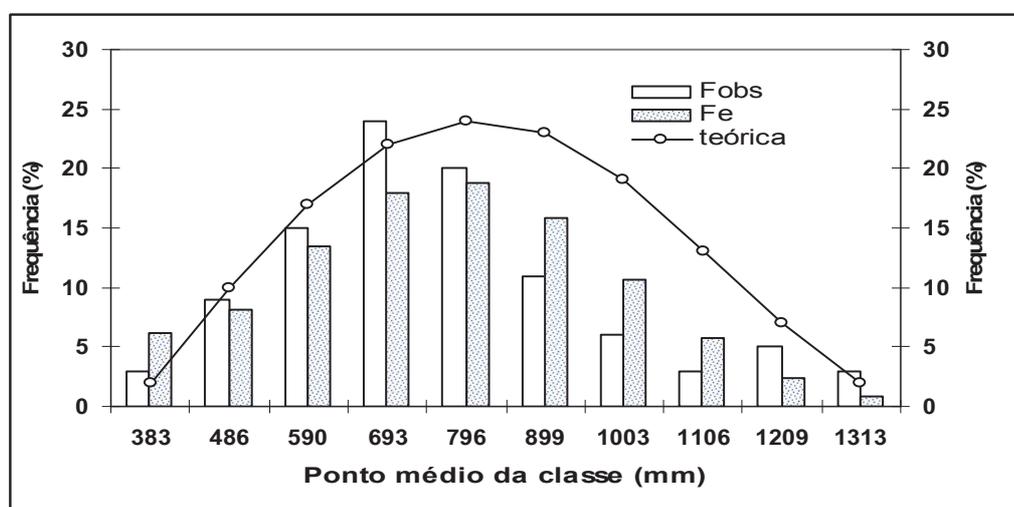


Figura 17. Frequências observada (Fobs) e esperada (Fe) para os totais anuais de chuvas, de Campina Grande, PB, ajustados a distribuição normal reduzida.

As separatrizes de posição dos quartis (quartil um, dois e três) e percentis (percentil 10 e 90) são apresentadas na Figura 18. As chances de chover menos do que o valor observado no primeiro quartil ( $Q_1$ ) ou mais que o observado no terceiro quartil ( $Q_3$ ) são de 25 e 75% de probabilidade sucessivamente.

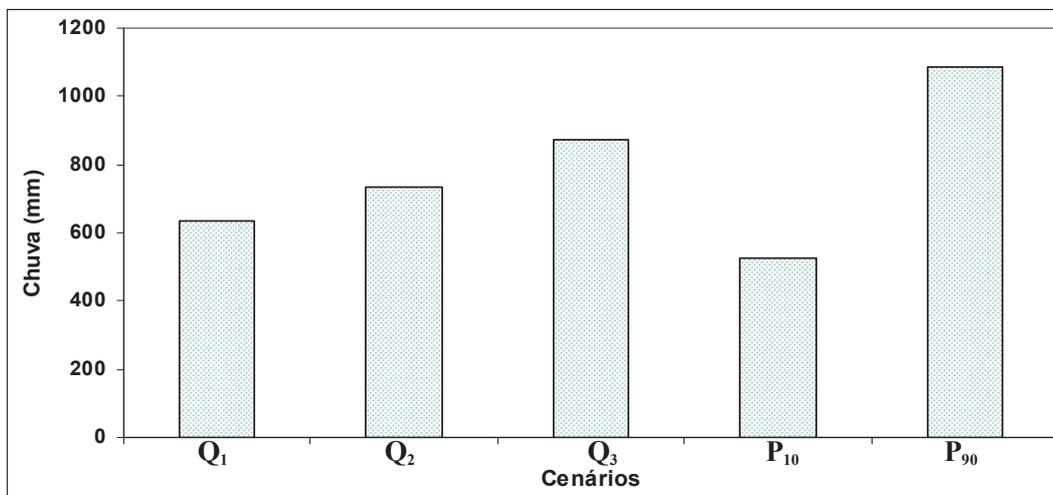


Figura 18. Separatrizes e percentis dos totais anuais de precipitação pluvial, em Campina Grande, PB. Período de 1911-2011.

O coeficiente percentílico da curtose (CPC) que representa o grau de achatamento da curva de distribuição da chuva foi de 0,217. Se o valor do CPC for inferior a 0,263, o modelo da curva denomina-se leptocúrtica, ou seja, uma curva com frequência mais aguda na parte superior, uma elevada concentração e grande irregularidade das chuvas.

O Índice Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM) é uma maneira diferente de medir a seca, pode assumir valores negativos e positivo para indicar as estações seca e chuvosa, respectivamente. Os intervalos dos Índices Padronizados de Precipitação Modificada, com as respectivas categorias de umidades e frequências, para Campina Grande, nas escala anual e para os meses da estação chuvosa são mostrados na Figura 19 e Tabela 1, respectivamente.

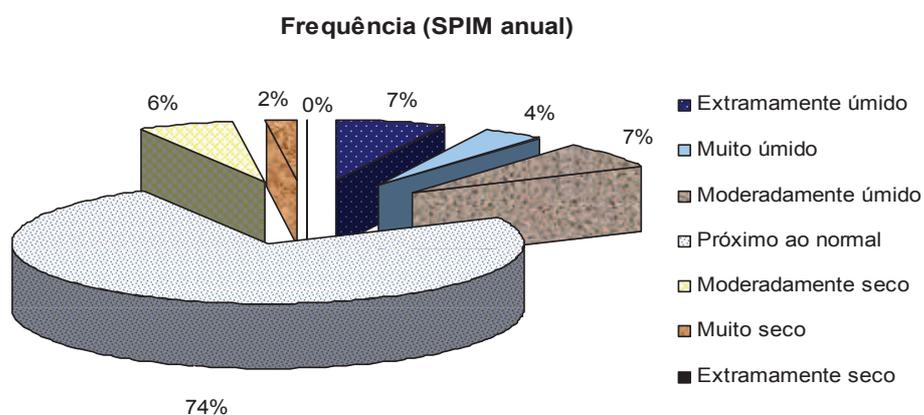


Figura 19. Índices padronizados de precipitação modificada (SPIM) anual, com as respectivas categorias de umidade e frequências relativas (FR, %) para Campina Grande, PB.

Tabela 1. Índices padronizados de precipitação modificada (SPIM), com as respectivas categorias de umidade e frequências relativas médias (FR, %) para os meses da estação chuvosa. Campina Grande, PB, Período: 1911 a 2011.

SPIM	Categorias de umidade	mar	abr	mai	jun	jul	média
$SPIM \geq 2,00$	Extremamente Úmido	5,9	3,0	3,0	6,9	6,0	5,0
$1,50 < SPIM < 1,99$	Muito úmido	5,0	5,9	2,0	3,0	4,0	4,0
$1,00 < SPIM < 1,49$	Moderadamente Úmido	5,0	7,9	12,9	4,0	9,9	7,9
$0,99 < SPIM < -0,99$	Próximo ao normal	73,2	71,3	69,2	77,2	73,2	72,8
$-1,00 < SPIM < -1,49$	Moderadamente Seco	10,9	11,9	9,9	8,9	6,9	9,7
$-1,50 < SPIM < -1,99$	Muito Seco	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,6
$SPIM \leq -2,00$	Extremamente Seco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

O SPIM pode ser usado para monitorar as condições de umidade em diferentes escala de tempo. Essa flexibilidade temporal permite o uso a curto e médio prazo, ou seja, em aplicações agrícola e hidrológica.

Nos meses da estação chuvosa (Tabela 1), a categoria de umidade próxima a normal foi o índice predominante (média superior a 70%), acumulando-se um frequência para os SPIMs positivos em quase 90% dos meses da estação chuvosa. Isso demonstra, portanto, que o monitoramento hídrico na escala mensal, não pelo número de dias com chuvas, há uma predominância de SPIM positivo, embora numa frequência relativamente pequena para as categorias úmidas, o que reflete não somente a baixa quantidade de chuva, mesmo na estação chuvosa, mas irregularidade de distribuição. Contrariamente, as categorias extremas de umidade (muito seco e extremamente seco), cujas frequências são quase nulas.

Os eventos máximos de chuva em 24 horas no período 01.01.1977 a 31.12.2011 são apresentados na Figura 20. Dos dez eventos mais intensos (com mais de 70,0 mm diário), três tiveram mais de 100 mm, sendo o máximo de 110,1 mm, em 17/07/2011, e um mínimo de 79,5 mm (no dia 14.02.11). Destaca-se, ainda, que somente o ano de 2011, contribuiu com a metade dos eventos extremos, nos últimos trinta e cinco anos.

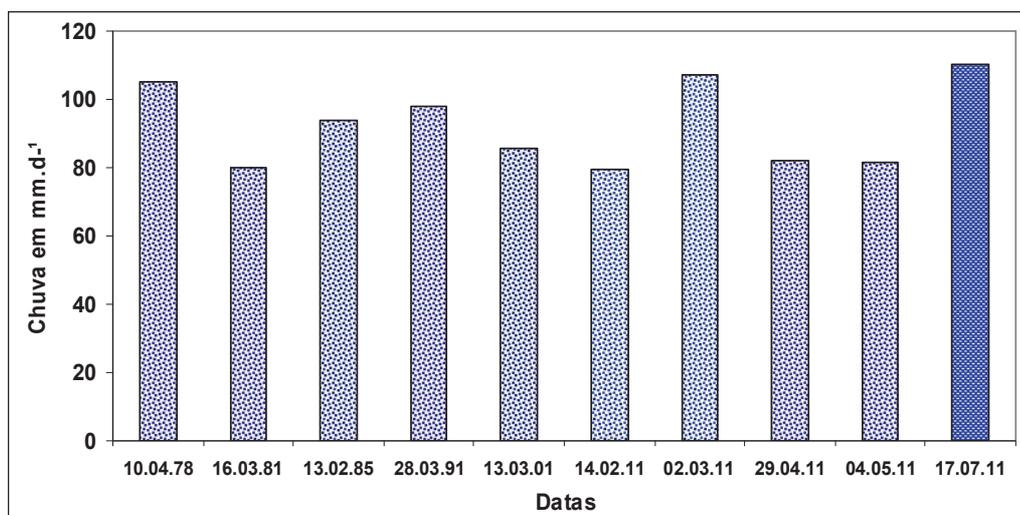


Figura 20. Valores extremos da precipitação máxima em 24 horas, em Campina Grande, PB, no período de 01.01.1977 a 31.12.2011.

Para exemplificar e relacionar a influência da zona de convergência intertropical (ITCZ) com a ocorrência desses eventos de máxima intensidade de chuvas, na Figura 21 é observada as cartas sinóticas de superfície dos dias 03 e 04 de maio de 2011, das 12 e 06 UTC, elaboradas pelo (INPE/CPTEC), mostrando a atuação da ITCZ no Estado da Paraíba (linha tracejada), que resultou num acumulo de chuva de 81,7 mm, em Campina Grande. Esses resultados ratificam a influência da ITCZ no regime pluvial do N e NE do Brasil e, em particular, na parte setentrional do NE brasileiro, como afirmam Molion & Bernardo (2000); Ferreira (2006); Mendonça & Danni-Oliveira (2007); Almeida (2012), dentre outros.

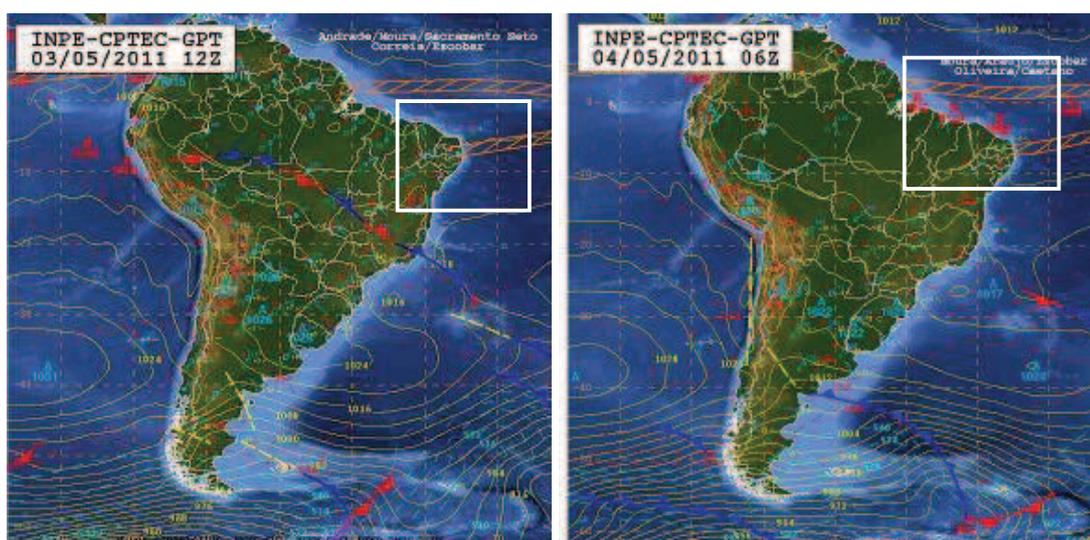


Figura 21. Cartas sinóticas de superfície, das 12 e 06 horas UTC, dos dias 03 e 04 maio de 2011. Fonte: CPTEC/INPE (acessado em 09.02.2012)

Com relação ao pico máximo de chuva, ocorrido em 17.07.2011, as imagens de satélites, na região do Infravermelho Termal (Banda 4 - IR), mostradas nas Figuras 22 mostram as condições e persistência de coberturas de nuvens, durante o dia 17/07/11, o qual registrou um tempo aproximado de treze horas e meia de chuva.

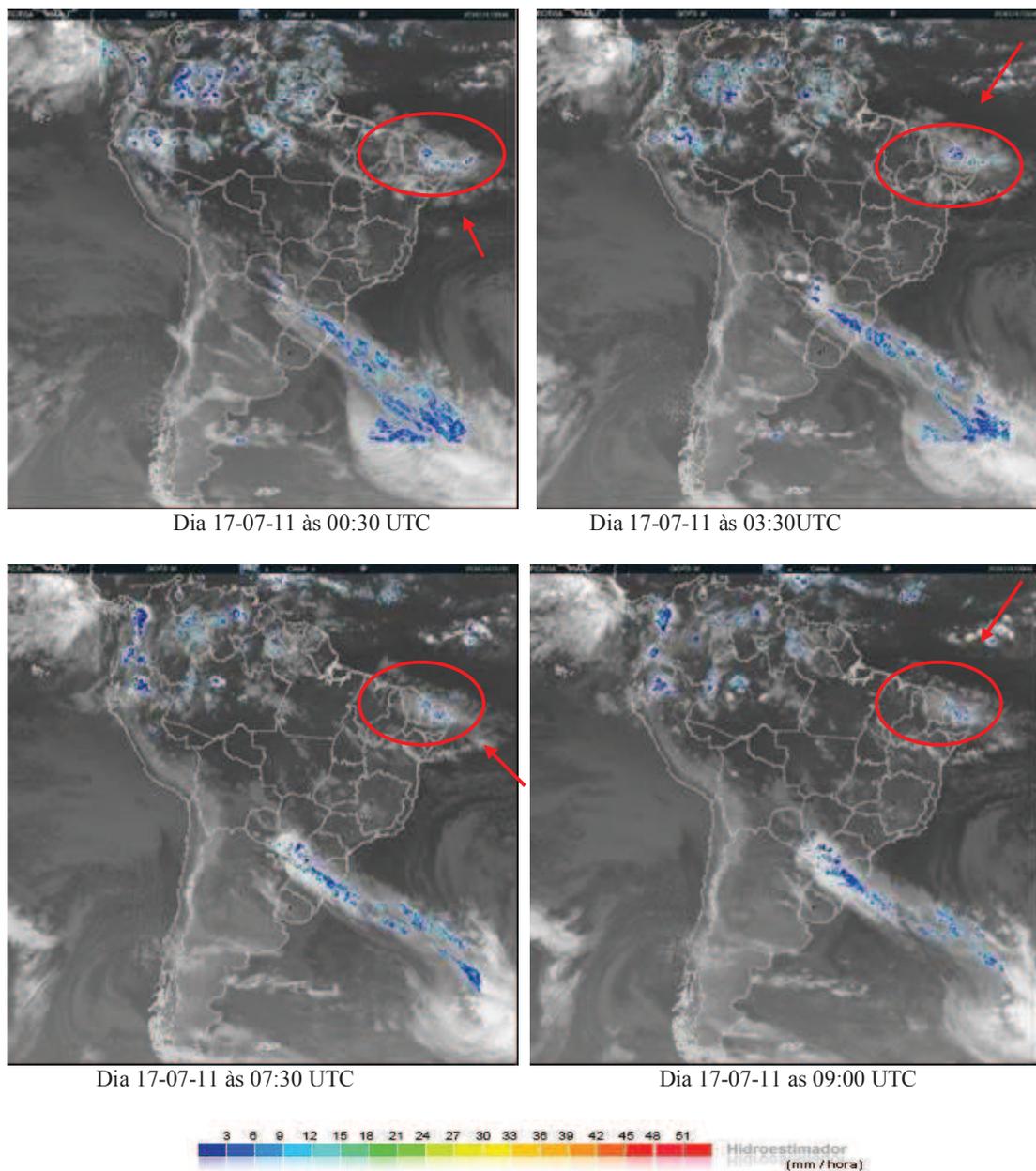


Figura 22. Imagem do Satélite GOES, América do Sul, do topo das Nuvens. Fonte: CPTEC/INPE.

As frequências de ocorrência de eventos diários de intensidade de chuva ( $\geq 30$  mm) são sumarizadas na Figura 23. Observa-se que os meses de fevereiro a abril são os que apresentam as maiores frequências, juntas equivalem a quase de 50%. As principais causas

que explica a ocorrência de chuvas mais intensas nesses meses devem-se ao tipo de precipitação (convectiva), originada de nuvens de grande desenvolvimento vertical e do gênero cumulonimbus, como cita Almeida (2012a e 2012b).

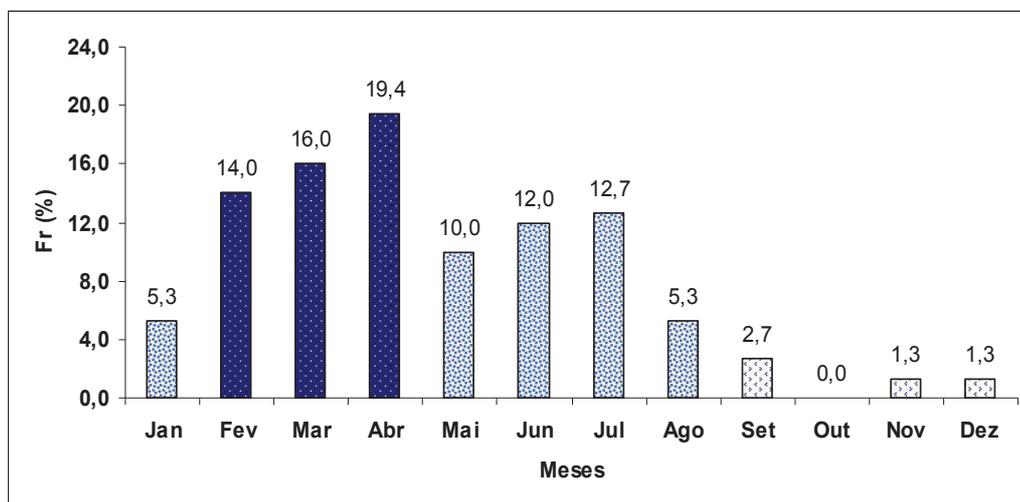


Figura 23. Frequências mensais de eventos extremos de chuva  $\geq 30\text{mm.dia}^{-1}$  em Campina Grande, PB, no período: 1977 a 2011.

Outra característica importante da irregularidade no regime pluvial de Campina Grande pode ser constatada ao comparar as médias mensais da média e mediana, da série, com o valor máximo corrido em um dia (Figura 24). Observa-se que de agosto a março e no mês de julho o valor de chuva ocorrido em um único dia superou a média ou a mediana esperada para os citados meses. Isso mostra, portanto, o quanto é irregular a precipitação pluvial nesta localidade, o que vem a confirmar: “a precipitação pluvial é o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal em qualquer região” como descreveu Almeida (2001); Almeida (2012a).

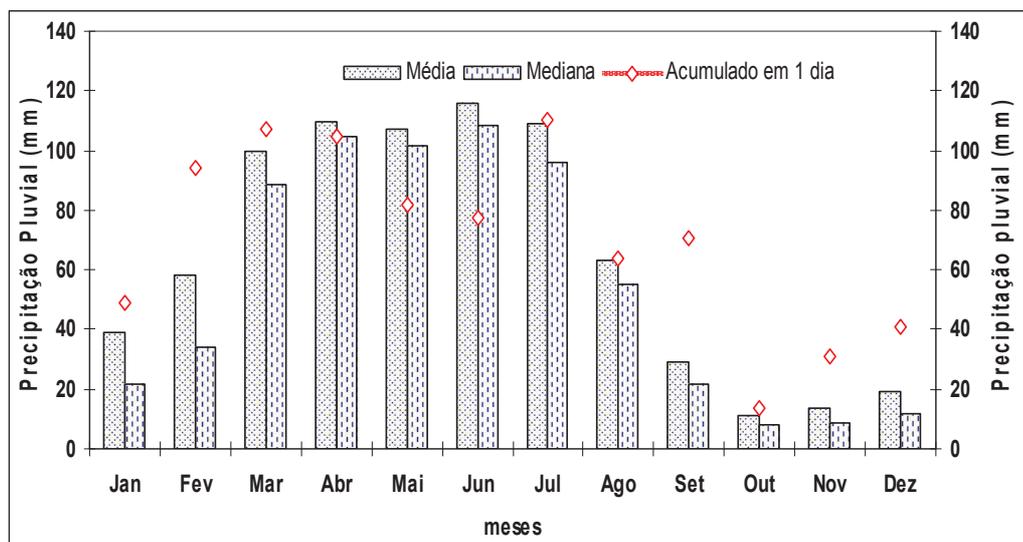


Figura 24. Médias mensais da média e da mediana da precipitação pluviométrica comparadas com os respectivos valores máximos diários em Campina Grande, PB, no período de 1977 a 2011.

A distribuição anual do número de dias com chuva máxima  $\geq 30$  mm, é apresentada na Figura 25. Verifica-se que existem elevadas irregularidades quando se compara um ano com outro, há anos com e sem esse quantitativo máximo diário. Em 1987 e 88, por exemplo, não houve nenhum dia com esse acumulado, enquanto na década de 2000, choveu acima de  $30,0 \text{ mm.d}^{-1}$  em todos os anos. Nota-se que o ano de 2011 foi o que apresentou o maior número de eventos dessa magnitude, totalizando-se catorze. Dos 35 anos analisados, a ocorrência de quatro a cinco eventos, com dias com chuvas  $\geq 30,0$  mm, foi o que mais predominou.

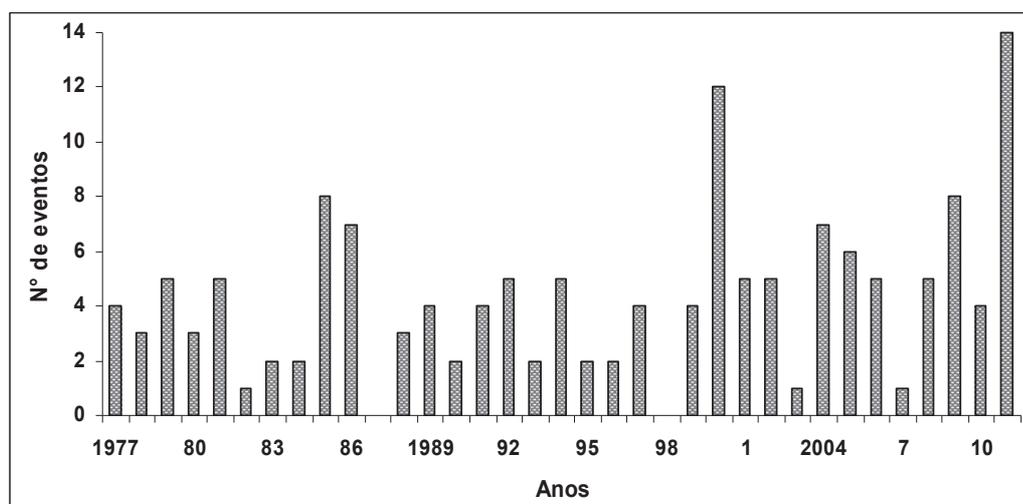


Figura 25. Número de dias com chuva  $\geq 30$  mm em Campina Grande, PB, no período 01.01.1977 a 31.12.2011.

Para facilitar o entendimento, as Figuras 26 e 27, resumem os números de eventos com chuvas diárias  $\geq 30$  mm, agrupados de forma sequencial de cinco em cinco anos e por décadas. Observa-se (Figura 26) que há uma tendência crescente desses eventos a partir de 1987. O final da década de 80 e o início da de 90 (1987-91), foi o que apresentou o menor número de eventos (8,7%), contra 21,3 % do ocorrido nos últimos cinco anos (2007 a 2011).

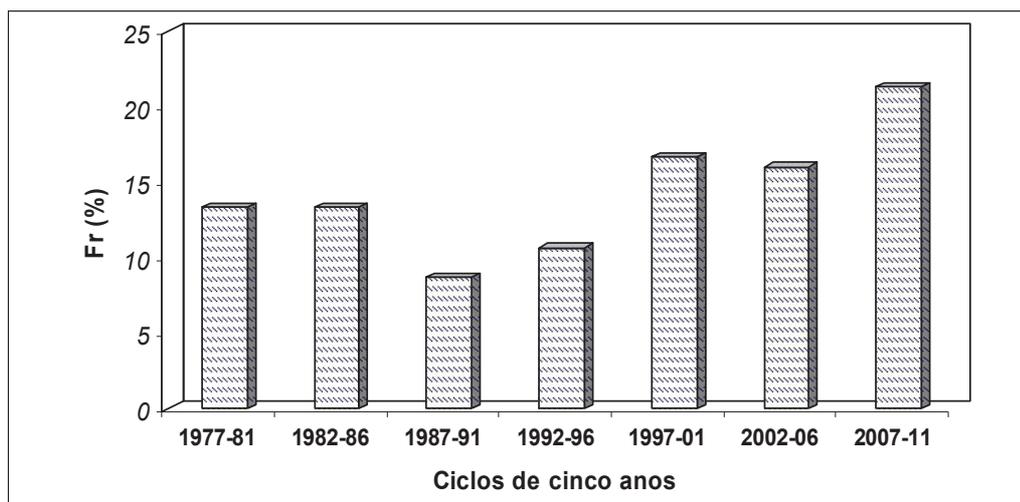


Figura 26. Frequência relativa, em %, do número de dias com chuva  $\geq 30$  mm.dia<sup>-1</sup>, em ciclos de cinco em cinco anos, em Campina Grande, PB.

Na análise por décadas (Figura 27), aponta-se a de 90 a que apresentou a menor frequência de eventos máximos de chuva (25 %), a de 80 foi à intermediária com 29,2 % e a década de 2000 a que apresentou o maior número de repetições, com 55 eventos que equivale a 45,8%; resultados esses já citados por Cabral Júnior, Santos e Almeida, 2011.

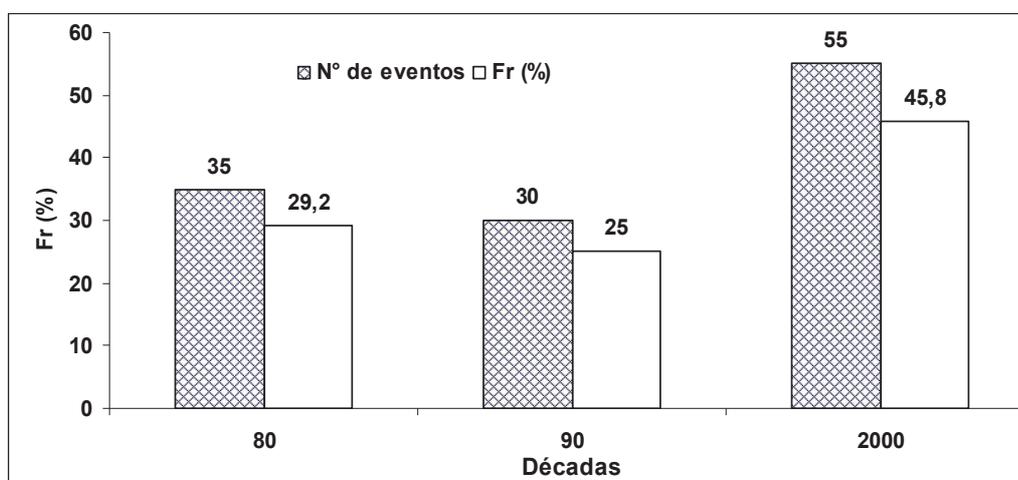


Figura 27. Frequência relativa, em %, do número de dias com chuva  $\geq 30$  mm.dia<sup>-1</sup>, nas três últimas décadas, em Campina Grande, PB.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DO REGIME TÉRMICO EM CAMPINA GRANDE-PB

Os dados médios mensais da temperatura média do ar (tmed) e os seus respectivos desvios padrão são apresentados na Figura 28. Os histogramas da tmed acompanham o movimento anual aparente do sol, crescente de agosto a fevereiro-março e decrescente de abril a julho. Os desvios padrão oscilaram entre 0,4 °C e 0,9°C e julho é o mês mais frio, com uma tmed de 21,3°.

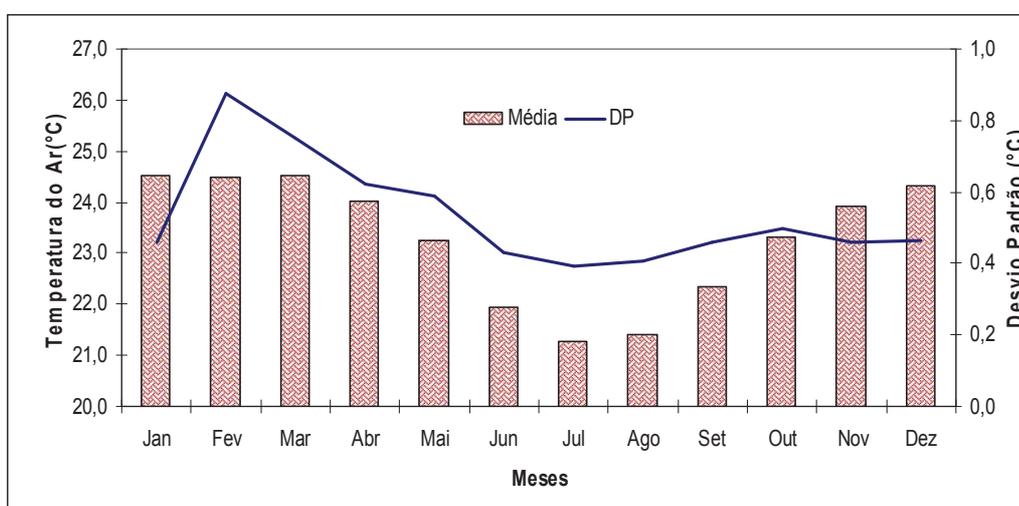


Figura 28. Médias mensais da temperatura média do ar e os desvios padrão em Campina Grande, PB, médias do período: 1980-2011.

Comparando-se a temperatura média do ar nas quatro estações do ano (Figura 29), verifica-se que os maiores e menores valores ocorrem, respectivamente, no verão e inverno, sendo intercaladas pelas tmed nas estações de transição (outono e primavera). As oscilações máximas são respectivamente, de 2,3 e 1,0 °C entre o inverno e o verão e entre outono e primavera.

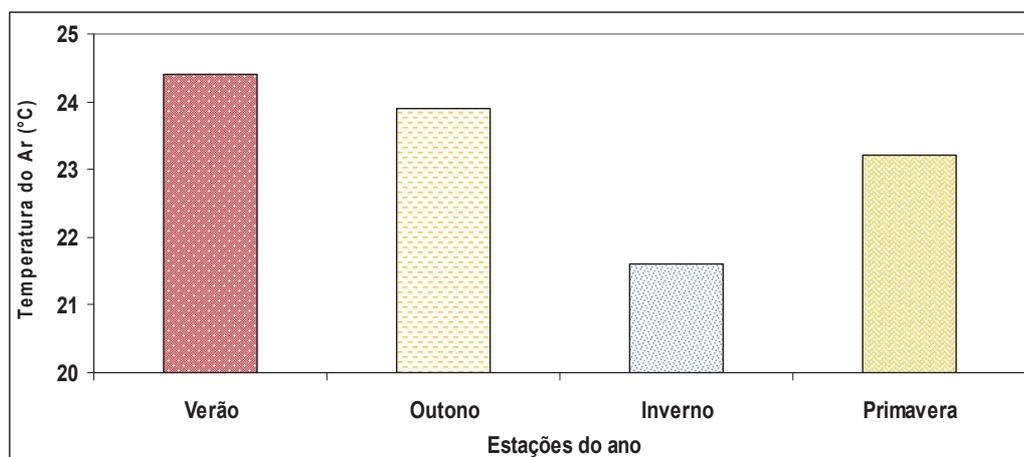


Figura 29. Médias da temperatura média do ar por estação do ano em Campina Grande, PB, médias do período: 1980-2011.

Os desvios relativos entre a temperatura média de cada ano em relação à média da série (1980-2011) são mostrados na Figura 30. Fazendo-se uma análise comparativa simples, constata-se  $t_{med}$  decrescentes ou iguais à média do período entre 1980 e 1992 e crescentes ou iguais à média de 1993 a 2010, cujos desvios relativos foram, respectivamente, negativos e positivos. Partindo-se dessa análise, observa-se nesses dois períodos (Figura 30) uma ligeira tendência de diminuição na  $t_{med}$  de cerca de  $-0,4$  °C seguida por uma acréscimo de igual valor ( $+0,4$  °C), com picos de mínima de  $-0,7$  °C (1986) e máxima de  $1,1$  °C (1998).

Nas décadas de 80 e 90 houve dois e seis anos com desvios relativos positivos, contra oito e quatro com DRs negativos respectivamente. No entanto, a década de 2000 constata-se que nos nove anos a  $t_{med}$  observada foi superior a média da série. Destaca-se, entretanto, que parte dessa tendência provém da oscilação (positiva e/ou negativa) do desvio padrão.

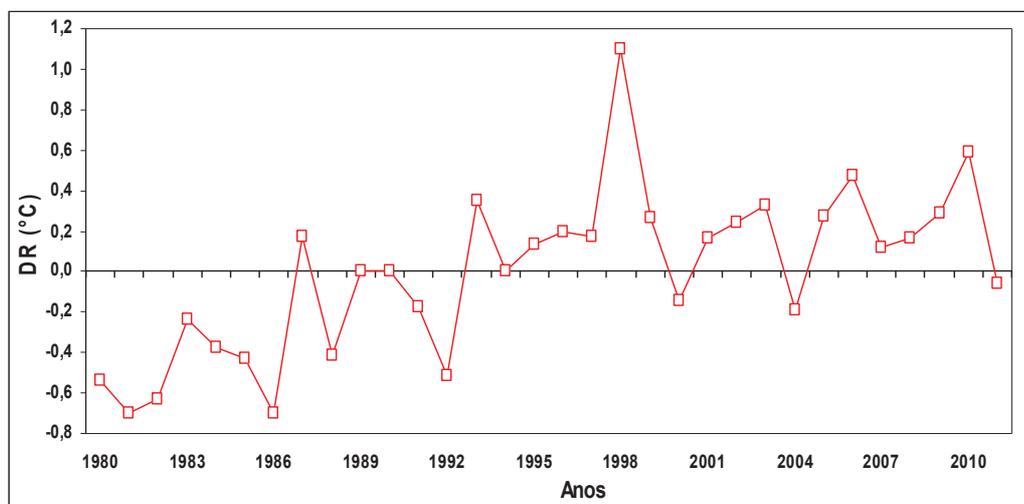


Figura 30. Desvios Relativos (DR) da temperatura média do ar ano a ano em relação à média do período (1980 a 2011) em Campina Grande, PB.

A Figura 31 resume os valores das temperaturas máxima e mínima absolutas, por estação do ano, e as respectivas médias da série.

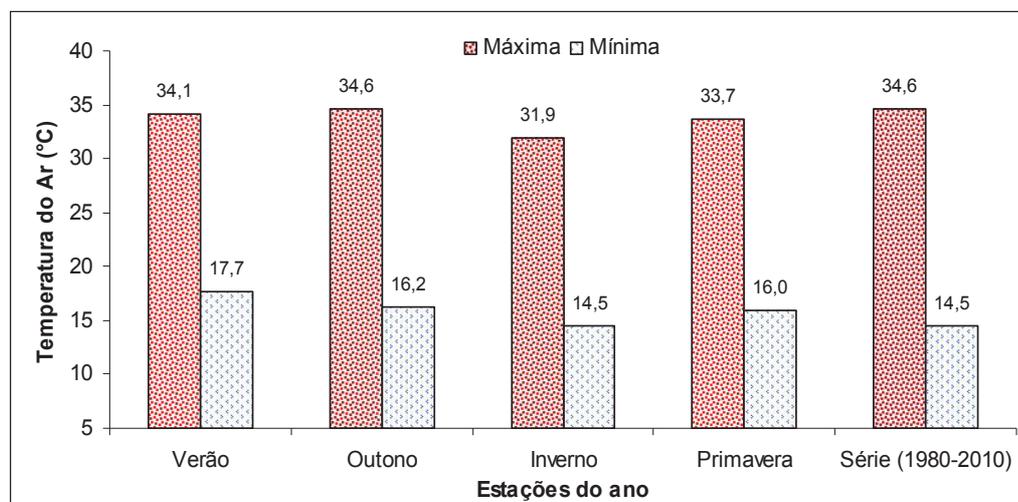


Figura 31. Temperaturas máxima e mínima absolutas observada, em cada estação do ano, para Campina Grande, PB.

O maior valor da temperatura máxima foi de 34,6 °C, registrada no outono (dia 11/03/10) e a menor no inverno (14,5°C) e ocorreu no dia 31/07/81. A maior amplitude absoluta é observada na estação outono, com 18,4°C, e a menor no verão (16,4°C). Constatam-

se, também, que não há muita diferença ao se comparar às temperaturas extremas absoluta, de cada estação do ano, com a média da série.

As curvas médias mensais das temperaturas máximas, médias e mínimas são mostradas na Figura 32. Os perfis térmicos acompanham o movimento anual aparente do sol, com maiores valores no verão e menores no inverno. A média máxima da temperatura máxima foi de 30,6°C, ocorreu em dezembro e janeiro, enquanto que a média mínima da temperatura mínima foi de 18,4°C no mês de agosto.

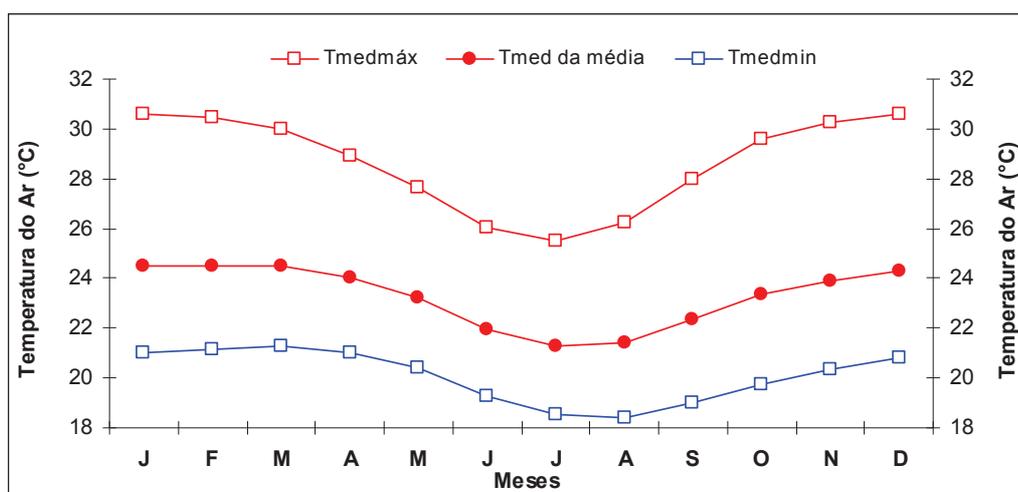


Figura 32. Médias mensais da temperatura máxima, média e mínima em Campina Grande, PB, no período de 1980-2011. Fonte: Almeida (2012b).

Para análises do comportamento térmico, por décadas, utilizou-se o critério da dispersão (média  $\pm$  o desvio padrão), ou seja, a média + DP e a média - DP como mostra as Figuras 33, 34 e 35. Observa-se que em nenhuma das décadas as médias das temperaturas máximas, médias e mínimas superaram as respectivas médias + o desvio padrão.

Quando se compara os valores médios das três décadas com a média mais o desvio padrão, constata-se, também, que tanto a temperatura máxima quanto a média e a mínima foram inferiores a média da série mais o desvio padrão. As dispersões das temperaturas máxima, média e mínima, média na década e nas três décadas, indicam muito mais uma variabilidade térmica local do que um aquecimento e/ou resfriamento em Campina Grande, PB, com aumento nas temperaturas máxima, média e mínima, nas duas primeiras décadas, e com tendência de redução na última década, resultados esses confirmados por Almeida, Santos & Cabral Júnior (2011).

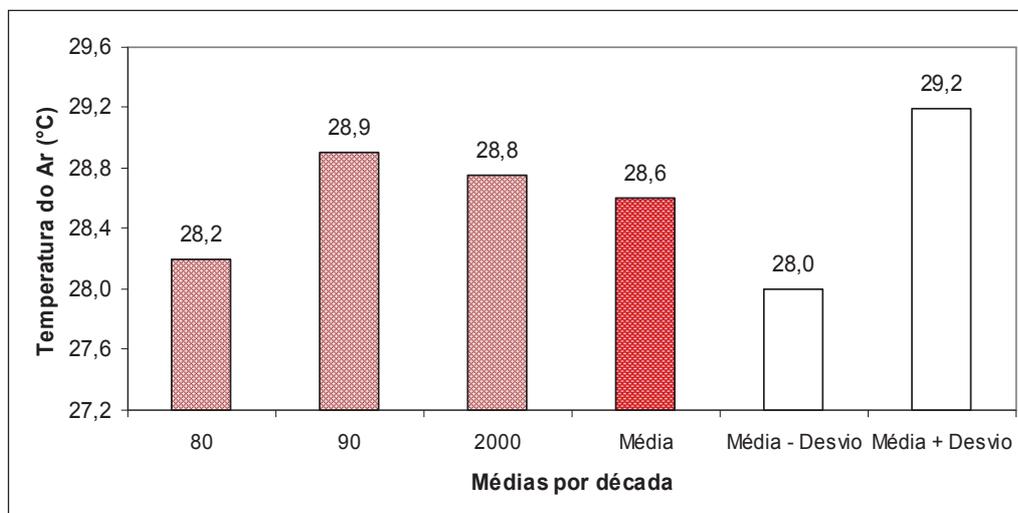


Figura 33. Médias das temperaturas máximas, por décadas, em Campina Grande, PB, comparadas com a média da série, média- DP e média+ DP, no período: 1980 a 2011. Fonte: Almeida (2012b).

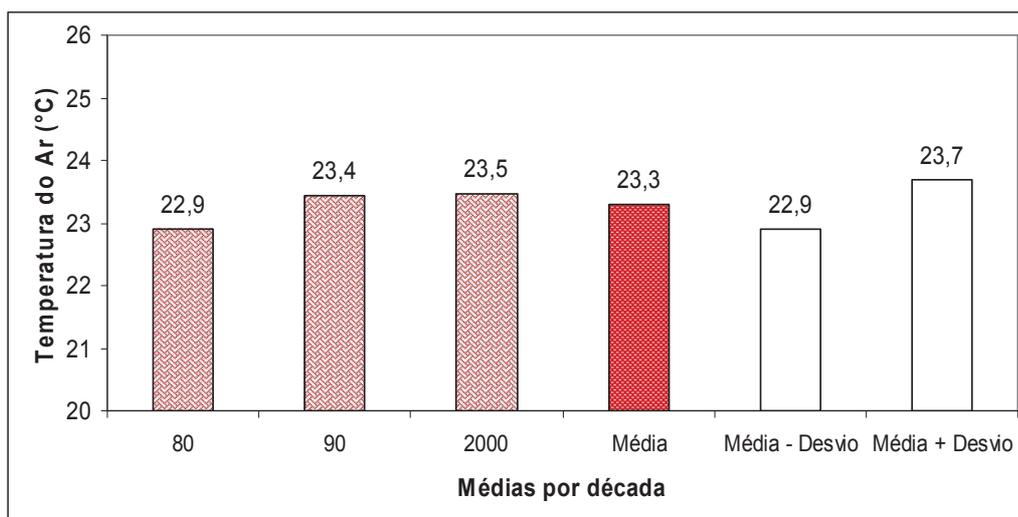


Figura 34. Médias das temperaturas médias, por décadas, em Campina Grande, PB, comparadas com a média da série, média- DP e média+ DP, no período: 1980 a 2011. Fonte: Almeida, Santos & Cabral Júnior, 2011.

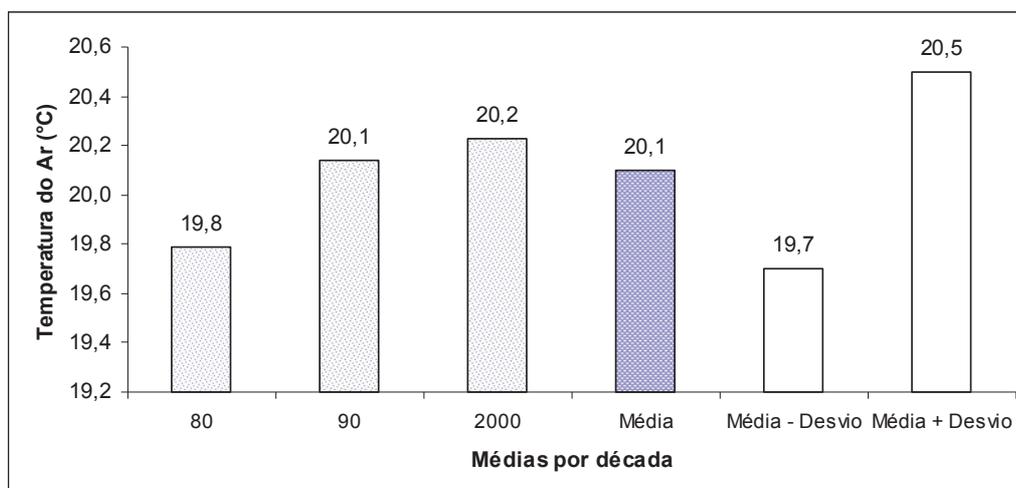


Figura 35. Médias das temperaturas mínimas por décadas, em Campina Grande, PB, comparadas com a média da série, média- DP e média+ DP, no período: 1980 a 2011. Fonte: Almeida (2012b).

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados, para Campina Grande, conclui-se:

- ✓ O regime pluvial mensal é assimétrico e o coeficiente de assimetria é positivo;
- ✓ A mediana da precipitação pluvial é a medida de tendência central mais provável de ocorrer;
- ✓ A estação chuvosa dura cerca de cinco meses (mar-jul) e junho é o mês mais chuvoso;
- ✓ Há estiagens mesmo durante a estação chuvosa;
- ✓ O ano menos chuvoso foi 1952 (331,3 mm) e 2011 o mais chuvoso (1491,8 mm);
- ✓ A irregularidade na quantidade de chuva persiste nas décadas, sendo a de 50, a menos chuvosa e a de 2000, a que choveu mais;
- ✓ A 2ª normal climatológica (1961/90) choveu 17,7% a mais que a primeira (1931/60);

- ✓ As maiores frequências esperadas, dos totais anuais de chuvas ajustadas à distribuição normal reduzida, encontram-se nos pontos médios de classe entre 693 e 796 mm;
- ✓ O modelo da curva da precipitação pluvial é leptocúrtica;
- ✓ Pelo índice padronizado de precipitação modificado, a categoria de umidade predominante é próximo ao normal;
- ✓ A duração de dias com chuvas na estação das chuvas é, em média, de 36 dias;
- ✓ A zona de convergência intertropical (ITCZ) contribui decisivamente com o aumento de chuvas, como as que ocorreram no ano mais chuvoso (2011);
- ✓ As chuvas mais intensas ( $> 30,0 \text{ mm.dia}^{-1}$ ) ocorrem nos meses de fevereiro, março e abril;
- ✓ A década de 2000 foi a que registrou uma maior frequência de eventos de máxima intensidade de chuva;
- ✓ Os meses mais quentes são dezembro, janeiro e fevereiro e os mais frios julho e agosto;
- ✓ Houve aumento das temperaturas máxima, média e mínima, nas três décadas estudadas, mas inferiores as respectivas médias mais os desvios padrão;
- ✓ O maior valor de temperatura foi de  $34,6 \text{ }^\circ\text{C}$  (dia 11/03/10) e a menor  $14,5^\circ\text{C}$  (31/07/81);
- ✓ A maior amplitude térmica ocorre no outono e a menor no verão;
- ✓ Os aumentos nas temperaturas máxima, média e mínima, nas três décadas estudadas, estão associados às variabilidades naturais e não há indícios de aquecimento regional;

## REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ALMEIDA, H. A. de. **Climate, water and sustainable development in the semi-arid of northeastern Brazil**. In: Sustainable water management in the tropics and subtropics and case studies in Brasil, Unikaseel, Alemanha, v.3, p.271-298, 2012a.

\_\_\_\_\_; **Climatologia aplicada à Geografia**. UEPB, Campina Grande, PB, Publicação Didática, 165p, 2012b.

\_\_\_\_\_; SANTOS, A de S.; CABRAL JÚNIOR, J. B. **Aquecimento global na PB? : Mito, fato ou uma realidade cada vez mais próxima**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 17, 2011, Anais..., Guarapari, ES, CD-R.

\_\_\_\_\_; CABRAL JÚNIOR, J. B.; FARIAS, M. P.; CABRAL, L. do N. **Algumas das características da estação chuvosa de Campina Grande, PB**. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 9, 2010, Anais..., Fortaleza, CE, CD-R.

\_\_\_\_\_; SOUZA, J. A., ALCÂNTARA, H. M. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.58-66, 2008.

\_\_\_\_\_; PEREIRA, F. C. **Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água**. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, 2007, Anais..., Aracaju: CD-ROM

\_\_\_\_\_; SILVA, L Determinação das características hídricas da microbacia de drenagem da barragem Vaca Brava. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.77-86, 2008.

\_\_\_\_\_; SOUSA NETO, G. M. de. **Algumas características da precipitação na estação chuvosa do Sertão da Paraíba**. In: 57ª REUNIÃO DA SBPC, 2005. Fortaleza, CE, CD-ROM.

\_\_\_\_\_; SILVA, L. **Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB**. In: I Congresso Intercontinental de Geociências, Fortaleza, CE, 2004, Anais, CD-ROM.

\_\_\_\_\_; **Probabilidade de ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia**. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico no 182, 32p, 2001.

ALVES, T. L. B.; **Determinação de índices de disponibilidade de umidade da microbacia hidráulica do açude dos namorados**. In: Monografia de conclusão de curso de Geografia, UEPB, 58p, 2009.

ARAGÃO, J. O. R. **Um estudo a estrutura das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil**. 1975. 219 p. (INPE-789-TPT/017). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1975.

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

AYOADE, J. E. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Bertrasnd Brasil, 2002.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise da escala temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. **Rev.Bras. de Meteorologia**, v.22, n.2, 255-261, 2007.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 111-113, 1995.

BERNARDO, S.O. **Clima e suas anomalias para a Cidade de Maceió**. TCC, Depto. Física, UFAL, 1999, p.122.

CABRAL JÚNIOR, J. B; SANTOS, E. A.; ALMEIDA, H. A. de,; **Frequências de eventos de máxima intensidade de chuva em Campina Grande, PB**. In: REUNIÃO DA SBPC, 63ª, 2011. Goiania, GO.

\_\_\_\_\_; ALMEIDA, H. A. de. **Frequência de ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar em Campina Grande, PB**. Simpósio Internacional de Climatologia. 2011. João Pessoa, PB.

\_\_\_\_\_; ALMEIDA, H. A. DE,; **Mudança Climática ou Tendência no Regime Pluvial de Campina Grande, PB**. In: XVII Encontro Anual de Iniciação Científica, 2010, Campina Grande -PB. Anais....., 2010.

\_\_\_\_\_; FARIAS, M. P.; CABRAL, L. do N.; ALMEIDA, H. A. de,; **Análise comparativa, por décadas, da precipitação pluvial em Campina Grande, PB**. In: REUNIÃO DA SBPC, 62ª, 2010. Natal, RN.

CASAGRANDE, A.; SILVA JUNIOR, P.; MENDONÇA, F. Mudanças climáticas e aquecimento global: controvérsias, incertezas e a divulgação científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 8, p. 30-44, 2011.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXXIII, **COBENGE 2005-**  
Campina Grande-PB. Disponível em:  
<<http://www.cobenge2005.cct.ufcg.edu.br/localdoevento>> Acesso em 17 de dezembro de 2005.

CONTI, J. B. (1995). **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**. Tese (Livre Docência). Universidade de São Paulo, São Paulo.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). Disponível em: [www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br). Acessado em: 09 fev. 2012.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 14 ed. São Paulo: Saraiva. 1996.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Remígio, estado da Paraíba**/(Orgs.)MASCARENHAS, João de C., BELTRÃO, Breno A., JUNIOR, Luiz C. de S., MORAIS, Franklin de., MENDES, Vanildo A., MIRANDA, Jorge L. F. de., Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/REMI153.pdf>>, Acessado em: 13 nov. 2011.

DEAN, G. A. **Three dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil**. 1971. (LAFE-164). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1971.

FERREIRA, A. G.; **Meteorologia prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

GAN, M. A.; KOUSKY, V .E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, p. 19-28, 1986.

HANSEN, J.; LEBEDEFF, S. Global trends of measured surface air temperature. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 92, n. 11, p. 13345-13372, 1987.

HAYES, M. J.; SVOBODA, M.D.; WILHITE, D.A.; VANYARKHO, O.V. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v.80, n.3, p.429-438, 1999.

HENRIQUE, F. de A. N., **Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande-PB**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – UFCG, Campina Grande, PB, p.102, 2006.

IDEME- **Mapa da Divisão Municipal**. SEPLAN/IDEME/UFPB. João Pessoa, 2009. CD-R. IBGE – Instituto de Geografia e Estatísticas. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em :<[http:// WWW.censo2010.ibge.gov.br/calendarioresult.php](http://WWW.censo2010.ibge.gov.br/calendarioresult.php)>, Acessado em : 06 de jun. 2012.

IPCC TAR, 2001 In: SINGER, Fred S. **Nature, Not Human Activity, Rules Climate: Summary for Policymakers of the Report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change**. 1ª ed. Chicago: The Heartland Institute, 2008.

KARL, T. R.; DIAZ, H.; KUKLA, G. Urbanization: its detection and effect in the United States climate record. **Journal of Climate, Boston**, v. 1, n. 11, p.1099-1123, 1988.

KÖPPEN, W. **Climatología**. Buenos Aires, Fondo de Cultura. p. 152-192, 1948.

KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. **Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic**. Tellus, v. 33, p. 538-551, 1981.

LANNA, A. E. **Elementos de Hidrologia Estatística**. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação. 3ª ed., Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

LOURENÇO, M. C. M., FERREIRA, N. J., GAN, M. A.; Vórtices ciclônicos em altos níveis de origem subtropical. **Revista Climanálise**, Cachoeira Paulista, SP, Edição especial de 10 anos, 1996.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. de S.; SOUSA, F. de A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 8, 7, 105-117, 2011.

MARQUES, V.S., RAO, V.B., MOLION, L.C.B. **Interannual and seasonal variation in the structure and energetics of the atmosphere over Northeast Brazil**. Tellus, 35 A, p.136-148, 1983.

MARUYAMA, S. **Aquecimento Global?** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

McKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration of time scales. **Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society**, Jan 17-22, Anaheim CA, p.179-186, 1993.

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

MOLION, L. C. B ; & BERNARDO, S. O. **Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro**. Congresso Brasileiro de meteorologia, p. 1334-42, 2000.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. **The climatologic of drought prediction**. Kluwer Academic Publishers. The impact of variation on agriculture, V. 2, 1988.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL: Drought and agriculture. WMO Tech. Note 138, Publ. WMO-392, Geneva, Switzerland, 127p. 1975.

PALMER, C.E., 1951. **On high-level cyclones originating in the tropics**. Transactions of American Geophysics Union, 32(5):683-695.

PETERSON, T. C., VOSE, R. S. **An Overview of the Global Historical Climatology Network**. Temperature Database. Bull. Am. Met. Soc., n. 78, 2837–284, 1997.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

RAMÍREZ, M. C. V.; Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Geof.** vol.17 n.1 São Paulo. Mar. 1999.

SANT'ANNA NETO, J. L.; FANTE, K.; FRANK, T. **Estrutura térmica das cidades de porte médio do estado de São Paulo**. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 9, 2010. Fortaleza, CE, CD-R.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JÚNIOR, J.C.F. Modelos para Estimativas das Temperaturas Normais Mensais Médias, Máximas, Mínimas e Anual no Estado de Minas Gerais. **Rev. Eng. Agricultura**, 1998, pp. 57-61.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, vol.11, no.1, p.67-72, 2007.

SPIEGEL, M. R., 1972. **Estatística**. McGraw-Hill, São Paulo, 580p.

WILHITE, D. A. Drought as a natural hazard: Conceptions dos Índices de Seca de Palmer (PDSI) e da Precipitação and definitions. In: WILHITE, D. A. Drought : A global Normalizada (SPI) em Piracicaba, SP (1917 – 2001). **Revista Assessment**. Nebraska: Routledge, p. 111– 120, 2000.

XAVIER, T. Ma. B. S. ; SILVA, J. F. ; REBELLO, E. R. G. . **A Técnica dos Quantis e suas Aplicações em Meteorologia, Climatologia e Hidrologia em Regiões Brasileiras**. Brasília-DF: THESAURUS EDITORA DE BRASÍLIA LTDA., 2002. v. 1. 144.

\_\_\_\_\_; XAVIER, A. F. S.; DIAS, P. L. da S.; DIAS, Ma. A. A zona de convergência intertropical - ZCIT e suas relações com a chuva no ceará (1964-98). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.1, 2000.

\_\_\_\_\_; XAVIER, A. F.S. **Análisis espacial de regímenes pluviales en la región nordeste de Brasil**. In: INTERNAT. CONF. SOUTHERN HEMISP. METEOROLOGY, 1, 1983, São José dos Campos – Brasil. Proceedings... Boston: American Meteorol.Society. Boston. P. 147-49.

\_\_\_\_\_; XAVIER, A. F. S.; Análise espacial de padrões pluviométricos para a região nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2, 1982, Pelotas-RS. **Anais ...**, v.3, p.239-74.