ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba

Paulo Roberto Megna Francisco¹, Raimundo Mainar de Medeiros²,
Rigoberto Moreira de Matos³, Maria Marle Bandeira⁴, Djail Santos⁵

¹Pesquisador DCR CNPq/Fapesq, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia-PB, paulomegna@ig.com.br;

²Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande-PB, mainarmedeiros@gmail.com;

³Mestrando em Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande-PB, rigobertomoreira@gmail.com;

⁴Mestre em Meteorologia, Agência de Águas do Estado da Paraíba, AESA, Campina Grande-PB, marle@aesa.pb.gov.br;

⁵Doutor em Ciência do Solo, Prof. Titular CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

Artigo recebido em 13/02/2015 e aceite em 28/12/2015.

RESUMO

A Paraíba tem como características climáticas marcantes, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal do seu regime de chuvas. Índices climáticos representam parte da caracterização de uma determinada região, obtidos por meio de variáveis do balanço hídrico e da evapotranspiração potencial. Objetivou-se a realizar através do balanço hídrico climático uma análise e o mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez para o Estado da Paraíba. Utilizou-se dados obtidos nos postos pluviométricos da SUDENE e da AESA. Utilizou-se do software Estima_T para estimar a temperatura. Foi elaborada uma planilha eletrônica e realizado os cálculos e pluviosidade, da evapotranspiração potencial, cálculo do balanço hídrico, e dos índices de umidade, hídrico e aridez utilizando a metodologia de Thornthwaite e Mather. Os mapas elaborados foram todos espacializados utilizando o software Surfer 9.0 pelo método estatístico de interpolação krigeagem para determinar a média, desvio padrão e coeficiente de variação. Os resultados demonstraram que a utilização da geoestatística apresentou resultados satisfatórios quanto às estimativas obtidas pelo método de interpolação de Krigeagem estando condizentes com as características climatológicas locais da região, tanto na distribuição espacial quanto sazonal dos índices; que a distribuição espacial da precipitação pluviométrica ocorreu de forma irregular e com grande variação durante todo o ano; a distribuição espacial da temperatura apresentou grande variabilidade com variação na distribuição anual da temperatura; na variação do índice de aridez destacaram-se núcleos localizados na região do Brejo e na região do Litoral; no índice de umidade ocorreram reduções significativas na região do Cariri/Curimataú e em boa parte da divisa com o Rio Grande do Norte, e nas regiões do Sertão e Alto Sertão com oscilações de umidade fraca à moderada; os índices do balanço hídrico demonstraram grande variabilidade espacial da aridez, hídrico e umidade ao longo de todo o Estado, entretanto nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

Palavras-chave: Índices climáticos, Geoespacialização, Krigeagem, Semiárido.

Analysis and mapping of moisture indices, water and aridity through the BHC for the Paraíba state

ABSTRACT

Paraíba has the outstanding climatic characteristics, irregularities as much spatial and temporal of your rainfall. Climate indices represent part of the characterization of a certain region, obtained by the water balance and potential evapotranspiration variables. It aimed to achieve through the water balance analysis and mapping of moisture contents, water and dryness to the State of Paraíba. We used data obtained from pluviometric posts of SUDENE and the AESA. We used the Estima_T software to estimate the temperature. A spreadsheet was developed and realized the calculations and rainfall, potential evapotranspiration, water balance calculation, and moisture contents, water and dry using the methodology of Thornthwaite and Mather. Elaborate maps were all spatially using the Surfer 9.0 software for statistical kriging interpolation method to determine the mean, standard deviation and coefficient of variation. The results showed that the use of geostatistics showed satisfactory results as the estimates obtained by Kriging interpolation method being consistent with local climatic characteristics of the region, both in spatial distribution as seasonal indices; the spatial distribution of rainfall was irregular and with great variation throughout the year; the spatial distribution of temperature showed great variability with variation in annual temperature distribution; the variation of the aridity index stood out cores located in the the Brejo region and the the Litoral region; the moisture content were significant reductions in the Cariri/Curimataú region and much of the border with Rio Grande do Norte, and in the regions of Alto Sertão and Sertão

with poor moisture fluctuations to moderate; the contents of the water balance showed great spatial variability of aridity, water and humidity throughout the state, but in the regions of Cariri/Curimataú, Sertão and Alto Sertão the aridity indices are above the values established for desertification.

Keywords: Climate indices, Geospatialization, Kriging, Semi-arid.

Introdução

A região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano. Assim, a região Nordeste do Brasil é considerada como uma região anômala no que se refere à distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo do ano (Souza et al., 1998).

O clima é formado por vários elementos como radiação solar, precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade do ar, vento, pressão atmosférica, evaporação entre outros, onde é importante 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 (Oliveira et al., 2014).

A Paraíba tem como características climáticas marcantes, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal do seu regime de chuvas. Essas condições climáticas interferem diretamente na produção de alimentos, fazendo com que haja a necessidade de se aumentar a produção e produtividade das culturas, mas para que haja esse aumento é indispensável que sejam aplicadas tecnologias já adaptadas para cada região, bem como, pesquisar novas tecnologias (Menezes et al., 2010).

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária do Estado da Paraíba.

A agricultura é uma atividade econômica que por estar sujeita à variabilidade do clima, do mercado e da política agrária, torna-se instável e de alto risco, devendo ser bem planejada para garantir o seu sucesso. Entre todas as atividades econômicas, é a que mais depende das condições climáticas, sendo esta variável responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção (Ortolani e Camargo, 1987).

A produção depende essencialmente do balanço de umidade do solo, que é dependente, da precipitação, temperatura, evaporação, etc. Portanto, o mapeamento de variáveis que compõem o balanço hídrico é fundamental para o planejamento de técnicas do uso da terra e para entender, explicar e prever o crescimento e o desenvolvimento dos recursos naturais, com a finalidade de promover a sua utilização racional. De acordo com Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água durante o ano, é indispensável comparar dois elementos opostos do balanço hídrico: a precipitação que aumenta a umidade do solo e a evapotranspiração que diminui a umidade do solo (Horikoshi e Fisch, 2007).

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico (BH) como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos de conformidade com Lima (2009).

O Balanço Hídrico (BH) é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos e úmidos de um determinado local conforme Reichardt (1990), assim, identificando as áreas onde as culturas e a indústria pode ser explorada com maior eficácia (Barreto et al., 2009).

O termo evapotranspiração de referência (ET_o) foi definido por Thornthwaite (1948) como a perda de água de uma extensa superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica. De acordo com Pereira et al. (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas.

Evapotranspiração terrestre é um dos componentes mais importantes do ciclo hidrológico, afetando o equilíbrio de água na superfície da Terra. É também uma das variáveis meteorológicas que é muito aplicada à tomada de decisão em hidrologia, agroecologia, irrigação e

outras áreas afins (Fu et al., 2009; Roderick et al., 2009).

Outra variável meteorológica importante utilizada pelo balanço hídrico é a evapotranspiração, empregada para exprimir a transferência de vapor da água para a atmosfera proveniente de superfícies com vegetação (Varejão-Silva, 2005). Trabalhos sobre evapotranspiração podem ser encontrados nas suas diversas finalidades (Henrique, 2006; Mendonça, 2008; Gomes, 2005; Valiati et al., 2003). Já os índices climáticos de: aridez (Ia), umidade (Iu) e hídrico (Ih) têm como um dos propósitos a caracterização climática de um local considerado. Esses índices climáticos representam parte dessa caracterização de uma determinada região, obtidos por meio de variáveis do balanço hídrico e da evapotranspiração potencial.

A krigagem compreende um conjunto de técnicas geostatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (Isaaks e Srivastava, 1989). A técnica consiste em estimar valores médios e também uma medida de acuracidade dessa estimativa. Seus pesos são calculados com base na distância entre a amostra e o ponto estimado; na continuidade espacial e no arranjo geométrico do conjunto (Bettini, 2007).

Conforme Jakob (2012), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados.

Objetiva-se por este trabalho realizar através do Balanço Hídrico Climatológico uma análise e o mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez para o Estado da Paraíba.

Material e métodos

A área de estudo compreende o Estado da Paraíba que está localizado na região Nordeste do Brasil, e apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional (Figura 1). Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco (Francisco, 2010).

Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O relevo do Estado da Paraíba apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se

por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos

e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas (Figura 2). No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006).

De acordo com Barros et al. (2012), a região Nordeste apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófita em cerca de 50% do seu território. Esse clima é caracterizado pelas irregularidades espaciais e temporais do regime de chuvas, com maior destaque nas mesorregiões do agreste e do sertão. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS), e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos (Nobre, 1996; Molion e Bernardo, 2002).

Figura 2. Mapa hipsométrico do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2014).

A caracterização climática da região Nordeste é um pouco complexa, conforme afirma Silva et al. (2008), pois constitui domínio dos climas quentes de baixas latitudes, apresentando temperaturas médias anuais sempre superiores a 18°C, verificando-se desde territórios mais secos no interior até mais úmidos, na costa leste da região. Conforme Sales e Ramos (2000), em todo o Nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais.

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode

ultrapassar aos 1600mm (Varejão-Silva et al., 1984).

No Nordeste Brasileiro (NEB) os principais mecanismos causadores de chuvas são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (Molion e Bernardo, 2002). A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico e em fenômenos que se processam regionalmente como no caso das massas de ar e sistemas atmosféricos secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação

geral da atmosfera (Varejão-Silva, 2006; Aragão, 1998; França et al., 2000).

Os principais sistemas responsáveis são a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (Hastenrath e Heller, 1977), as Frentes Frias (Aragão, 1976; Kousky, 1979), os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (Yamazaki e Rao, 1977) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (Aragão, 1976; Kousky e Gan, 1981). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é o principal sistema meteorológico provedor de chuvas no setor norte do NEB, onde o Estado da Paraíba está inserido. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril (Uvo, 1989).

A Frente Fria é outro importante sistema causador de chuvas na Paraíba. A penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e janeiro é responsável pelas chuvas na faixa litorânea da região. As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, formando nuvens convectivas e estratiformes e consequentemente as chuvas (Kousky, 1979).

Os distúrbios ondulatórios de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Este sistema provoca chuvas principalmente na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte (Ferreira et al., 1990).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que atingem a região Nordeste do Brasil formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência durante os meses de janeiro e fevereiro (Kousky e Gan, 1981).

Na metodologia utilizaram-se os dados obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990), posteriormente em 1992 a Rede Pluviométrica foi repassada ao Estado da Paraíba para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAPB), realizaram-se as junções das referidas séries e selecionando-se os postos que possuem 30 ou mais anos de observações. Tal fato da escolha foi para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos são amplos, conforme distribuição espaço-temporal demonstrada na Figura 3.

Figura 3. Distribuição espacial dos postos pluviométricos da área de estudo.

Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

Na metodologia utilizada foi elaborada uma planilha eletrônica e elaborados os cálculos de temperatura e pluviosidade, da evapotranspiração

potencial, cálculo do balanço hídrico, e dos índices de umidade, hídrico e aridez. Os mapas elaborados foram todos espacializados utilizando

o software Surfer 9.0 pelo método estatístico de interpolação denominado krigagem para determinar a média, desvio padrão e coeficiente de variação e após todos os mapas foram recortados utilizando os limites do Estado (IBGE, 2009).

O estimador da krigagem é obtido, segundo Matheron (1963), conforme equação 1:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(X_i) \quad (1)$$

Onde: $Z^*(X_0)$ é o atributo da variável estimado no ponto; λ_i são os ponderadores de krigagem; $Z(X_i)$ é o valor observado da variável Z no i -ésimo ponto.

Para a krigagem ser ordinária deve-se satisfazer a condição de que:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Os ponderadores são obtidos pela resolução de um sistema de equações lineares do tipo $AX=B$, denominado sistema de krigagem, de acordo com Rocha et al. (2007) pode ser escrito como segue:

$$\begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_1) & \cdots & \gamma(x_1; x_n) & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_n; x_1) & \cdots & \gamma(x_n; x_n) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_0) \\ \vdots \\ \gamma(x_n; x_0) \\ 1 \end{bmatrix}$$

Onde: $\gamma(x_n; x_n)$ é a variância espacial da n -ésima amostra com relação a ela mesma; μ é o Multiplicador de Lagrange; e $\gamma(x_n; x_0)$ é a variância espacial entre a n -ésima amostra e o ponto x_0 que será estimado.

Pluviosidade

A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município), além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal procedimento acarretaria, devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a trinta anos, foi considerado para o período disponível, independente do início.

Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos e após calculada as médias anuais.

Para o cálculo da pluviosidade média foi utilizada uma planilha eletrônica e os dados dos totais mensais de precipitações obtidos nos postos pluviométricos onde se obteve as médias anuais.

Temperatura

Na metodologia utilizada os valores da temperatura média do ar foram estimados pelo software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de conformidade com os autores Cavalcanti et al. (2006), dada por:

$$T = C_0 + C_1 \lambda + C_2 \varnothing + C_3 h + C_4 \lambda^2 + C_5 \varnothing^2 + C_6 h^2 + C_7 \lambda \varnothing + C_8 \lambda h + C_9 \varnothing h \quad (2)$$

Onde: $C_0, C_1, \dots, C_9$ são as constantes; $\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude; $\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude; $h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altura.

Também se pode estimar a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical de acordo com Cavalcanti et al. (2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad (3)$$

Onde: $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $j = 1950, 1951, 1952, 1953, \dots, 2014$.

Cálculo da Evapotranspiração Potencial

A estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expresso em mm/mês. Define-se a evapotranspiração potencial da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite e Mather (1948; 1953).

$$(ETP)_j = F_j \cdot E_j \quad (4)$$

Onde: E_j representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada resumida da seguinte forma:

$$E_j = 0,553 \left(\frac{10 \cdot T_j}{I} \right)^a \quad (5)$$

Em que: representa a temperatura média mensal do ar do mês ($^{\circ}\text{C}$); I é o índice anual de calor definido através de:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (6)$$

Sendo, o índice térmico de calor no mês dado por:

$$ij = \left(\frac{Tj}{5}\right)^{1,514} \quad (7)$$

Por fim, o expoente “a” da equação (8) é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49 \quad (8)$$

O fator de correção da equação (1) é definido em função do número de dias do mês Dj (em janeiro, Dj= 31; em fevereiro Dj=28; etc.) e da insolação máxima do dia 15 do mês J (Nj), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$Fj = \frac{Dj.Nj}{12} \quad (9)$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Nj = \left(\frac{2}{15}\right) [\text{arc. cos}(-\text{tag}\phi . \text{tag}\delta)] \quad (10)$$

Onde: ϕ Latitude do local; δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

$$\delta = 23,45^\circ \text{sen}[360(284 + d)/365] \quad (11)$$

Em que, “d” é o número de ordem, no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial por meio da equação (4) só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5°C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5°C, Thornthwaite e Mather (1948; 1953) assumiu que Ej independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma tabela apropriada.

Cálculo do Balanço Hídrico

O balanço hídrico utilizado calcula a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais. Contabiliza a precipitação perante evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD). O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1953). O balanço hídrico foi realizado apenas com dados de precipitação média e temperatura média mensal do ar e um valor correspondente à

capacidade de água disponível (CAD) utilizando o valor de 100mm. A estrutura do cálculo do balanço hídrico foi desenvolvida em planilhas eletrônicas.

Índices Climáticos

O Índice de Aridez caracteriza-se por indicar a deficiência hídrica expressa em percentagem da evapotranspiração potencial (necessidade). É definido em função da deficiência e evapotranspiração potencial (ambas anuais), expresso da seguinte forma:

$$Ia = 100 \frac{DEF}{ETP} \quad (9)$$

O índice de umidade representa o excesso hídrico expresso em percentagem da necessidade que é representada pela evapotranspiração potencial, ambas anuais, segundo a expressão:

$$Iu = 100 \frac{EXC}{ETP} \quad (10)$$

Geralmente tem-se durante o ano estações de excesso e falta da água. Por isso, define-se o índice hídrico da seguinte maneira:

$$Ih = Iu - 0,6 . Ia \quad (11)$$

Resultados e discussão

Temperatura

Na distribuição espacial da temperatura média mensal do ar de janeiro a dezembro no Estado da Paraíba (Figura 4), observa-se que os menores valores de temperatura estão nas áreas de altitudes mais elevadas, destacando-se, assim, a microrregião do Brejo e grande parte do Planalto da Borborema. No Litoral (setor Leste) e em grande parte da mesorregião do Sertão (setor Oeste) da Paraíba, onde as altitudes são baixas, observam-se os maiores valores de temperatura média ao longo do ano. Os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho, julho e agosto, enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro, no Estado como um todo, sendo esses os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região.

Destaca-se dois núcleos ativos durante os 12 meses estudados, núcleos estes localizados no extremo oeste do Estado e o outro núcleo se localiza nas proximidades do município de Areia, onde estes núcleos aparecem todos os meses devido à orografia provocada pelo relevo da região.

Figura 3. Temperatura média mensal do Estado da Paraíba (°C).

Na Figura 5 observa-se a distribuição temporal da temperatura do ar médio anual para o Estado da Paraíba, sua variabilidade oscila entre 21,5 a 26°C, as menores flutuações ocorrem na circunvizinhança do Estado de Pernambuco e na região central da área, assim como o destaque de menores oscilações dos parâmetros referenciado

em torno do município de Areia. Nos setores leste e noroeste têm-se os valores mais elevados, tal elevação deve-se aos fatores atuantes na atmosfera como alta intensidade dos raios solares, e baixas coberturas de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica.

Figura 5. Temperatura média anual dos últimos 30 anos (°C).

Na Tabela 1, têm-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da temperatura do ar para o Estado da Paraíba, onde observa-se

qua as oscilações da temperatura mínima mensal fluem entre 19,3 e 23,2°C, com uma média anual de 21,7°C. A temperatura máxima oscila entre

24,3 e 27,4°C e sua média é de 26,1°C, a temperatura média apresenta uma flutuação entre 22,2 e 25,6°C, e sua média é de 24,2°C.

A mediana tem um comportamento análogo ao da temperatura média, exceto para os meses de junho a novembro, as maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de fevereiro, abril a setembro e dezembro. Estas flutuações

podem estarem relacionadas com os fatores provocadores e/ou inibidores dos índices pluviométricos intermunicipais. Estatisticamente os coeficientes de variâncias não foram observados índices expressivos de mudanças mensais, já no parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais.

Tabela 1. Variabilidade estatística dos parâmetros da temperatura média do ar

Mês	Variabilidade dos parâmetros (°C)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variância
Janeiro	23,2	25,7	27,4	25,6	1,05	1,10	0,04
Fevereiro	22,8	25,4	25,7	25,4	1,13	1,28	0,04
Março	22,6	25,1	27,1	25,0	1,08	1,16	0,04
Abril	21,9	24,6	26,5	24,5	1,15	1,34	0,04
Mai	21,0	23,7	25,7	23,6	1,22	1,49	0,05
Junho	19,8	22,8	24,8	22,7	1,32	1,75	0,02
Julho	19,3	22,4	24,3	22,2	1,34	1,81	0,06
Agosto	19,6	22,8	24,4	22,4	1,31	1,72	0,05
Setembro	21,1	23,9	25,3	23,5	1,14	1,30	0,04
Outubro	22,3	24,9	26,2	24,6	1,08	1,17	0,04
Novembro	22,9	25,9	26,8	25,2	1,05	1,12	0,04
Dezembro	23,0	25,5	27,4	25,5	1,12	1,25	0,04
Anual	21,7	24,3	26,1	24,2	1,15	1,33	0,04

Pluviosidade

Os valores médios mensais da precipitação obtidos para o Estado da Paraíba (Figura 6) observa-se que as chuvas concentram-se nas estações verão/outono, além da contribuição da orografia, observa-se um acréscimo na pluviosidade no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano. Observa-se também que a quadra chuvosa compreende os meses de janeiro a abril no Sertão do Estado (setor Oeste), sendo março o mês que ocorrem as pluviometrias mais elevadas. Pode-se observar ainda, que o mês de dezembro começam as primeiras chuvas na região, que é conhecido como pré-estação chuvosa. Nota-se que o período chuvoso no Estado desloca-se temporalmente de oeste para leste, assim, o Cariri e o Curimataú, setor central da Paraíba, têm suas quadras chuvosas iniciando em fevereiro e ocorrendo até maio, sendo abril o mês que ocorrem os maiores índices pluviométricos.

No Agreste, o período das chuvas inicia-se em março e estende-se até junho que é o mês de maior precipitação. O Litoral é o setor onde ocorrem os maiores índices pluviométricos do Estado. O período chuvoso inicia-se em abril e vai até julho tendo maio como o mês que advém os mais elevados índices de precipitação. Observa-se ainda que durante todos os meses do ano os totais pluviométricos mais elevados ocorrem no Litoral Sul da Paraíba.

De acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações (Figura 6), observa-se a alta variabilidade da precipitação, tanto espacial como temporal. No mês de janeiro observam-se chuvas mais significativas e de formas isoladas nas regiões do Sertão e Alto Sertão da Paraíba. No mês de fevereiro esta distribuição já se torna mais homogênea. Os meses de março e abril são os meses mais chuvosos em praticamente todo Estado da Paraíba, e os meses de maio à agosto têm-se os maiores totais e que se concentram na faixa leste e principalmente no Litoral Sul. Setembro é considerado o mês mais seco, e no restante do ano as chuvas ocorridas são de forma isolada.

Com relação à distribuição anual, observa-se a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, regiões do Cariri/Curimataú, com os menores valores de precipitação entre 300 a 500mm, no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm. Já no Brejo e Agreste apresentam-se valores de 700 a 1.200mm e no Litoral uma média de 1.200 a 1.600mm.

Na Tabela 2 têm-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da precipitação para o Estado da Paraíba onde observa-se que as oscilações da precipitação mínima mensal fluem entre 0,1 a 60,77mm, com uma média anual de 332mm, a precipitação máxima oscila entre 38,5 a 369,4mm e sua média é de 1.979,3mm, e a

precipitação média apresenta uma flutuação entre 11,5 a 152,1mm e sua média é de 854,6mm.

Figura 6. Pluviosidade mensal média (mm).

Tabela 2. Variação da pluviosidade

Mês	Variação (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coef. de Variação
Janeiro	13,2	71,0	176,1	71,4	30,5	931,9	0,42
Fevereiro	33,2	94,6	191,9	99,8	38,5	1482,6	0,38
Março	40,5	145,5	272,9	152,1	51,8	2684,7	0,84
Abril	60,8	153,8	254,0	148,9	41,9	1762,5	0,28
Maio	36,5	89,9	305,1	103,1	53,3	2846,7	0,51
Junho	14,8	48,5	369,4	91,3	81,2	6592,9	0,88
Julho	1,8	32,0	298,0	73,1	69,6	4844,0	0,95
Agosto	1,0	13,0	179,2	39,5	43,9	1932,1	1,11
Setembro	0,1	7,1	103,4	20,3	22,5	506,2	1,10
Outubro	1,1	9,9	38,5	11,5	7,2	51,8	0,62
Novembro	0,6	13,7	48,1	14,2	8,5	72,4	0,59
Dezembro	6,8	26,1	93,9	29,3	13,3	176,3	0,45
Anual	332	843,1	1979,3	854,6	315,66	99644	0,37

Na Figura 7 observa-se a distribuição temporal da precipitação média anual para a área de estudo. Sua variabilidade oscila entre 300 a 1.900mm, os menores índices pluviométricos ocorrem na área oeste e na região central, assim como o destaque de maiores oscilações do parâmetro referenciado

no Litoral. Observam-se valores mais elevados em áreas isoladas, tais elevações devem-se aos fatores atuantes na atmosfera como a baixa intensidade dos raios solares, e alta cobertura de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica.

Figura 7. Pluviosidade anual média dos últimos 52 a 102 anos (mm).

Deficiência Hídrica

Na Figura 8 observa-se a deficiência hídrica na capacidade de campo (CAD) de 100mm para o Estado da Paraíba. As deficiências são baixas na faixa litorânea e brejo, intermediária na faixa do Agreste e contornado a divisa com o Estado de Pernambuco, para a região do Cariri/Curimataú e no setor norte das regiões do Sertão e Alto Sertão

têm-se os máximos valores de deficiências hídricas.

A coerência dos resultados está no fato que as menores deficiências são localizadas predominantemente no Litoral e Brejo do Estado; já as maiores deficiências hídricas registra-se no Sertão e Alto Sertão e em algumas áreas isoladas na divisa do Rio Grande do Norte.

Figura 8. Deficiência hídrica para a capacidade de campo de 100mm.

Excedente Hídrico

Na Figura 9 observa-se a distribuição espacial do excedente hídrico. De acordo com a distribuição do excedente hídrico observa-se que em praticamente todo o Estado da Paraíba apenas

a faixa litorânea e pontos isolados do Brejo apresenta os maiores índices. Os maiores índices foram registrados no Litoral Sul em torno de 750mm e o menor na região central no Sertão, Cariri e no Curimataú em torno de 50mm.

Figura 9. Excedente hídrico para a capacidade de campo de 100mm.

Índice de Umidade

O índice de umidade representa o excesso hídrico representado pela evapotranspiração potencial, expresso em porcentagem. Na Figura 10 observa-se a variabilidade da flutuação deste índice no Estado Paraíba para os 223 postos pluviométricos estudados, definida através de limites determinados pela classificação climática de Thornthwaite (1948), para facilitar o entendimento e auxiliar nas possíveis classificações futuras. De acordo com a Figura 6,

o índice de umidade no Estado, ocorre uma redução significativa na região do Cariri/Curimataú neste caso, por mudarem de faixa de subdivisão climática. As regiões do Litoral, Agreste e Brejo são as que contêm os melhores índices de umidade, nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão predomina pequeno ou nenhum excesso de água. Na região do Cariri/Curimataú não apresenta variabilidade, esse resultado é devido à grande variabilidade espaço temporal de chuva na região.

Figura 10. Índice de umidade para a CAD de 100mm.

Índice Hídrico

O índice hídrico é função dos índices de aridez e de umidade. Na Figura 11 observa-se que diferem dos outros índices abordados anteriormente e ocorre flutuações das faixas climáticas apresentando maiores detalhes.

As maiores flutuações dos índices hídricos ocorrem na região do Litoral e parte do Agreste e

em alguns pontos isolados no Estado na divisa com o Rio Grande do Norte. Na parte central e sul do Estado da Paraíba tem os menores índices hídricos, na região do Sertão e Alto Sertão apresenta moderado a baixo índices hídricos e estes índices estão relacionados as irregularidades pluviométricas no Estado.

Figura 11. Índice hídrico para a capacidade de campo de 100mm.

Índice de Aridez

O índice de aridez representa o quanto uma região é árida. Para um estudo da intensificação ou não deste índice, é preciso que se faça uma análise temporal do comportamento do mesmo. Este índice é um conjunto entre o índice de aridez e de umidade. Um decréscimo deste índice resulta num aumento do índice de aridez e da forma que um aumento deste índice resulta num aumento do índice de umidade.

A Figura 12 representa o índice de aridez na área de estudo e observa-se que na região do Litoral e em um núcleo isolado na região do Brejo os índices de aridez estão bem abaixo dos demais valores para o Estado. Destacam-se núcleos isolados de baixa aridez nas regiões do Sertão e Alto Sertão e na região do Curimataú e Cariri. Nas divisas do Rio Grande do Norte e Pernambuco estão centrados os maiores índices de aridez.

Figura 12. Índice de aridez para a capacidade de campo de 100mm.

Na Tabela 3 observa-se a variabilidade estatística dos parâmetros: mínimo, mediana, máxima, média, desvio padrão, variância e

coeficiente de variância da deficiência hídrica; excedente hídrico; índice de umidade; índice hídrico e índice de aridez.

Tabela 3. Variabilidade estatística dos parâmetros

	Variabilidade dos parâmetros (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variância
Pluviosidade	332	843,1	1979,3	854,6	315,66	99644	0,37
Temperatura	21,7	24,3	26,1	24,2	1,15	1,33	0,04
Deficiência Hídrica	213	540	865	535	141	19952	0,26
Excedente Hídrico	0	55	766	99	145	21141	1,45
Índice de Umidade	18	41	72	41	11,7	138	0,28
Índice Hídrico	0,18	0,41	0,72	0,41	0,11	0,01	0,28
Índice de Aridez	-0,43	-0,19	0,38	-0,17	0,15	0,02	0

Destacam-se as flutuações dos índices de umidade, hídrico e aridez, porém os valores da mediana são os mais representativos.

Conclusão

A utilização da geoestatística apresentou resultados satisfatórios quanto às estimativas obtidas pelo método de interpolação de Krigagem, estando condizentes com as características climatológicas locais da região, tanto na distribuição espacial quanto sazonal dos índices.

A distribuição espacial da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano.

A distribuição espacial da temperatura apresenta grande variabilidade com variação na distribuição anual da temperatura.

Na variação do índice de aridez destacam-se núcleos localizados na região do Brejo e na região do Litoral, e as demais áreas tem fortes a moderados índices que ocorrem desertificações.

No índice de umidade ocorreram reduções significativas na região do Cariri/Curimataú e em boa parte da divisa com o Rio Grande do Norte, nas regiões do Sertão e Alto Sertão tem oscilações de umidade fraca à moderada.

Os índices calculados no balanço hídrico demonstram grande variabilidade espacial da aridez, hídrico e umidade ao longo de todo o Estado, entretanto nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

Agradecimentos

Ao CNPq/Fapesq pela bolsa de pesquisa ao primeiro autor e a CAPES pela bolsa de estudo ao segundo autor.

Referências

- Aragão, J.O.R. 1976. Um Estudo da Estrutura das Perturbações Sinóticas no Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 51p.
- Barreto, P.N.; Silva R.B.C.; Souza, W.S.; Costa, G.B.; Nunes, H.G.G.C.; Sousa, B.S.B. 2009. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16, Belo Horizonte. Anais....Belo Horizonte.
- Barros, A.H.C.; Araújo Filho, J.C. de; Silva, A.B. da; Santiago, G.A.C.F. 2012. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 211. Recife: Embrapa Solos, 32p.
- Bettini, C. 2007. Conceitos básicos de geoestatística. In: Meirelles, M.S.P.; Câmara, G.; Almeida, C.M. (Ed.). Geomática: modelos e aplicações ambientais. Brasília: Embrapa, 193-234.
- Camargo, A.P. 1971. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Boletim Técnico, 116. Campinas, IAC.
- Cavalcanti, E. P.; Silva, V. de P.R.; Sousa, F. de A.S. 2006. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10, 140-147.
- Cavalcanti, E.P., Silva, E.D.V. 1994. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1, p.154-157.
- França, J.R.A.; Li, L.Z.; Silva, F.N.R.; Junior, A.R.T. 2000. Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico

- Tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, 3685-3693.
- Francisco, P.R.M. 2010. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- Francisco, P.R.M.; Chaves, I.B.; Lima, E.R.V. de; Santos, D. 2014. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. Revista Educação Agrícola Superior 29, 45-51.
- Fu, G.; Charles, S.P.; Yu, J. 2009. A critical overview of pan evaporation trends over the last 50 years. Clim. Change, 97, p.193-214.
- Gomes, A.A.N., Andrade Júnior, A.S., Medeiros, R.M. 2005. Evapotranspiração de referência mensal para o Estado do Piauí. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9, p.560-564.
- Hastenrath, S.; Heller, L. 1977. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil. Quarterly Journal Royal Meteorological Society, 103, p.77-92.
- Henrique, F. de A.N. 2006. Estimativa da Evapotranspiração de Referência em Campina Grande-PB. 102f. (Dissertação Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Horikoshi, A.S.; Fisch, G. 2007. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. Revista Ambiente e Água, 2, p.33-46.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de março de 2011.
- Isaaks, E.H.; Srivastava, R.M. 1989. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 561p.
- Jakob, A.A.E. 2002. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13. Ouro Preto.
- Kousky, V.E. 1979. Frontal influences on northeast Brazil. Monthly Weather Review, 107, p.1140-1153.
- Kousky, V.E.; Gan M.A. 1981. Upper tropospheric cyclones vortices in the tropical south atlantic. Tellus, 33, p.538-551.
- Lima, F.B.; Santos, G.O. 2009. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 89p. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis – SP.
- Matheron, G. 1963. Les principes de la geostatistique. CG, Ecole des Mines de Paris. Rapport, 88.
- Menezes, M.D.; Leite, F.P. 2010. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34, p.1029-1039.
- Mendonça, E.A. 2008. Estimativa da Evapotranspiração de Referência no Município de Capim-PB. 114f. (Dissertação Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande.
- Molion, L.C.B. 1985. Seca, o eterno retorno. Ciência Hoje, 3, p.26-32.
- Nobre, P.; Shukla, J. 1996. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. J. Climate, 10, p.2464-2479.
- Oliveira, R.C.S.; Medeiros, R.M. de; Costa Neto, F. de A.; Gomes Filho, M.F. 2014. Estudo das oscilações da temperatura máxima do ar e precipitação em Lagoa Seca-PB visando mudanças climáticas. In: VI Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e III Workshop Internacional sobre Mudanças Climáticas e Biodiversidade, Recife.
- Ortolani, A.A.; Camargo, M.B.P. 1987. Influência dos fatores climáticos na produção. In: Castro, P. R. C.; Ferreira, S. O.; Yamada, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, p.71-81.
- PARAÍBA. 2006. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESA). PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, 112p.
- Pereira, A.R.; Villa Nova, N.A.; Sedyama, G.C. 1997. Estimativa de evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, p.41-99.
- Reichardt, K. 1990. A água em sistemas agrícolas. Barueri -SP: Ed. Manole.
- Rocha, M.M.; Lourenço, D.A.; Leite, C.B.B. 2007. Aplicação de krigagem com correção do efeito de suavização em dados de potenciometria da cidade de Pereira Barreto-SP. Geologia USP, 7, p.37-48.
- Roderick, M.L.; Hobbins, M.T.; Farquhar, G.D. 2009. Pan evaporation trends and the terrestrial water balance. I. Principles and observations. Geogr. Compass, 3, p.746-760.

- Sales, M.C.L.; Ramos, V.M. 2000. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. In: Carta CEPRO, Teresina, 18, p.149-161.
- Silva, A.M.; Costa, D.L.C.R.; Lins, C.J.C. 2008. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. Anais...Semana do Meio Ambiente, 5, Recife, PE.
- Souza, E.B.; Alves, J.M.B.; Nobre, P. 1998. Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de dipolo observados na bacia do atlântico tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, 13, p.45-55.
- SUDENE. 1990. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. Série Pluviometria, 2. Recife.
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographic Review, 38, p.55-94.
- Thorntwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.
- Uvo, C.R.B. 1989. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro. Dissertação de mestrado. INPE, São José dos Campos.
- Valiati, M.I.; Dutra, I.; Cunha, A.R. da; Escobedo, J.F. 2003. Estimativa da evapotranspiração potencial em ambiente protegido utilizando o método do Tanque Classe A e de Penman-Monteith. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria...Anais, SBA, p.63-64.
- Varejão-Silva, M.A. Meteorologia e Climatologia. Versão Digital. Recife, 2005. 516p.
- Varejão-Silva M.A.; Braga, C.C.; Aguiar M.J.N.; Nietzsche M.H.; Silva, B.B. 1984. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande.
- Varejão-Silva, M.A. 2006. Meteorologia e Climatologia. Recife: INMET.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. 1977. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. Journal of the Meteorological Society of Japan, 55, p.205-207.