

ACSA

**Agropecuária Científica  
no Semiárido**



### **O clima urbano e seus impactos em Parnaguá - PI**

Valneli Silva Melo\*<sup>1</sup>, Raimundo Mainar Medeiros<sup>1</sup>, Leandro Fontes Sousa<sup>1</sup>, Edicarlos Pereira Sousa<sup>1</sup>, Francisco de Assis Salviano Sousa<sup>1</sup>

Recebido em 29/01/2016; Aceito para publicação em 10/10/2016

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: valnelismello@hotmail.com

**RESUMO:** Objetivou-se com o trabalho identificar variações e tendências mensais e anuais das variáveis meteorológicas: temperaturas máxima e mínima do ar, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, número de dias com chuva, insolação total, intensidade vento e cobertura de nuvens no município de Parnaguá – PI. Utilizou-se das seguintes funções distribuição teórica de probabilidade: Weibull, Log-normal e Logística para o ajuste dos valores das variáveis supracitadas. Foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov (KS) para verificar o ajuste das funções teóricas. As quatro distribuições teóricas de probabilidade ajustadas aos extremos anuais de precipitação, dias com ocorrência de chuvas, temperatura máxima e mínima do ar, insolação total e umidade relativa do ar, cobertura de nuvens e intensidade do vento, utilizou-se dos métodos de máxima verossimilhança para estimar os parâmetros das distribuições. O teste Kolmogorov-Smirnov (KS) foi usado para comparar os ajustes e selecionar as melhores distribuições teóricas. Os ajustes também foram avaliados em gráficos. A distribuição Logística foi a que melhor se ajustou a precipitação e dias com ocorrências de chuvas. A distribuição de Weibull foi a de melhor ajuste as insolação total e umidades relativas do ar. A distribuição generalizada de valores extremos foi a que melhor se ajustou a temperatura do ar máxima e mínima. A distribuição Beta 4 ajustou-se a intensidade do vento e a cobertura total de nuvens. Os resultados mostram aumento da temperatura máxima e da temperatura mínima, condição importante para o processo de desertificação na área estudada. Essa condição provoca estresse hídrico nas culturas agrícolas e em consequência baixa produção.

**Palavras-chaves:** elementos meteorológicos e climáticos, impactos ambientais, teste Kolmogorov-Smirnov

### **Urban climate and its impacts on Parnaíba - PI**

**ABSTRACT:** The objective of the work was to identify variations and monthly and annual trends of the meteorological variables: maximum and minimum temperatures of the air, precipitation, relative humidity, number of days with rain, full sunlight, wind intensity and cloud cover in the municipality of Parnaguá - PI. We used the following functions theoretical probability distribution: Weibull, Log-normal and Logistics for the

adjustment of the above variables values. We used the Kolmogorov-Smirnov (KS) test to check the fit of the theoretical functions. The four theoretical probability distributions fitted to annual extreme precipitation, days with rainfall, maximum temperature and minimum air, full sunlight and relative humidity, cloud cover and wind intensity, we used the maximum likelihood methods to estimate the parameters of the distributions. The Kolmogorov-Smirnov (KS) test was used to compare the fit and selecting the best theoretical distributions. Adjustments were also evaluated in graphics. Distribution Logistics was the best fit precipitation and days with rain events. The Weibull distribution was the best fit the full sunlight and relative humidity of the air. The generalized extreme value distribution was the best fit to the temperature maximum and minimum air. 4 Beta distribution set the intensity of the wind and complete cloud cover. The results show increased maximum temperature and minimum temperature, an important condition for the process of desertification in the study area. This condition causes water stress on crops and consequently low production.

**Keywords:** meteorological and climatic elements, environmental impacts, Kolmogorov-Smirnov test.

## INTRODUÇÃO

O clima é formado por vários elementos como precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade do ar, vento (intensidade e direção predominante) insolação e outros, são importantes analisar a ação desses no ambiente. A variabilidade é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, e o impacto produzido por essa variabilidade, mesmo dentro do esperado pode ter reflexos significativos nas atividades humanas. Porém vale ressaltar que as anomalias podem desestruturar tanto o sistema ambiental, quanto o socioeconômico (COMDEPI, 2002).

O meio ambiente é constituído por um conjunto natural de componentes bióticos e abióticos em constantes e complexas interações. Nessas relações mútuas, o clima atua sobretudo como fator dessas interações. O clima de toda e qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo, não se apresenta com as mesmas características em cada ano segundo Soriano (1997).

Em região de clima de áreas próximas contrastantes (de um lado chuvoso do outro semiárido), como o Nordeste do Brasil (NEB) e em especial

o estado do Piauí, o monitoramento térmico é muito importante para tomada de decisões que tragam benefício para população. O conhecimento histórico das condições climáticas é importante para efetuar o planejamento dos cultivos e o manejo a ser realizado durante o ciclo da cultura, observando-se cuidadosamente a variabilidade térmica e sua intensidade, o que pode ser evitado, ao máximo a ocorrência da temperatura do ar destaca-se na condução de estudos concernentes à ordenação agrícola, uso do solo, zoneamento ecológico e aptidão climática, época de semeadura, estimativa do ciclo das culturas e do bem estar da população, dentre outras de conformidade com Oliveira Neto et al., (2002).

O que caracteriza a instabilidade e/ou estabilidade climática extrema é a perseverança de um padrão climático global por algumas semanas. Quando a variabilidade é mínima os valores extremos são produzidos de forma menos intensa. A precipitação é um dos fatores que mais causa variabilidade e em consequência, desastre ambiental (alagamento, queda de barreira, assoreamento dos rios e erosão do solo).

Já no caso de seca, o estabelecimento do desastre ambiental se dá de forma lenta e gradual.

A variabilidade climática exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas de uma região, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que, entender seu comportamento pode facilitar as atividades humanas. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades agropecuárias, impactando diretamente nas atividades econômicas de uma região, estado e país (Sleiman e Silva, 2008).

Melo et al. (2015) mostraram que são importantes os planejamentos urbano, rural e ambiental, bem como o armazenamento de água para múltiplos fins. O trabalho identificou variações e tendências mensais e anuais das variáveis meteorológicas: temperaturas máxima e mínima do ar, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, número de dias com chuva e insolação total no município de Bom Jesus – PI. Os autores utilizaram as seguintes funções de distribuição teórica de probabilidade: Weibull, Log-normal e Logística para o ajuste dos valores das variáveis supracitadas. Utilizaram o teste Kolmogorov-Smirnov (KS) para verificar o ajuste das funções teóricas. Os resultados mostraram aumentos da temperatura máxima e redução da temperatura mínima, condição importante para o processo de desertificação na área estudada. Essa condição provoca estresse hídrico nas culturas agrícolas e em consequência baixa produção

Medeiros et al. (1989) realizaram estudo com a variabilidade da umidade relativa do ar para o NEB e delimitou os regimes úmidos para a

referida área. Medeiros et al., (2006) delimitou dois regimes de umidades relativas atuantes no Estado do Piauí. Para isso, utilizou-se de dados de umidade relativa do ar convencionais e interpolados das estações que operam no Estado, na determinação das médias mensais e anuais. Observando o comportamento da umidade relativa para cada município ao longo do ano, foi possível delimitar três regimes, baseados nos trimestres mais úmidos.

Medeiros et al., (2012) calcularam a temperatura do ar média diária com o emprego de diferentes metodologias para os municípios de Parnaíba, Picos e Gilbués localizados, respectivamente, na área litorânea, na região central do Estado do Piauí e pertencente à região semiárida, em terras do cerrado e desertificada. Foram utilizados quatro métodos para o cálculo da temperatura média diária do ar, sendo adotado como padrão o recomendado pelo INMET. Os quatro métodos avaliados em relação ao padrão possuíram desempenho classificado como “Muito bom e Ótimo”, com índice de confiança variando entre 0,83 a 0,98. Os resultados ainda indicam que nas condições climáticas da região de estudo os quatro métodos avaliados em relação ao padrão (INMET) podem ser utilizados nas estimativas das temperaturas médias diárias do ar.

A precipitação pluvial passa a ser a única fonte de suprimento de água. Por isso, ao escoar superficialmente a água é barrada em pequenos açudes e usada para o abastecimento. Além disso, muitas vezes, uma pequena fração é captada e armazenada em cisternas para fins potáveis. No entanto, este elemento do clima é extremamente variável tanto em magnitude quanto em distribuição espacial e temporal para qualquer região e, em especial, no nordeste do Brasil conforme ALMEIDA E SILVA, (2004); ALMEIDA E PEREIRA (2007).

As constantes mudanças no clima estão provocando aumento nas ocorrências de eventos climáticos extremos no mundo inteiro. No Brasil, esses eventos ocorrem, principalmente, como enchentes (fortes chuvas) e secas prolongadas conforme Marengo et al., (2010). No Nordeste do Brasil (NEB) os impactos são ainda maiores devido à grande variabilidade na ocorrência de precipitação dessa região. Os principais sistemas responsáveis pela ocorrência de precipitação no NEB são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Linha de Instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Brisas (Marítima e Terrestres) e as Perturbações Ondulatórias nos ventos Alísios (POAS) em conformidade com os autores Molion e Bernardo (2002). O El Niño – Oscilação Sul (ENOS) é outro modo de variabilidade climática que influencia na ocorrência de precipitação do NEB.

O processo de crescimento urbano acelerado é alvo de estudos para fins de avaliação da dinâmica da paisagem, pelas transformações ocorridas nas últimas décadas no Brasil desde o processo de integração das regiões interioranas do país ao espraiamento da indústria em direção as cidades médias segundo Stamm et al. (2010). O aquecimento urbano pode receber influência dos ventos, da baixa umidade e também do aumento do nível do mar. A vegetação urbana ameniza a temperatura e proporciona à população um melhor conforto ambiental, pois os centros urbanos produzem maiores alterações no clima local e regional, enquanto que áreas arborizadas apresentam clima diferenciado e, por decorrência, mais ameno.

É constatado o aumento da temperatura nos centros urbanos, ocasionado pela maneira com que estes são construídos, sem um planejamento adequado, principalmente em relação ao

aproveitamento dos próprios recursos naturais para propiciar conforto térmico nas cidades de acordo com Almeida (2005). O conforto ambiental é um dos fatores climáticos que interferem na qualidade de vida das pessoas. Uma das grandes preocupações da comunidade científica na última década diz respeito às alterações climáticas e suas consequências para a humanidade

O aquecimento nas cidades é fato intra e interurbano que vem ocorrendo desde os primórdios da civilização, em desempenho da falta de planejamento urbano, envolvendo agressões ao meio natural. As ilhas de calor são integradas à cidade, mesmo que sejam pequenos aglomerados urbanos, pois as construções civis verticais, novos bairros, cobertura asfálticas em grandes proporções, a ausência da arborização e a compactação do solo vem gerando ilha de calor proporcional ao crescimento urbano.

Muitas tendências de aquecimento observadas nos registros meteorológicos expressam mais os efeitos urbanos locais do que o aquecimento global da atmosfera. As ilhas de calor oriundas da urbanização produz o aquecimento da atmosfera que afeta os registros de temperatura. Existem vários trabalhos mostrando que o impacto da urbanização pode superar o aquecimento global de conformidade com os autores JONES et al., (1986); HANSEN E LEBEDEFF, (1987) e KARL et al., (1988).

Objetivam-se analisar as oscilações climáticas dos elementos meteorológicos e climáticos como precipitação, dias com ocorrências de chuvas, insolação, umidade relativa do ar, cobertura de nuvens, intensidade do vento e as flutuações das temperaturas máximas e mínimas do ar no município de Parnaguá – PI, fornecendo subsídios seguros aos tomadores de decisões e as autoridades municipais, estadual e Federal para uma realização de

planejamentos rurais, urbanos, abastecimento e representamento de água, geração de energia, a agropecuária e irrigação visando o desenvolvimento real e sustentável.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo compreende o município de Parnaçuá, está localizado

na microrregião da Chapada Extremo Sul Piauiense com suas respectivas coordenadas geográficas na latitude de 10°13' sul e na longitude de 44°38' e 316 metros de altitude (Figura 1), sua área territorial é de 3.429,3 Km<sup>2</sup>, com uma população de 10.273 habitantes (IBGE, 2010).



Figura 1 - Localização do município dentro do Estado.

A agricultura praticada no município é baseada na produção sazonal de arroz, feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar.

Os tipos climáticos predominante no estudo são: para o cenário Seco predomina o clima árido; no cenário regular a predominância do clima é do tipo semiárido, e no cenário chuvoso e médio predomina o clima Subúmido seco. De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é do tipo Aw', tropical quente e úmido, com chuvas no verão e seca no inverno. As chuvas são formadas pelas penetrações dos vestígios das frentes frias, as contribuições das Zonas de Convergência do Atlântico Sul e os ventos alísios de sudeste, a contribuição da formação do vórtice ciclônico de altos níveis a troca de calor e os efeitos locais.

O estudo do comportamento temporal espacial da pluviosidade diária e mensal utilizados neste trabalho foi adquirido da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Empresa de extensão Rural do Estado do Piauí e Instituto Nacional de Meteorologia onde se complementou os referenciados dados para a área de estudo.

Para as plotagens dos dados e elaboração dos gráficos e tabelas utilizou-se do software em planilhas eletrônicas do Excel. Utilizaram dos dados observados nos horários sinóticos e aplicaram-se algumas estatísticas como média, desvio padrão, cálculos dos valores máximos e mínimos absolutos e coeficiente de variância com a finalidade de obterem-se os resultados.

Os dados de temperaturas máximas e mínimas foram estimados

(por não existir estação meteorológica) pelo software Estima\_T, (Cavalcanti et al., 1994, 2006) estando disponível no site da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimamat.htm>

Utilizou-se dos dados diários de umidade relativa do ar convencional e interpolados das estações que operam no Estado. Foram escolhidas as estações com 10 ou mais anos de observações. Tal critério foi adotado por se considerar a umidade do ar de pouca variabilidade comparada à precipitação.

A partir destes critérios interpolaram-se os referidos dados para aos municípios circunvizinhos, levando-se em consideração a sua distância dos pontos originais. O período de dados estudados compreende a série de 1960 a 2014.

Os valores de insolação foram estimados a partir do Atlas de irradiação do Brasil elaborado pelo INMET (1998), levando-se em consideração o banco de figuras climatológicas do referido órgão e sua complementação utilizando regressões com os devidos cuidados de checar os valores com a climatologia.

A cobertura de nuvem foi estimada a partir das imagens de satélites. Realizaram-se também interpolações para verificação da referida estimativa e a realização do teste de correlação entre os valores estimados e os valores das normais climatológicas do INMET, (2009).

A intensidade do vento foi calculada através da escala Beaufort em  $\text{ms}^{-1}$ , os técnicos do EMATERPI municipais colaboram nesta estimativa, salientamos que não foram computadas as rajadas de vento, que são muito frequentes durante o tempo.

Dadas às informações climatológicas e dinâmicas do nordeste

do Brasil, o município de Parnaguá tem seu clima controlado pela variabilidade espacial e temporal da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e pelos vestígios das frentes frias (VFF), contribuição dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN), desde que seu centro esteja no oceano, as formações e intensificações das linhas de instabilidade (FILI) e dos aglomerados convectivos (AC), auxiliado pelos ventos alísios de sudeste (ASE), a convergência de umidade (CU) e a troca de calor sensível por latente e vice-versa.

Nos últimos anos a cidade de Parnaguá tem sofrido mudanças em seu clima. Em anos em que ocorre o fenômeno El Niño a temperatura do ar aumenta, bem como a sensação térmica, sempre superior aos 38 °C. Além disso, concentra os dias com chuvas extremas nos meses de janeiro e fevereiro. Já o fenômeno La Niña provoca efeito contrário, traz alívio para a cidade, haja vista que há aumento dos índices de precipitação pluvial e redução da temperatura do ar. Em anos de La Niña o período chuvoso inicia em outubro e finda em março.

Com a aquisição, levantamento e sua organização nos dados, foram desenvolvidos os modelos matemáticos e estatísticos empregando-se de programa em planilhas eletrônicas do Excel. Para as análises estatísticas aplicaram-se os métodos de regressão linear estimaram os coeficientes da regressão obtidos ao nível de 5%, por meio das médias móveis, usou-se diferentes distribuições de probabilidade, escolhidas entre as mais frequentemente utilizadas, incluindo a Weibull, a logística, a beta com 4 parâmetros e a GEV, respectivamente, as funções de densidade de probabilidade acumulada como descrito abaixo:

$$P(x) = 1 - \exp(-\alpha x^\beta) \quad (\text{Weibull})$$

$$P(x) = \frac{1}{1 + \exp\left\{\frac{\pi(x-\mu)}{\sigma\sqrt{3}}\right\}}, x, \mu \in \mathbb{R}, \sigma > 0 \quad (\text{Logística})$$

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \frac{(x-c)^{\alpha-1} (d-x)^{\beta-1}}{(d-c)^{\alpha+\beta-1}}, \text{ com } \alpha, \beta > 0, x \in [c, d] \quad (\text{Beta4})$$

A distribuição beta4 é obtida por transformação de uma variável de tal modo que a distribuição é sobre um

intervalo [ c , d ] em que c e d pode assumir qualquer valor.

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right]^{\left( \frac{1}{\xi} \right)} \right\} \quad (\text{GEV})$$

Definida em,  $-\infty < x < \mu - \sigma/\xi$ , para  $\xi < 0$  e  $\mu - \sigma/\xi < x < \infty$ , para  $\xi > 0$ , sendo  $\mu, \sigma$  e  $\xi$  os parâmetros de posição, escala e de forma respectivamente, com  $\sigma > 0$ .

Os ajustes e a seleção das melhores distribuições teóricas foram feitos por teste Kolmogov-Smirnov, que compara as distribuições empíricas acumuladas com as teóricas. O Teste Kolmogorov-

Smirnov mede a distância máxima entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os valores associados à distribuição hipoteticamente verdadeira. A estatística do teste é dada por D, representando a diferença máxima entre as funções acumuladas de probabilidade teórica (F(x)) e empírica (F(a)), o teste apresenta a seguinte forma:

$$D = \text{máx} |F(x) - F(a)|$$

A aceitação do ajuste dos dados à função pretendida será exigente, visto que será considerado o nível de significância de 5%.

Desta forma, foi possível inferir se ocorrem, e quando, tendência numa determinada série histórica para a amostra estudada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista as análises das ocasionais tendências nas variáveis climáticas do município de Parnaguá, o qual se adotou o procedimento dos cálculos das médias móveis e os cálculos da regressão linear tendendo o ajuste do comportamento das séries histórico o que os levou a fazer-se um pré-julgamento da eventual ocorrência das suas tendências.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para averiguar a adequação dos dados utilizados à distribuição de probabilidade. A distribuição de Weibull foi a que melhor se ajustou a

insolação anual e a umidade relativa do ar. Os testes mostraram que a distribuição de Logística foi a que melhor se ajustou aos dados de precipitação total anual e número de dias chuvas anual. A distribuição GEV foi a de melhor ajuste aos extremos de temperaturas máximas e mínimas do ar anual. A cobertura de nuvem e a intensidade do vento foram bem ajustadas pela distribuição Beta 4. Os resultados das diferentes análises das séries de dados apresenta concordância entre os testes estatísticos aplicados, que indicaram mudanças significativas nas séries dos dados anuais.

Tabela 1 - Resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov e da análise de regressão linear em Parnaguá – PI no período de 1960 a 2014

Variáveis Analisadas	Teste Kolmogorov-Smirnov (P-valor)	Coefficiente angular
Insolação Anual	0,95 (Weibull)	0,3966
Umidade Relativa do ar Anual	0,85 (Weibull)	-0,257
Precipitação Anual	0,89 (Logística)	-9,8652
Número Dias Chuva Anual	0,90 (Logística)	-0,6553
Temperatura Máxima do ar Anual	0,97 (GEV)	0,0103
Temperatura Mínima do ar Anual	0,95 (GEV)	-0,0094
Cobertura de nuvem anual	0,99 (Beta 4)	-0,006
Intensidade vento	0,11 (Beta 4)	-0,0368

Na Figura 2 (A) tem-se a Distribuição de Probabilidade acumulada Weibull para a variabilidade da insolação total. Esta distribuição apresentou coeficiente angular de 0,3966, com teste de significância KS com valor de 0,95. Na Figura 2 (B) obteve-se coeficiente angular negativo de -0,257 com teste de significância KS com valor de 0,85 para a variabilidade da umidade relativa do ar. O teste de

significância KS com valor de 0,89 com um coeficiente angular negativo de -9,8652 para a precipitação total anual para a Probabilidade acumulada Logística conforme Figura 3 (A). Figura 3 (B) a distribuição de Probabilidade acumulada Logística para dias com ocorrências de chuvas para o teste de significância foi de 0,90, com coeficiente angular de -0,6553.

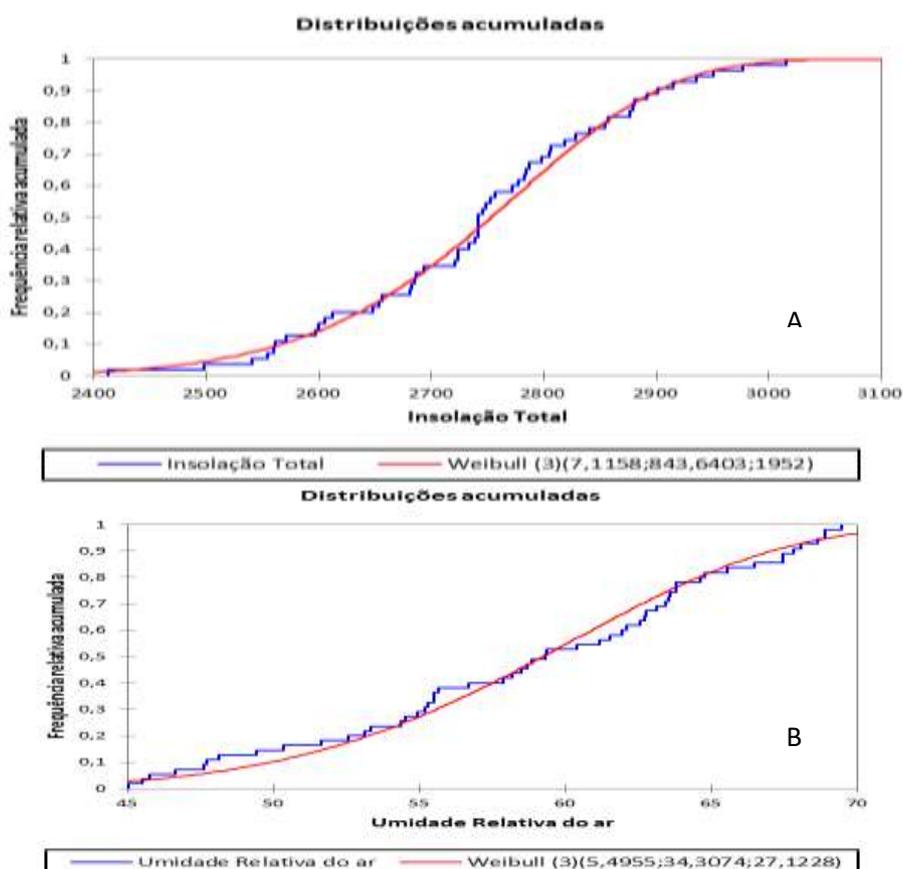


Figura 2 - Distribuição de Probabilidade acumulada Weibull da insolação total (A) e umidade relativa do ar (B) em Parnaguá - PI no período de (1960-2014).

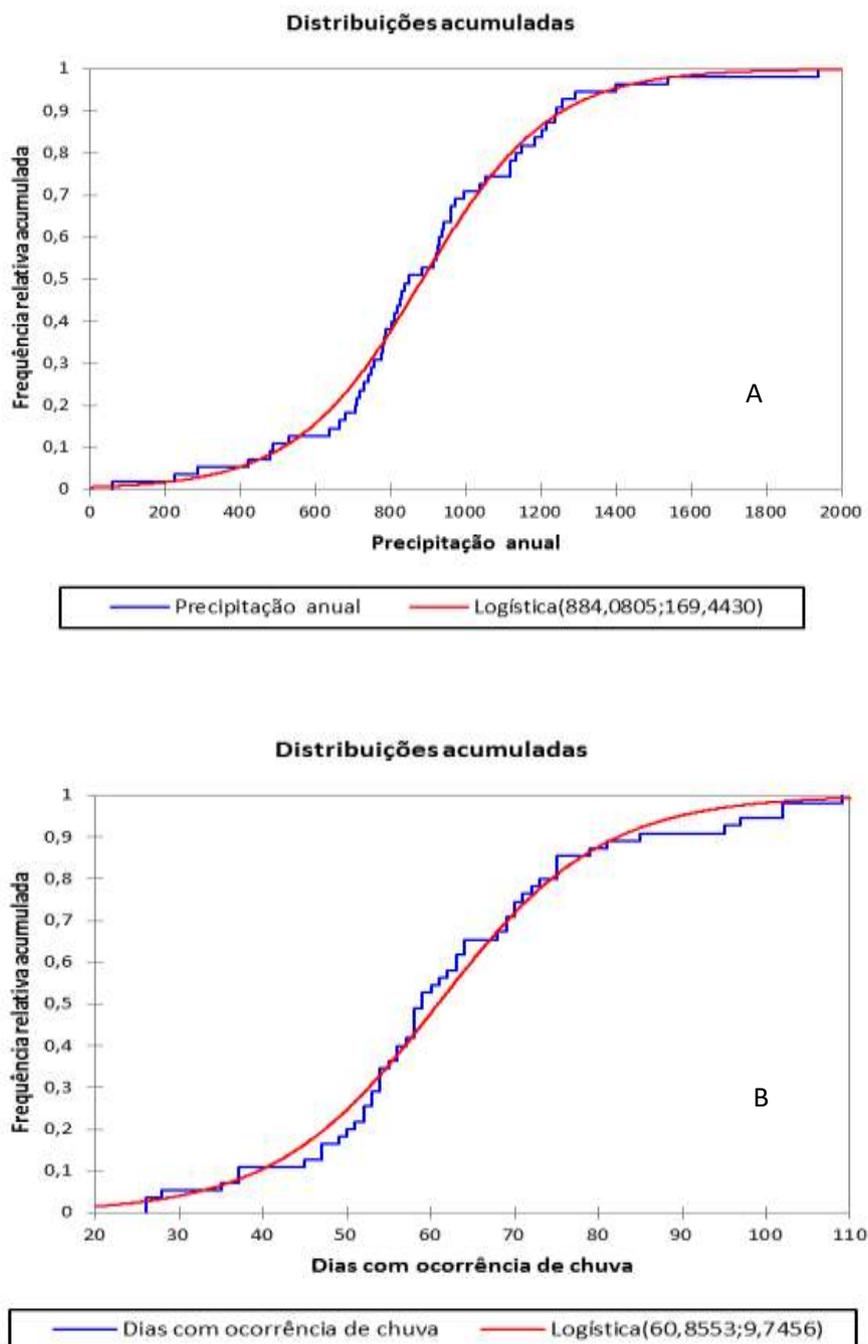


Figura 3 - Distribuição de Probabilidade acumulada Logística da precipitação total anual (A) e Distribuição de Probabilidade acumulada Logística para dias com ocorrência de chuva (B) em Parnaíba - PI no período de (1960-2014).

A distribuição de Probabilidade acumulada GEV para a variabilidade da temperatura máxima ( Figura 4 A) e temperatura (Figura 4 B) com teste de significância KS com valores de 0,97 e 0,95 respectivamente e seus coeficiente

angulares de 0,0103 e -0,0094. Em conformidade com os testes descritos pela tabela 1 as variáveis climáticas com valores negativos não possuem probabilidade de ocorrência.

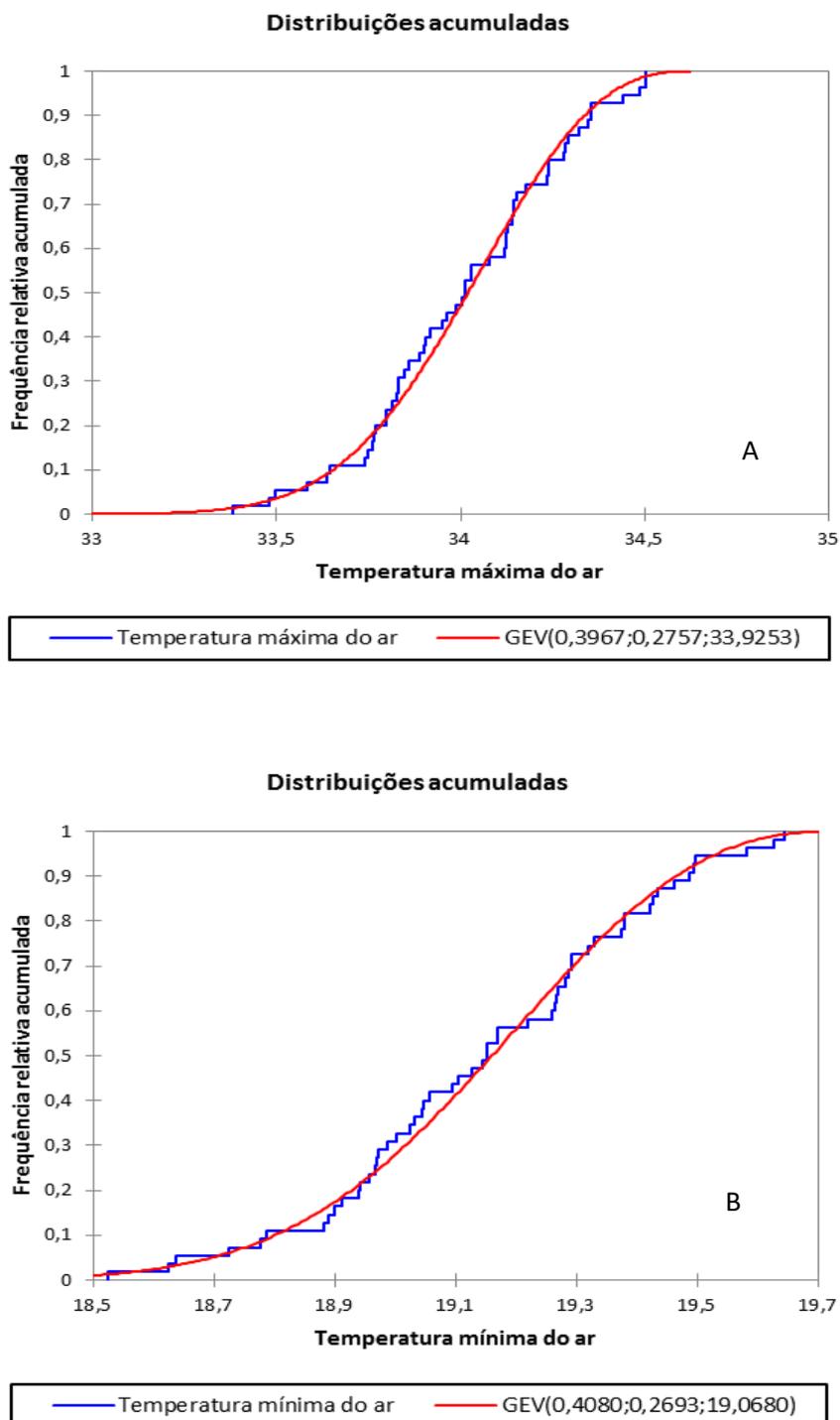


Figura 4 - Distribuição de Probabilidade acumulada GEV da temperatura máxima (A) e temperatura mínima (B) em Parnaguá - PI no período de (1960-2014).

O teste de significância KS com valor de 0,99 com um coeficiente angular negativo de -0,006 para a cobertura de nuvem anual para a Probabilidade acumulada Beta 4 conforme Figura 5 (A). Na Figura 5 (B)

verifica-se que a distribuição de Probabilidade acumulada Beta 4 para intensidade do vento para o teste de significância foi de 0,11, com coeficiente angular de -0,6553.

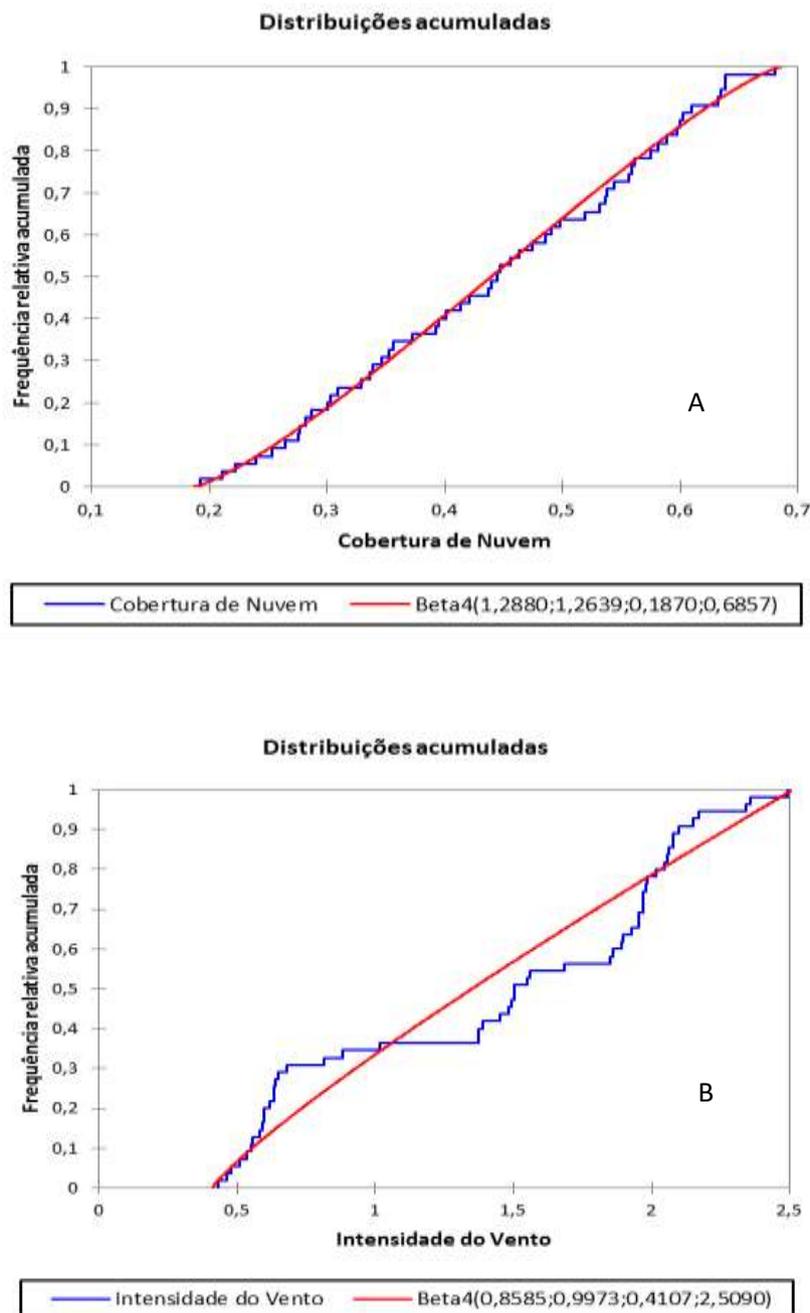


Figura 5 - Distribuição de Probabilidade acumulada Beta 4 da intensidade do vento (A) e cobertura de nuvem (B) em Parnaçuá - PI no período de (1960-2014).

Na Figura 6 têm-se a variabilidade dos índices pluviométrico anual e número de dias de ocorrência com chuva em Parnaçuá - PI, e a variabilidade da média móvel, com seus ajustes lineares, identificou-se tendência de redução para os índices pluviométricos e números de dias de ocorrência com chuva para o período de 1960 a 2014. A equação linear mostrada

na figura desponta o coeficiente angular de acordo com a Figura 2 (A e B) negativo, demonstrando declínio moderado nos valores médios do período em estudo, todavia não advém tendência significativa para os índices pluviométricos e dos números de dias com ocorrências de chuvas.

No caso de redução de precipitações nos centros urbanos

provenientes de efeitos da variabilidade natural do clima e da variabilidade induzida pelo homem torna o clima mais quente inviabilizando as atividades humanas e agrícolas, ainda que haja alguma previsão de aumento de chuva no futuro. De acordo com Marengo (2008) a redução de chuvas e da vazão

nos rios vão limitar os esgotos e o transporte fluvial, comprometendo as estações de tratamento de água e de esgotamento sanitário e a geração de energia também ficará afetada com a falta de chuvas e incidirão altas taxas de evaporação e evapotranspiração devido ao aquecimento, em algumas regiões.

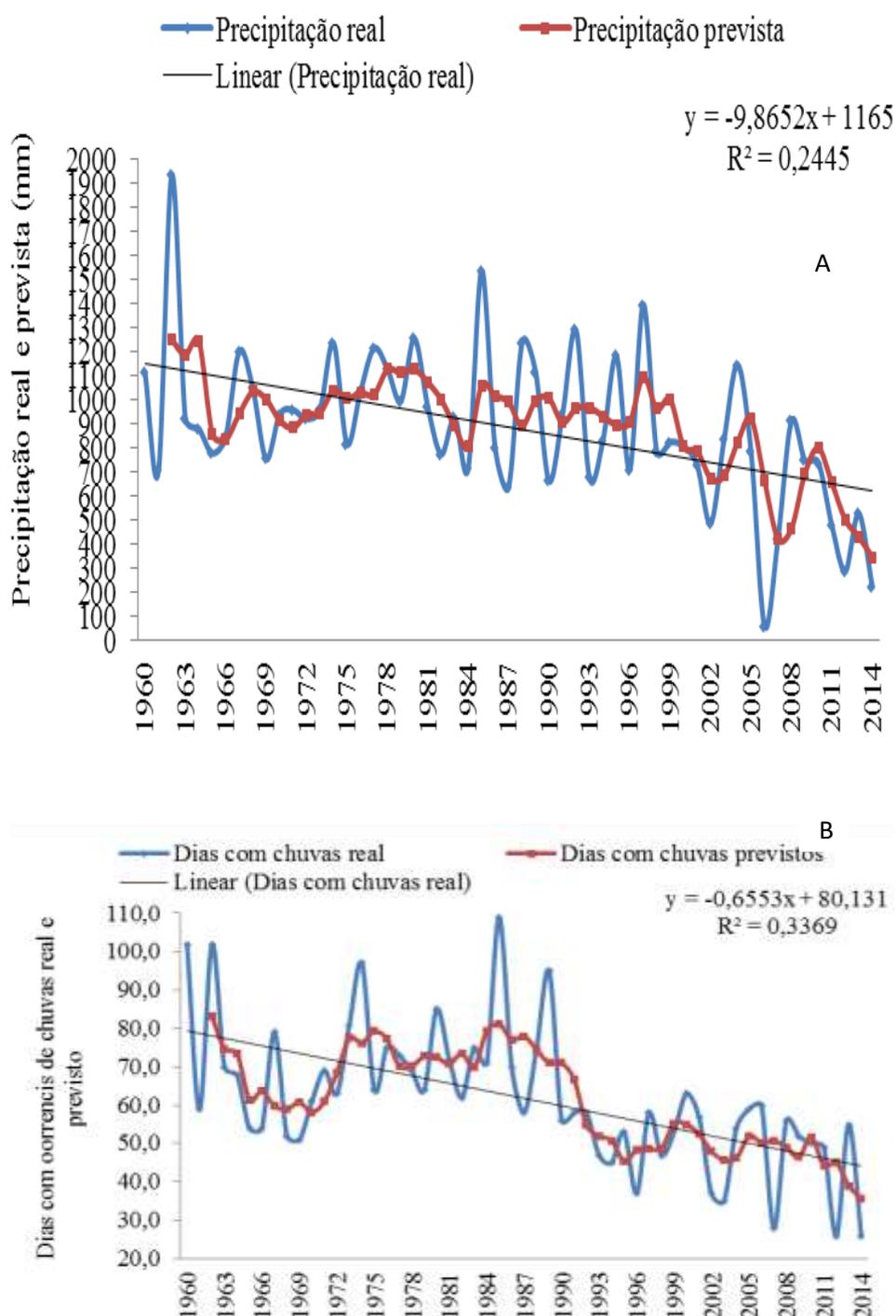


Figura 6 - Precipitação total anual (A) e número de dias com ocorrência de chuva (B) em Parnaguá - PI com a média móvel dos dados no período de (1960-2014).

O ajuste linear nas médias móveis com coeficiente angular positivo, podendo ocorrer tendência de crescimento na série de dados de insolação total da área de estudo, Figura 7(A). O aumento da insolação solar deve-se as construções civis desordenadas como edificações verticais e aberturas de novos bairros sem planejamentos e estrutura de sobrevivência, impermeabilização do solo, falta de arborização, cobertura asfáltica que provoca ao aumento da carga térmica recebida pelos edifícios e superfície. Registrou-se decréscimo da

umidade relativa do ar (UR), Figura 7(B), pois no meio urbano, o elevado índice de impermeabilização do solo, a deficiência de áreas verdes e a pequena disponibilidade de água na superfície reduzem a troca de calor por evaporação e evapotranspiração, fazendo com que os níveis de umidade relativa sejam reduzidos e a maior parte da energia radiante seja utilizada para aquecer o ar. Destaca-se que na umidade relativa do ar prevista irão ocorrer reduções significativas quando comparada com a UR real tanto no tempo como em magnitude.

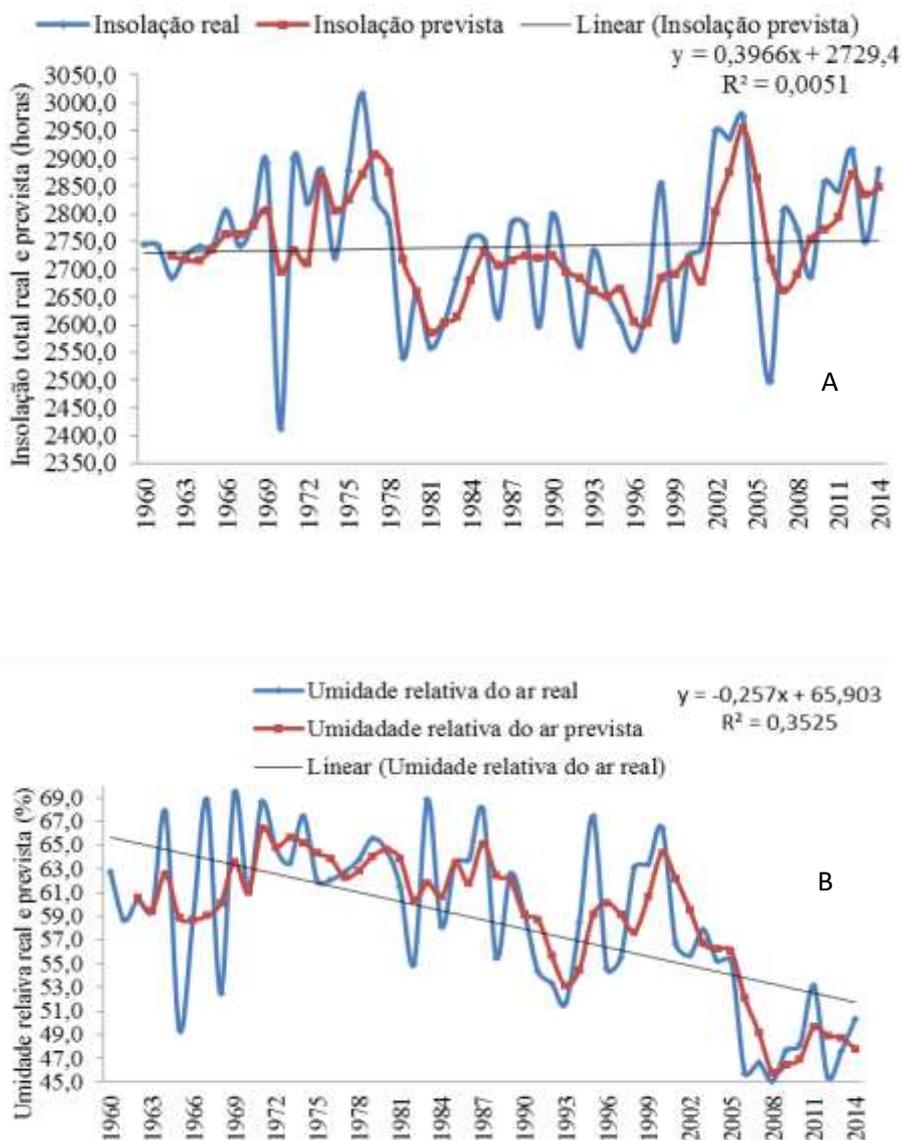


Figura 7 - Insolação total (a) e Umidade relativa do ar (b) em Parnaguá - PI, com a média móvel dos dados no período de (1960-2014).

A temperatura máxima do ar real e prevista apresenta com indícios de elevação, o coeficiente angular da reta é positivo e tem R com boa significância Figura 8(A). Na última década verificou-se redução na variabilidade da temperatura máxima do ar anual. Observa-se uma redução linear significativa na temperatura mínima anual e na sua previsão, Figura 8(B) o coeficiente angular é positivo e seu R não tem boa significância. Baseando-se em tendências observadas, assim como de estudos de Marengo (2008), considerando as projeções climáticas do futuro derivadas dos modelos climáticos do IPCC (2007) pode-se considerar que as regiões metropolitanas devem tornar-

se ainda mais quentes, com mais inundações, enchentes e desmoronamentos em áreas principalmente nas encostas de morro.

Observa-se redução da temperatura máxima e mínima que auxiliam o processo de desertificação forte na área estudada e no setor agrícola as plantas sofrerão estresse hídrico se a quantidade de água disponível no solo não atingir sua capacidade de campo podendo a não desenvolvem floração correta e conseqüentemente acarreta em baixa produção. A ampliação da insolação na área de estudo se deve ao fato da falta de planejamento das áreas urbanas.

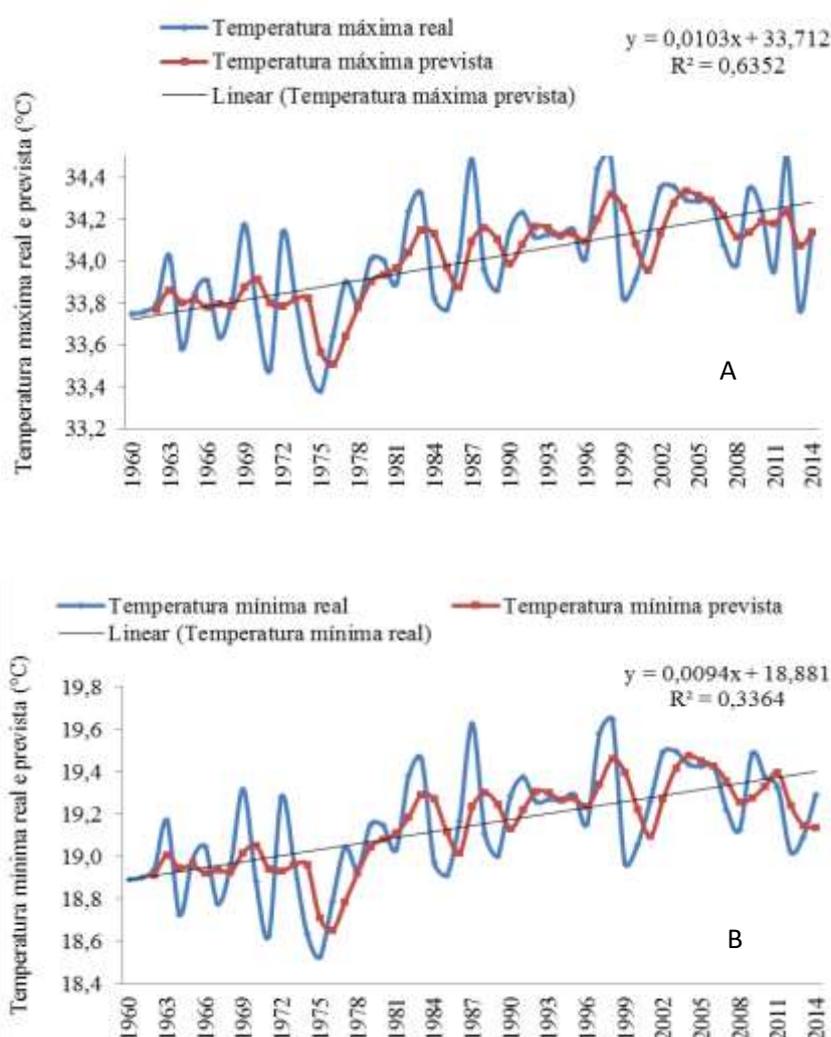


Figura 8 - Temperatura máxima (a) temperatura mínima (b) em Parnaçuá - PI, com a média móvel dos dados no período de (1960-2014).

Na Figura 9(A) nota-se que o coeficiente angular é negativo e o valor de R intermediário não nos fornecendo boa correlação. Esperam-se reduções na cobertura de nuvens com ocorrência de chuvas extremas em curto intervalo de tempo e altas incidências de insolação total o que poderá vim agravar aos plantios diretos e afetar o conforto humano. Na Figura 9 (B), tem-se um coeficiente angular negativo e um  $R^2$  de boa significância mostrando que a tendência do vento é sofrer redução.

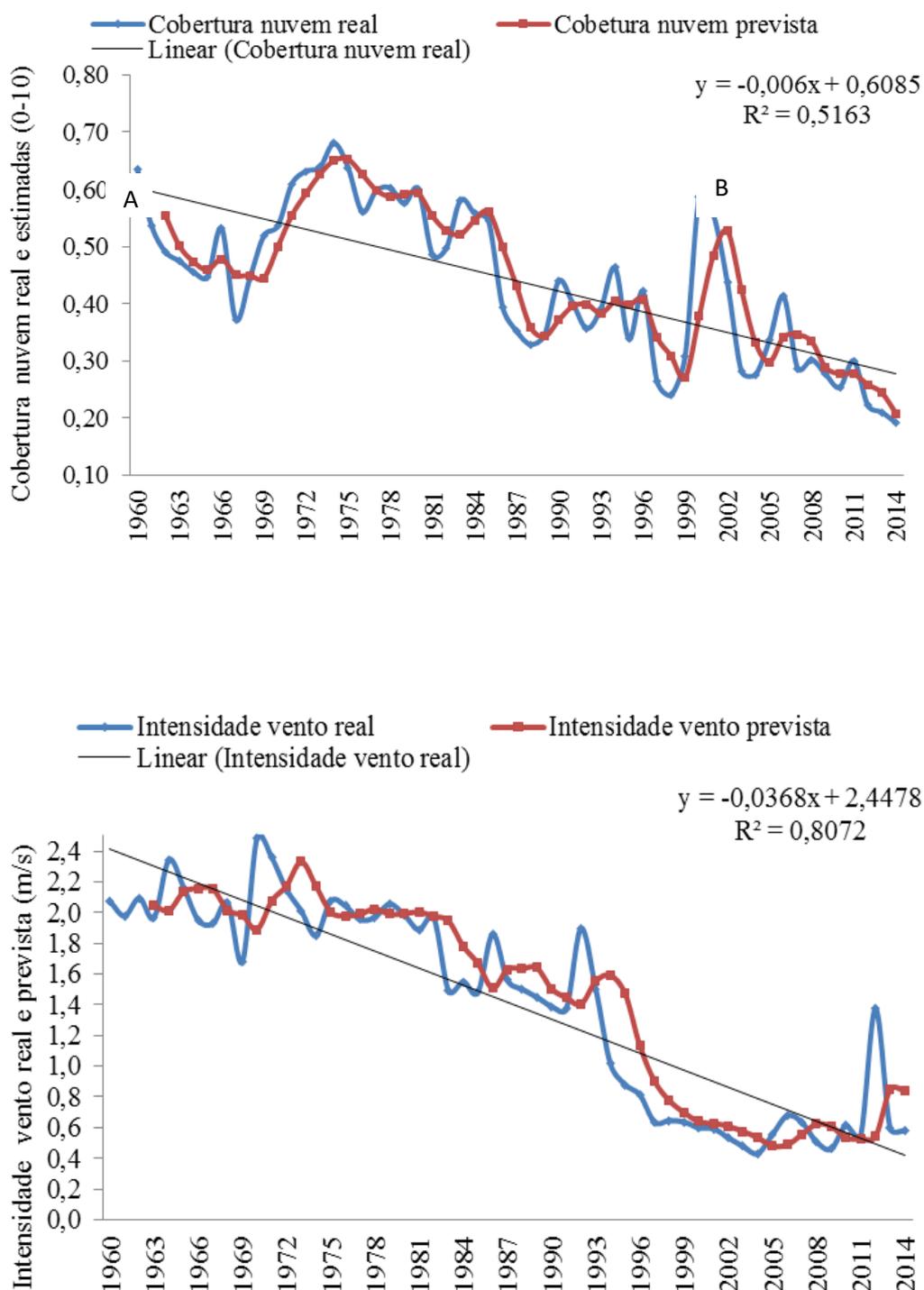


Figura 9 - Cobertura de nuvem (a) intensidade vento (b) em Parnaçuá - PI, com a média móvel dos dados no período de (1960-2014).

## CONCLUSÃO

As temperaturas máximas, mínimas registram tendências de aumentos provocados por implantações de asfaltos desproporcionais, a retiradas da vegetação urbana, altos teores de CO<sub>2</sub> repelidos pelos transportes urbanos, a compactação do solo e falta de infraestrutura no crescimento vertical e nos novos bairros que estão sendo criados;

As variabilidades da umidade relativa do ar, registrada nas áreas urbanas, quando acompanhada de temperaturas elevadas produz um desconforto ambiental difícil de ser descrito através das reações fisiológicas, emocionais e comportamentais experimentadas pela população, não proporcionando bons condicionamentos térmicos;

O desmatamento, implantação da monocultura e as queimadas vêm contribuindo para os elevados índices de desertificação, assoreamento dos rios, riachos, córregos, poços, cacimba, lagos, lagoas e o rebaixamento do lençol freático, causando flutuações

## AGRADECIMENTO

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de doutorado e a realização da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H.A.; PEREIRA, F.C. Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 15, Aracaju, SE, Anais..., Aracaju: CDROM. 2007.
- ALMEIDA, H.A.; SILVA, L. Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB. In: **I Congresso Intercontinental de Geociências**, Fortaleza, CE, Anais..., Fortaleza: CD-ROM. 2004

extremas na contribuição dos elementos meteorológicos e no bem estar dos centros urbanos;

As distribuições teóricas de probabilidade ajustadas aos extremos anuais de precipitação, dias com ocorrência de chuvas, temperatura máxima e mínima do ar, insolação total e umidade relativa do ar, cobertura de nuvens e intensidade do vento, aplicou-se os métodos de máxima verossimilhança para estimar os parâmetros das distribuições. O teste Kolmogorov-Smirnov (KS) foi usado para comparar os ajuste e selecionar as melhores distribuições teóricas.

Os ajustes foram avaliados em gráficos. A distribuição Logística foi a que se ajustou a precipitação e dias com ocorrências de chuvas. A distribuição de Weibull foi de melhor ajuste a insolação e umidades relativas do ar. A distribuição generalizada de valores extremos foi de melhor ajuste a temperatura do ar máxima e mínima. A distribuição Beta 4 ajustou-se a intensidade do vento e a cobertura nuvem.

ALMEIDA JUNIOR, N.L. **Estudo de clima urbano**: uma proposta metodológica. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, 94p. 2005.

COMDEPI - Companhia de desenvolvimento do Piauí. **Estudo de viabilidade para aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Uruçuí Preto**. Teresina, 2002.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.140-147, 2006.

- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, E.D.V. 1994. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. IN: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 8. Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, p.154-157.
- CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.140-147. 2006.
- CAVALCANTI, F.S; DANTAS, J.S; SANTOS, D; CAMPOS, M.C.C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, vol. 4, n. 8, 2005.
- EMATER-PI. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Piauí. 2014.
- IBGE. 2010. Área territorial oficial. IBGE.Páginavisitada em 5 dez. 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, **Normais Climatológicas do Brasil**, 1961 – 1990. Edição revista e ampliada. Brasília: INMET, 2009, 87p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al., **Cambridge Univ. Press, Cambridge**, U. K.
- HANSEN, J.; LEBEDEFF, S. Global trends of measured surface air temperature. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 92, n. 11, p. 13345-13372, 1987.
- JONES, P.D.; RAPER, S.C.B.; WIGLEY, T.M.L. Southern hemisphere surface air temperature variations 1851-1984. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, Boston, v.25, n.9, p.1213-1230, 1986.
- 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.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H.S. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Disponível em: <[http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf)>. Acesso em: out. 2010.
- MARENGO, J.; DIAS, P.S. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. Capítulo 3 em **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**, 2008, p.63-109, Eds. A. Rebouças, B., Braga e J. Tundisi. **Editoras Escrituras**, SP.
- MEDEIROS, R.M.; SILVA, C.O. Variação média mensal e anual da umidade relativa do ar para o Estado do Piauí. 1989. Trabalho apresentado no XIV **Congresso Brasileiro de Meteorologia** Florianópolis - Santa Catarina – Brasil.
- MEDEIROS, R.M.; SOUSA, F.A.S.; GOMES FILHO, M.F. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v.28, n.1, 2006.
- MEDEIROS, R.M.; TAVARES, A. L.; KASSAR, C. B.; SILVA, J.A.S.; SILVA V. P. R. Metodologias de

- cálculo da temperatura média diária do ar: aplicação para os municípios de Parnaíba, Picos e Gilbués, PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n.4, p.283-295, 2012.
- MELO, V.S.; MEDEIROS, R.M.; SOUSA, F.A.S. Impactos do clima urbano em Bom Jesus – PI. I **Workshop de Recursos Naturais**. Universidade Federal de Campina Grande – PB, Campina Grande, 2015.
- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.17, p.1-10, 2002.
- OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G. F.; LEITE, H.G.; COSTA, J.M. N. Estimativa de temperaturas mínima, média e máxima do território brasileiro situado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, n.1-4, p.57-61, 2002.
- ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª ed., 128p.
- SLEIMAN, J.; SILVA, M.E.S. **A Climatologia de Precipitação e a Ocorrência de Veranicos na Porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.
- SORIANO, B.M.A. **Caracterização climática de Corumbá-MS**. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997. 25p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 11).
- STAMM, C.; WADI, Y.M.; STADUTO, J.A.R. São as cidades médias responsáveis pelo espraiamento espacial da riqueza nacional? **Rede Brasileira de Estudos sobre Cidades Médias – REDBCM REDES**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 66-91, maio-ago. 2010.
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. Recife, 1990 (Série Pluviometria, 2).