



ANÁLISE DO ÍNDICE DE ARIDEZ DO MUNICÍPIO DE CASTELO DO PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL

Francílio de Amorim dos Santos (1)

(1) Instituto Federal do Piauí / Campus Piriipiri. E-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br.

Resumo: O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta como característica mais marcante o seu regime pluviométrico irregularmente distribuído espaço-temporalmente. Nesse sentido, tomando como base a importância do conhecimento das variáveis climáticas, o presente estudo teve como objetivos identificar e analisar estatística e espacialmente o grau de aridez do município de Castelo do Piauí, situado no Nordeste do Piauí, a partir de dados de precipitações pluviométricas. A metodologia adotada consistiu na triagem e seleção de postos pluviométricos no site da Agência Nacional de Águas (ANA), considerando-se a série histórica de 31 anos (1963 a 2001). A correção das falhas na referida série foi realizada por meio do uso da técnica de Ponderação Regional e metodologia de Thornthwaite associados ao pacote de programas USUAIS. A análise das variáveis climáticas – precipitação pluviométrica média anual (P), evapotranspiração potencial anual média (ETP) e índice de aridez médio (Ia) – possibilitaram identificar o seguinte: os valores mínimos e máximos de P, ETP e Ia variaram de 887,0 a 1222,0 mm anuais, 1348,0 a 1650,0 mm e 0,61 a 0,74, respectivamente; os coeficientes de variação (Cv) identificados para os três elementos são considerados baixos; o coeficiente de assimetria (Cas) expressou distribuição assimétrica para as três variáveis analisadas; e o coeficiente de curtose (Ck) manifestou distribuição com curva fechada para P e Ia, enquanto ETP apresentou distribuição com curva aberta. Observou-se que o maior volume médio de chuvas, evapotranspiração e índice de aridez no município de Castelo do Piauí situa-se em seu setor noroeste. Diante do exposto, cabe salientar que os dados aqui apresentados constituem fonte de informações para a elaboração de planejamento ambiental e subsídio a estudos integrados posteriores.

Palavras-chave: Área Suscetível à Desertificação; Precipitação Pluviométrica; Evapotranspiração Potencial; Rigor Climático.

Introdução

O conhecimento das variáveis climáticas é de suma importância para o desenvolvimento das atividades humanas e mesmo para sua sobrevivência, principalmente em áreas com notável variação climática. Nesse cenário, insira-se o Nordeste do Brasil (NEB) que tem como elemento mais marcante de sua paisagem o regime de chuvas irregularmente distribuído no espaço e no temporal. Tal fato gera concentração de chuvas em 4 a 5 meses ao longo do ano, ficando o restante com baixa ou ausência de chuvas. Cita-se, ainda, que a região apresenta altas temperaturas médias e totais de evapotranspiração potencial elevado, bem como expressivo déficit hídrico.

A presente pesquisa abordou três variáveis climáticas, quais sejam: a precipitação pluviométrica anual média (P), a evapotranspiração potencial anual média (ETP) e o índice de aridez (Ia). A precipitação é, certamente, o mais importante elemento climático para a população nordestina, visto que seu excesso promove inundações, ao passo que sua ausência resulta em



secas/estiagens. Por sua vez, a evapotranspiração está associada à perda de água em superfícies com vegetação ou, ainda, a quantidade de água necessária para manter a vegetação com aspecto sempre verde em função de determinada temperatura (AYOADE, 2001; AQUINO, 2010).

O índice de aridez (IA) está vinculado ao quociente entre a precipitação e a evapotranspiração. Diga-se, também, que o nível de aridez é dependente do volume de água proveniente da chuva e a respectiva perda gerada pela evaporação, transpiração ou evapotranspiração potencial. O IA tem sido utilizado para delimitar as áreas suscetíveis à desertificação (ASD) mundialmente. O referido índice varia de 0,05 a 0,65 e, por conseguinte, a susceptibilidade de muito alta a moderada (SCHENKEL; MATALLO JÚNIOR, 2001).

Nesse estudo realizou-se triagem e, por conseguinte, a seleção de 5 (cinco) postos pluviométricos no *site* da Agência Nacional de Águas (ANA), considerando-se a série histórica de 31 anos (1963 a 2001), conforme sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). A correção das falhas na referida série foi efetuada por meio da técnica de Ponderação Regional (TUCCI, 1993) e metodologia de Thornthwaite (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), executados no pacote de programas USUAIS (OLIVEIRA; SALES, 2016).

A partir desses dados foi realizada estatística descritiva para a precipitação pluviométrica média anual (P), a evapotranspiração potencial anual média (ETP) e o índice de aridez médio (Ia), por meio do *software* BioEstat, versão 5.0. Ao passo que a espacialização dessas informações foi executada via Sistema de Informação Geográfica (SIG) *QuantumGIS (QGIS)*, versão 2.14, e técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância).

Diante do cenário apresentado e tomando-se como base a importância do conhecimento do grau de aridez no Nordeste brasileiro buscou-se realizar estudo no município de Castelo do Piauí, que é considerado, por Aquino (2002), como área suscetível ao processo de desertificação. Nesse sentido, a presente pesquisa objetivou identificar e analisar estatística e espacialmente o grau de aridez do município de Castelo do Piauí, situado no Nordeste do Piauí, a partir de dados de precipitações pluviométricas.

Metodologia

Localização e caracterização da área em estudo

O estudo foi realizado tomando-se como objeto o município de Castelo do Piauí, que está situado no Território de Desenvolvimento dos Carnaubais (PIAÚÍ, 2006). O município apresenta

2.237,08 km² de extensão territorial e sua sede localiza-se às coordenadas geográficas 05°19'19"S e 41°33'10"O (Figura 1), conforme atestam Aguiar e Gomes (2004).

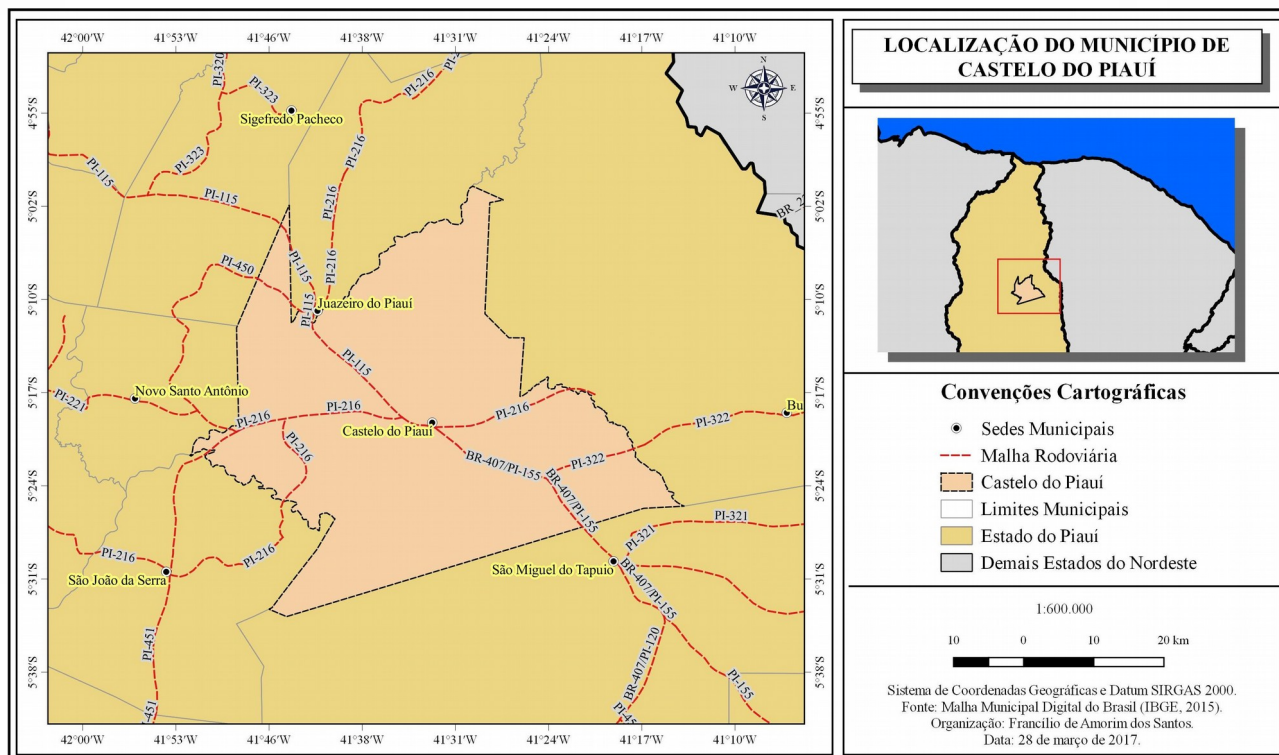


Figura 1. Localização do município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil.

Fonte: IBGE (2015).

A área estudada está assentada sobre formações geológicas de natureza sedimentar, a saber: formação Cabeças, formação Pimenteiras e os Depósitos Colúvio-Eluviais (CPRM, 2006). O relevo exibe cotas altimétricas que oscilam de 100 a 380 m, enquanto as declividades variam de 0 a 30%, resultando em uma superfície de feições tabulares e declividade plana a suave ondulada (SANTOS; AQUINO, 2015). Destaca-se, também, que no referido município há preponderância de Neossolos, que se distribuem por 52,3% da área, seguidos pelos Latossolos, Argissolos e Luvisolos que foram identificados, respectivamente, em 36,3%, 11% e 0,4% da área estudada (JACOMINE, 1983).

Em relação aos elementos climáticos, Castelo do Piauí sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema gerador de chuvas, cuja intensidade e localização sofrem influência do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) e das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas bacias dos Oceanos Atlântico e Pacífico, que agindo integradamente produzem variações dinâmicas de períodos secos e chuvosos.

Procedimentos técnicos

Inicialmente, realizou-se triagem dos postos pluviométricos que apresentassem a menor quantidade de falhas em seus dados, considerando-se a série histórica 1963 a 2001, junto ao *site* da Agência Nacional de Águas (ANA). Finalizada essa etapa restou selecionados 5 (cinco) postos que se enquadraram no critério mencionado (Figura 2), ao passo que desses postos 2 (dois) estão situados dentro dos limites de Castelo do Piauí e 3 (três) estão em municípios do entorno.

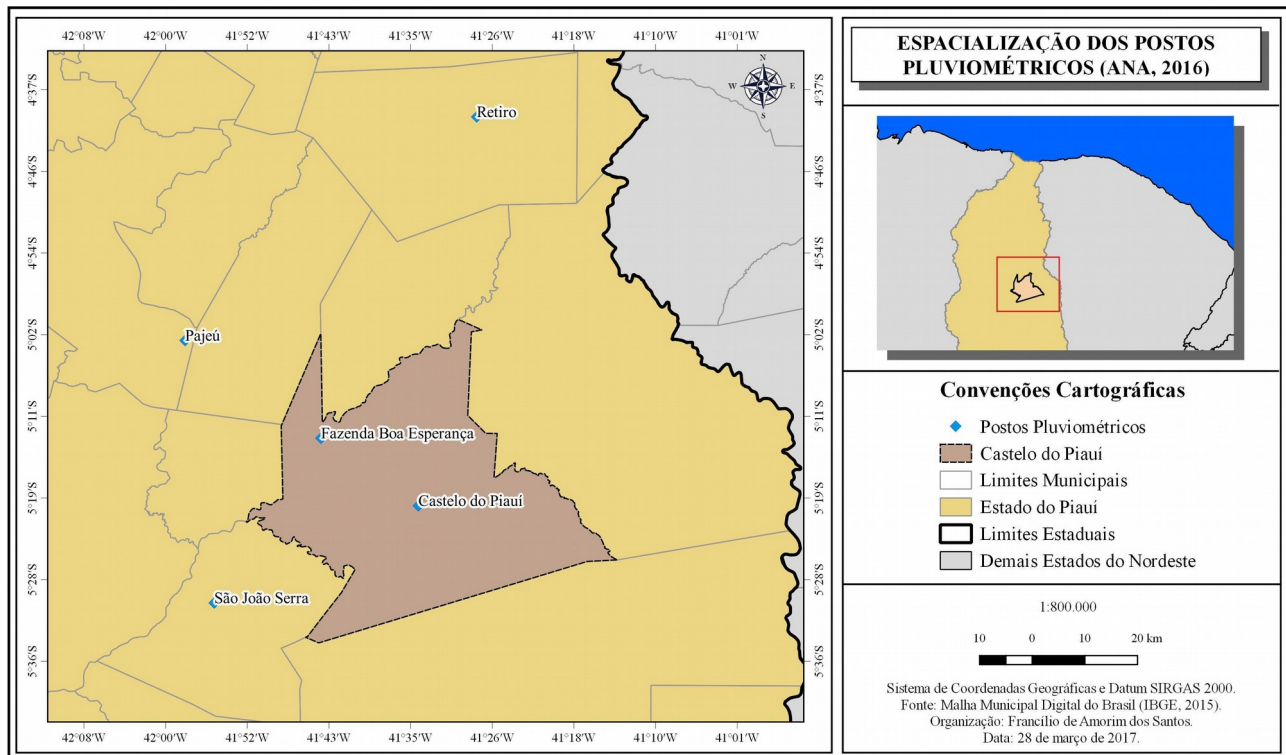


Figura 2. Espacialização dos postos pluviométricos utilizados para o estudo.

Fonte: ANA (2016).

A etapa seguinte ao levantamento foi a correção das falhas da série histórica analisada (1963 a 2001) dos postos pluviométricos por meio do pacote de programas USUAIS, conforme sugerido por Oliveira e Sales (2016) e proposta metodológica de Thornthwaite (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Destaca-se que as correções das falhas foram realizadas tomando-se como base a técnica de Ponderação Regional proposta por Tucci (1993). Desse modo, o manuseio dos dados de precipitação constou do uso dos seguintes programas e funções:

- 1) CRIATEMP => criação de um arquivo para cada posto pluviométrico;
- 2) CRIACHUV => inserção e gravação dos dados de precipitação média mensal;
- 3) BHVMED => geração dos valores médios das variáveis climáticas analisadas.

Após realização das etapas que permitiram o refinamento dos dados pode-se proceder à aplicação do índice de aridez (Ia), que é resultado do quociente entre a Precipitação Pluviométrica Média Anual e a Evapotranspiração Potencial Anual Média, conforme está exposto na Equação 1.

$$IA = \frac{P}{ETP} \quad [1]$$

Onde: IA = Índice de aridez; P = Precipitação pluviométrica média anual; ETP = Evapotranspiração potencial anual média.

A posteriori, tomando como base a precipitação pluviométrica média anual (P), a evapotranspiração potencial anual média (ETP) e o índice de aridez médio (Ia) efetuou-se a estatística descritiva, por meio do *software* BioEstat, versão 5.0, a partir dos seguintes parâmetros: máximo, mínimo, mediana, média, desvio padrão, Coeficiente de variação (Cv), Coeficiente de assimetria (Cas) e Coeficiente de curtose (Ck). Sucessivamente os produtos estatísticos foram organizados em planilhas eletrônicas e utilizados para espacialização em mapas, via Sistema de Informação Geográfica (SIG) *QuantumGIS (QGIS)*, versão 2.14, baseando-se na técnica de interpolação IDW (peso pelo inverso da distância).

Resultados e discussão

As informações acerca dos postos pluviométricos possibilitaram identificar que a precipitação na área do município de Castelo do Piauí variou de 887,0 a 1222,0 mm anuais (Quadro 1), com média de 1069,6 mm, permitindo inferir a região apresenta tipos climáticos subúmido seco a úmido. O valor da média foi superior ao da mediana e exibiu distribuição assimétrica positiva. No que tange ao desvio padrão pode-se observar uma relativa dispersão em relação à média, pois o valor desse parâmetro foi de 131,1. Os postos apresentaram baixa variação em relação ao coeficiente de variação (Cv), posto que tenha apresentado valor inferior a 15%. Ressalta-se que a precipitação, também, apresentou distribuição assimétrica negativa em relação ao coeficiente de assimetria (Cas). No que diz respeito ao coeficiente de curtose (Ck) este demonstrou distribuição negativa, o que indica distribuição de frequência com curva mais fechada, ou seja, leptocúrtica

Quadro 1. Estatística descritiva dos postos pluviométricos do interior e do entorno do município de Castelo do Piauí.

Variável	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio Padrão	Coeficientes
----------	--------	--------	---------	-------	---------------	--------------

						Cv	Cas	Ck
P	887,0	1222,0	1065,0	1069,6	131,1	12,26%	-0,358	-0,641
ETP	1348,0	1650,0	1626,0	1573,6	127,4	8,10%	-2,124	4,580
IA	0,61	0,74	0,66	0,68	0,05	7,69%	-0,040	-1,330

A evapotranspiração potencial (ETP) variou de 1348,0 a 1650,0 mm anuais, que se deve às altas temperaturas médias anuais do NEB. Da mesma forma que a precipitação, a ETP exibiu mediana com valor inferior ao da média e, por conseguinte, distribuição assimétrica negativa. O desvio padrão apresentou dispersão alta em relação à média, posto ter ocorrido valor de 127,4. O coeficiente de variação (Cv) exibiu valor bem baixo, com 8,10%. O coeficiente de assimetria (Cas) indicou distribuição assimétrica negativa, com valor da média inferior ao da mediana. Por sua vez, o coeficiente de curtose (Ck) revelou valor positivo, o que configura distribuição leptocúrtica, indicando curva de frequência mais aberta.

O índice de aridez (Ia) expressou variação de 0,61 a 0,74, que é característico de climas subúmido úmido a seco, enquanto a mediana, assim como as outras duas variáveis, apresentou valor inferior ao da média e, portanto, distribuição assimétrica positiva. Dentre os parâmetros analisados, o Ia foi aquele que apresentou o menor desvio padrão em relação à média, com valor de 0,05, ao passo que o coeficiente de variação (Cv) indicou variação baixa, com 7,69%, enquanto o coeficiente de assimetria (Cas) indicou distribuição assimétrica negativa e o coeficiente de curtose (Ck) demonstrou distribuição de frequência platicúrtica.

Quando espacializados os dados de precipitação pluviométrica, evapotranspiração e índice de aridez foi possível observar que o volume médio de chuvas, evapotranspiração e índice de aridez no município de Castelo do Piauí, período de 1963 a 2001, situou-se em sua maior no setor noroeste do referido município (Figura 3). Fato que pode ser explicado pelo afastamento em relação à vertente mais seca, a sotavento, da Serra da Ibiapiaba.

Deve-se ressaltar que o alto valor de evapotranspiração deve-se às altas temperaturas, típicas da região nordeste. Diga-se, ainda, que embora o índice de aridez tenha indicado que o município apresenta baixa susceptibilidade em relação à desertificação, é preciso proceder ao uso racional e planejado dos recursos da área estudada. Pois o uso das terras com manejo inadequado pode resultar no empobrecimento dos solos, degradação da cobertura vegetal, poluição e redução da qualidade de vida da população desse município.

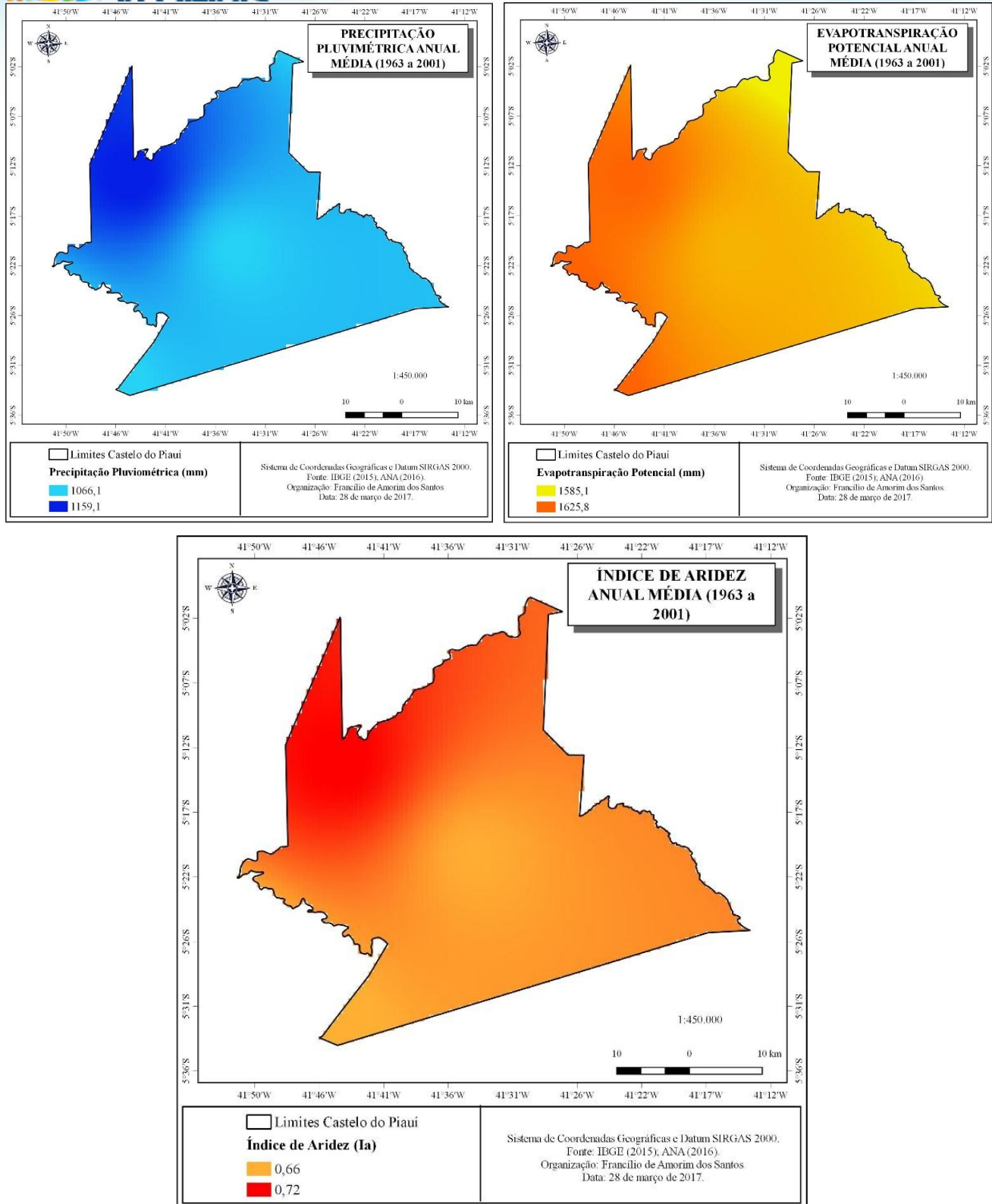


Figura 3. Precipitação pluviométrica anual média (mm), evapotranspiração potencial anual média (mm) e índice de aridez (IA) do município de Castelo do Piauí, período de 1963 a 2001.

Fonte: ANA (2016).

A pesquisa desenvolvida no município de Castelo do Piauí possibilitou conhecer as médias históricas de precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração potencial (ETP) e o índice de aridez (Ia). Nesse sentido, pode-se inferir que a região onde se insere o município estudado apresenta tipos climáticos que variam do subúmido seco a úmido.

Nesse contexto, pode-se observar que a P, ETP e Ia expressaram média histórica de 1069,6 mm, 1573,6 mm e 0,68, respectivamente. Ao passo que seus desvios padrões não foram altos, pelo contrário, indicaram baixa variação em relação à média, fato esse corroborado pelos baixos coeficientes de variação (Cv). Por sua vez, o coeficiente de assimetria (Cas) indicou distribuição assimétrica negativa para os três elementos analisados, enquanto o coeficiente de curtose (Ck) expressou distribuição com curva fechada para a P e o Ia, ao passo que a ETP apresentou distribuição com curva aberta.

As informações das variáveis analisadas indicaram que o setor onde se concentram os maiores totais de precipitação, evapotranspiração e índice de aridez é o setor noroeste, fato esse explicado pelo afastamento em relação à vertente a sotavento da Serra da Ibiapaba, que apresenta características mais secas. O estudo aqui desenvolvido deve subsidiar ações de planejamento para o uso racional dos recursos naturais no referido município, bem como constituir ponto de partida para outros estudos, voltados ao conhecimento integrado da paisagem.

Referências

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Castelo do Piauí.** – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.

ANA - Agência Nacional de Águas. Hidro Web - Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries históricas – ano de 1963 a 2001.** Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 25 de junho de 2016.

AQUINO, C.M.S. **Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas do Estado do Piauí à Desertificação.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)– Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapas estaduais de geodiversidade: Piauí.** Rio de Janeiro: CPRM. 2006. Documento cartográfico em arquivo vetorial. Disponível em <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em janeiro de 2014.



IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil**: situação em 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em 20 de março de 2017.

JACOMINE, P.K.T. **Mapa exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Convênio EMBRAPA/SNLCS-SUDENE-DRN. 1983.

OLIVEIRA, J.G.B.; SALES, M.C.L. Usuais: programas para uso em análise ambiental. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 5, n. 2, p.36-60, Janeiro/Junho, 2016.

PIAUI. Gabinete do Governador. Palácio de Karnak. **Projeto de Lei Complementar nº 004, de 14 de fevereiro de 2006**. Estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do estado do Piauí e dá outras providências.

SANTOS, F.A.; AQUINO, C.M.S. Mapeamento das unidades geoambientais do município de Castelo do Piauí: subsídio ao planejamento ambiental. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.9, n.3, p.428-449, João Pessoa - PB. 2015.

SCHENKEL, C.S.; MATALLO JÚNIOR, H. **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 2001.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The Water Balance**. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Eds. da UFRGS e da USP, 1993.